SERVA**RESERVA**RESE
GICA**ECOLOGICA**ECO
EL"EL"EL**"EL"**EL"EL"EL"EL
EGAL"**PEDREGAL"**PED
EDEDEDE**DE**DEDEDEDEDI
SANSAN**SAN**SANSANSAN
ANGEL:**ANGEL:**ANGEL
.OGIA,**ECOLOGIA,**ECO
TORIA**HISTORIA**HISTO
TURAL**NATURAL**NATU
YYYYYYYY**Y**YYYYYYYY
ANEJO**MANEJO**MANE
RIELARIELARIEL**ARIEL**ARIELARIELAR
OROJOROJOROJO**ROJO**ROJOROJORO
COMPILADOR**COMPILADOR**COMPILAD



INDICE

Presentación..... 1
Prefacio..... 7

Florística

I. **Vegetación del Pedregal de San Angel.(1)**
Jerzy Rzedowski..... 9
II. **Una lista florística para la reserva del pedregal de San Angel.(2)**
Alfonso Valiente-Banuet, Efraín de Luna García..... 67
III. **Relaciones fitogeográficas de la flora vascular de la reserva del pedregal de San Angel.**
Ana Herrera Legarreta, Lucía Almeida Leñero..... 83
IV. **Observaciones fenológicas en el pedregal de San Angel.**
Jorge Meave, Julia Carabias, Vicente Arriaga y Alfonso Valiente-Banuet..... 91

Geología

I. **Investigación petrológica en las lavas del pedregal de San Angel.(3)**
Eduardo Schmitter..... 107
II. **Las lavas del pedregal de San Angel.(4)**
Salvador Enciso de la Vega..... 123

Ecología General

I. **Ecología hipotética de la reserva del Pedregal de San Angel.(5)**
Jorge Soberón M., Ma. de la Cruz Rosas M. y Gabriela Jiménez C..... 129
II. **La Reserva del pedregal como ecosistema: estructura trófica.**
Zenón Cano-Santana..... 149

Ecología de Plantas

I. **Estudios de ecología evolutiva en plantas herbáceas del pedregal de San Angel.**
Juan Núñez-Farfán, Roberto A. Cabrales-Vargas y Jorge González-Astorga..... 159
II. **La introducción de especies a comunidades naturales: El caso de *Eucalyptus resinifera* Smith. (Myrtaceae) en la reserva "El Pedregal" de San Angel.**
Saúl G. Segura Burciaga y Miguel Martínez Ramos..... 177
III. **Biología reproductiva y tamaño efectivo en *Echeveria gibbiflora*; un homenaje a Sewall Wrigth.**
Luis E. Eguiarte, Victor Parra y Fabián Vargas..... 187
IV. **Demografía de *Echeveria gibbiflora* DC. (Crassulaceae) en dos ambientes contrastantes del pedregal de San Angel.**
Jorge Larson, Luis E. Eguiarte y Carlos Cordero..... 205

III Ecología de Animales

I. **Los mamíferos silvestres de la reserva ecológica "El Pedregal".**
Aquiles Negrete Y. y Jorge Soberón 219
II. **Historia natural comparada de los pequeños mamíferos de la reserva El Pedregal.**
J. Cuauhtémoc Chávez y Gerardo Ceballos 229
III. **Las aves del pedregal de San Angel.**
Ma. del Coro Arizmendi A., Alejandro Espinosa de los Monteros y J. Francisco Ornelas R. 239
IV. **Ecología y conducta de la mariposa *Callophrys xami* (Lycaenidae).**
Betty Benrey B., Carlos Cordero M., Gabriela Jiménez C. y Jorge Soberón M. 261
V. **Análisis cuantitativo de los artrópodos epífitos del pedregal de San Angel.**
Leticia Ríos-Casanova y Zenón Cano-Santana 275

III Interacciones Planta-Animal

I. **Polinización en el pedregal de San Angel, México: *Manfreda brachystachya* y *Mirabilis jalapa*.**
Alberto Búrquez, Luis E. Eguiarte y Carlos Martínez del Río 283
II. **Las plantas polinizadas por colibríes en el pedregal de San Angel.**
Ma. del Coro Arizmendi, Alejandro Espinosa de los Monteros, J. Francisco Ornelas, Adriana Morales, Irma Acosta, Jacqueline Moreno y Leticia Pérez 293
III. **Estudios sobre la interacción herviboro-planta en el pedregal de San Angel, D. F.**
Ken Oyama, Zenón Cano-Santana y Sonia Careaga 301
IV. **Las mariposas diurnas del pedregal de San Angel como vectores de polen.**
César A. Domínguez y Juan Núñez-Farfán 313

III Historia, manejo y conservación

I. **Geografía cultural e histórica del pedregal.**
Alejandro Robles 323
II. **Proyecto para la creación de una reserva en el pedregal de San Angel.(6)**
Francisco Javier Alvarez Sánchez, Julia Carabias Lillo, Jorge Meave del Castillo, Patricia Moreno Casasola, Dolores Nava Fernandez, Fuensanta Rodriguez Zahar, Carolina Tovar González, Alfonso Valiente-Banuet 343
III. **Plan de manejo reserva ecológica "El Pedregal" de San Angel.**
Ariel Rojo Curiel 371
IV. **Del tubo de ensaye a la Reserva Ecológica: rescate de especies en extinción por cultivo *in vitro*.**
Abraham Rubluo Islas 399
V. **Avances en la propagación de cuatro especies presentes en el Pedregal de San Angel.**
Verónica González Kladiano, Francisco Camacho Morfín 403

Los siguiente artículos son publicaciones hechas con anterioridad:

1. **Vegetación del Pedregal de San Angel.**
   Jerzy Rzedowski.
   Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. I. P. N. 1954. 8 (1-2): 59-129.

2. **Una lista florística para la reserva del pedregal de San Angel.**
   Alfonso Valiente-Banuet, Efraín de Luna García.
   Acta Botánica Mexicana. 1990. 9: 13:30.

3. **Investigación petrológica en las lavas del pedregal de San Angel.**
   Eduardo Schmitter.
   Memorias del Congreso Científico Mexicano. 1953. III: 218-237.

4. **Las lavas del pedregal de San Angel.**
   Salvador Enciso de la Vega.
   Ciencia y Desarrollo 1979. (25): 89-93.

5. **Ecología hipotética de la reserva del Pedregal de San Angel.**
   Jorge Soberón M., Ma. de la Cruz Rosas M. y Gabriela Jiménez C.
   Ciencia y Desarrollo. 1991. (99): 25-38.

6. **Proyecto para la creación de una reserva en el pedregal de San Angel.**
   Francisco Javier Alvarez Sánchez, Julia Carabias Lillo, Jorge Meave del Castillo, Patricia Moreno Casasola, Dolores Nava Fernandez, Fuensanta Rodriguez Zahar,Carolina Tovar González, Alfonso Valiente-Banuet.
   Publicado como documento del *Laboratorio de Ecología* de la Facultad de Ciencias. 1982.
   Publicado en la colección *Cuadernos de Ecología No. I.* Facultad de Ciencias. 1986.

PRESENTACION

Enclavada en el sureste de una de la ciudades más grandes del mundo, y coexistiendo con uno de los sistema urbanos más complejos y contaminados que la sociedad ha generado, se encuentra un ecosistema natural muy peculiar por sus características ecogeográficas y biológicas.

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel, ubicada en los terrenos de Ciudad Universitaria, es un malpaís producto de la erupción, hace unos 2500 años, del volcán Xitle y bocas adyacentes. Por encontrarse en el eje neovolcánico, donde confluyen dos regiones biogeográficas, y presentar una topografía muy heterogenea, resultado del derrame de la lava, en el área se han establecido poblaciones animales y vegetales con afinidades neárticas y neotropicales, con incluso alguna especie endémica.

Esta área ha sido motivo de interés de destacados naturalistas y botánicos como lo fué G. C. Pringle en el siglo pasado o E. Beltrán y J. Rzedowski en el presente siglo. Este último investigador realizó uno de los primeros estudios detallados de la flora del Pedregal, que por su importancia reproducimos en esta obra.

El derrame volcánico original ocupaba 80 km^2, desde la parte sur del Valle de México, en las faldas del Ajusco, donde se establecieron asociaciones de bosques de pino y encino, hasta los matorrales de *Senecio praecox* que llegaban hasta lo que hoy es la avenida Miguel Angel de Quevedo. Esta última asociación vegetal ocupaba 40 km^2, pero el crecimiento de la ciudad ha transformado en los últimos 40 años el 90% de este Pedregal, quedando pequeños fragmentos aislados. Dentro de los terrenos de Ciudad Universitaria se encuentra uno de los últimos ejemplos de este ecosistema natural.

La reserva nació hace diez años, en 1983, cuando un grupo de profesores y estudiantes de la Facultad de Ciencias primero y despúes de varias dependencias de la UNAM, elaboraron una propuesta para la protección del pedregal que aún existía en terrenos de la UNAM.

Fueron necesarias múltiples reuniones, movilizaciones y negociaciones con las autoridades universitarias para disuadirlas de la construcción de varios edificios (la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, el Instituto e Investigaciones Antropológicas y la División de Estudios

Superiores de la Facultad de Contaduría y Administración) que se tenian programados en la zona y para desviar el paso de una ampliación del circuito universitario.

Finalmente el 30 de octubre de 1983, el entonces rector de la UNAM, el Dr. Octavio Rivero Serrano, publicó el acuerdo de creación de la Zona Ecológica, quedando protegidas 124 hectáreas. La Reserva Ecológica del Pedregal quedó bajo la responsabilidad de la Coordinación de la Investigación Científica. Posteriormente, el 20 de agosto de 1990, durante la gestión de el entonces Coordinador, Dr. Juan Ramón de la Fuente, el Dr. José Sarukhán rector de la UNAM, publicó un acuerdo de redifinición de los límites de la reserva para incrementarla a 146.8 hectáreas.

Con esta última redefinición la reserva presenta dos zonas, una núcleo de 115.8 hectáreas destinada exclusivamente a las tareas de investigación y docencia, que contiene la vegetación más representativa del Pedregal, y la zona de amortiguamiento, de 31.8 hetáreas, cuya finalidad es moderar los efectos negativos ocasionados por la presencia de las instalaciones existentes en la reserva.

Esta reserva constituye la primera reserva de la cuenca de México, y permite la protección del habitat de numerosas especies de plantas y animales que antes estaban distribuídas ampliamente en la cuenca y que ahora se encuentran restringidas a la Reserva. Comparando los registros de la flora del Pedregal realizados por Rzedowski en 1954 y los de Valiente *et al.* de 1991 (ambos en esta obra) se estima que han desaparecido de esta asociación vegetal alrededor de 150 especies de plantas y que se han introducido cerca de 100 especies características de habitats más perturbados, en detrimento del ecosistema original, como se ejemplifica en el estudio de Segura y Martínez Ramos. La notable reducción en los números de otras especies está transformando el funcionamiento del ecosistema original, como se ejemplifica en el artículo de Búrquez, Eguiarte y Martínez del Río, quienes han documentado una disminución en la fertilidad de *Manfreda braquistachys* posiblemente debida a la reducción en el número de murciélagos polinizadores. Sin embargo, aún subsisten numerosas especies de vertebrados, como se ejemplifica en los trabajos de Arizmendi, Espinosa y Acosta, de Negrete, y de Chávez, Ceballos y Soberón, así como invertebrados de grán interés (ver los trabajos de Ríos y Cano; Cano; Farfán y Domínguez; y Benrey, Cordero, Jiménez y Soberón).

La Reserva del Pedregal es, por lo tanto, un espacio con una notable riqueza de vida silvestre, por lo que su existencia en directa asociación con la principal universidad de nuestro país es de gran importancia. La reserva tiene como objetivo el ser un área de conservación de la flora y

fauna de esta asociación vegetal y de servir a la investigación, docencia y difusión como un laboratorio viviente. Estos puntos se detallan en el trabajo de Ariel Rojo.

Para cumplir con estas funciones tiene la ventaja de contar con el respaldo académico privilegiado de la universidad.

Se han realizado diversas investigaciones en la zona, algunas de las cuales son trabajos clásicos, como los de Rzedowski, y Schimtter, incluidos en esta obra, así como revisiones generales como las de Alvárez *et al* y Soberón, Rosas y Jiménez, y otros que representan estudios específicos, como los de Eguiarte, Parra y Vargas; Rubluo; Cano; Oyama; Robles; y Larson, todos investigadores y tesistas de diferentes niveles de la UNAM.

Desde el siglo pasado a la fecha se han publicado más de 150 trabajos que se refieren directamente al Pedregal o a especies que lo habitan. Estas referencias se encuentran en el banco de datos que maneja el personal de la Reserva. Existe también un acervo bibliográfico de trabajos realizados en el Pedregal, incluyendo tesis y proyectos de investigación.

En cuanto a su función para el apoyo a la docencia, la reserva ha constituído un espacio privilegiado para que la distintas dependencias universitarias realicen sus prácticas de campo. Estas actividades se realizan no solo por las dependencias dentro del campus universitario (de las Facultades de Ciencias, Arquitectura e Ingenieria y el Instituto de Biología y Centro de Ecología) sino también por otras escuelas de la UNAM externas al campus (Escuela Nacional de Estudios Profesionales de Iztacala, Facultad de Estudios Superiores de Zaragoza y Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur, principalmente).

Tambien constituye un sitio ejemplar para las tareas de difusión. Su ubicación en una ciudad de 16 millones de habitantes le otorga una importancia singular. Este laboratorio viviente, es un ecosistema natural que presenta procesos geológicos y biológicos muy peculiares y que permiten la explicación sencilla, elocuente y atractiva de conceptos básicos de las ciencias naturales. Esto permite a los estudiantes de los niveles básicos, medio y medio superior y al público en general, familiarizarse con procesos naturales que de otra manera resultarían áridos y difíciles de comprender.

El Pedregal, es un espacio privilegiado para contribuir a una tarea de prioridad nacional, la sensibilización de la población frente a los problemas ambientales que se agravan de manera vertiginosa en el planeta y que pueden convertirse en una amenza para la sociedad.

La reserva ha realizado varias campañas de difusión, entre las que se cuentan pláticas, conferencias, exposiciones y visitas guiadas, tanto dirigidas a los universitarios como a escuelas de diferentes niveles; también se han elaborado programas de radio y televisión y materiales audiovisuales y folletos para el público en general. Destaca la exposición artística realizada en octubre de 1988 en donde fotógrafos, pintores y escultores, expusieron sus obras inspiradas en el paisaje del Pedregal.

Para fortalecer estas actividades de difusión, se ha iniciado la construcción de un Sendero Ecológico cuyo objetivo es el de guiar al visitante por una ruta que le permita conocer las características del Pedregal y entender algunos conceptos básicos de sus origen y evolución. Esta actividad se llevará a cabo en estrecha coordinación con el Museo de la Ciencia de la UNAM.

La Reserva está a cargo de la Coordinación de la Invetigación Científica de la UNAM, de quién depende su presupuesto y quien nombra un Comité Ejecutivo para su manejo. Este Comité está integrado por los directores de las Facultades de Ciencias y Arquitectura, el Instituto de Biología y el Centro de Ecología y un respresentante académico de cada una de estas dependencias, presididos por el Coordinador de la Investigación Científica. Las funciones del Comité son las de impulsar las tareas de investigación, docencia, difusión y conservación, objetivos centrales de la reserva. Se cuenta con un documento rector que señala los lineamientos generales y criterios de su operación.

Uno de los principales problemas que la reserva tenía para su protección era la falta de control en su acceso, con lo cual se daban un número inaceptable de actividades indeseables dentro de la Reserva. Este impacto ha dismunuído gracias a la construcción de la barda iniciada en 1990 con el apoyo de la Coordinación de la Investigación Científica.

Muchos han contribuído a que esta reserva exista y funcione. Desde los científicos que han generado el conocimiento y han demostrado la importancia de este ecosistema, los estudiantes y profesores que dedicaron largas jornadas para fundamentar y convencer de la importancia de conservar los restos de esta asociación vegetal, las autoridades universitarias que han dado el apoyo necesario simpre que se ha requerido, al público que la hace activa y a los donantes particulares que han aportado importantes cantidades para la realización de obras dentro de ella. Pero queremos particularmente resaltar la incansable actividad de Ariel Rojo, quien ha dedicado los últimos 6 años de su actividad académica al fortalecimiento de las potencialidades de esta reserva y es el responsable técnico de la misma. Asímismo, a Jorge Meave, quien participó

desde su fundación y que recientemente ha hecho importantes aportes para su funcionamiento académico. Tambien queremos agradecer al comité revisor de los trabajos de esta obra, Alfonso Valiente, Luis Eguiarte y Jorge Meave, por su interés para que los materiales aquí publicados tengan la calidad necesaria de una obra científica.

Diez años son muchos, pero no ha sido fácil consolidar esta tarea. Con este libro hacemos un corte de algunos de los trabajos más importantes y esperamos contribuir a estimular a más investigadores a que avancen en el entendimiento de este singular ecosistema, a los profesores a que formen a sus estudiantes en esta área accesible y fascinante, al público en general a que la visite y aprenda de las maravillas de la naturaleza y a los donadores a que sigan apoyando su existencia.

Solo con el esfuerzo conjunto de todos la reserva podrá conservarse y cumplir con las funciones para la que fue creada.

POR EL COMITE EJECUTIVO DE LA RESERVA

JULIA CARABIAS

JORGE SOBERON

Diciembre de 1993.

PREFACIO

Este libro reúne trabajos de diversa índole sobre el paisaje del Pedregal de San Angel, desde diferentes perspectivas muestra el potencial que tiene una reserva ecológica universitaria en términos de investigación y cómo ésta puede ser tan variada que permite enfocar a un paisaje desde diversas perspectivas e intereses, de métodos y conocimientos, de análisis y propuestas; esta colección muestra la historia natural del sitio, sus especies y las preguntas que ha despertado, cuenta la historia y es por ello parte de la historia.

Forma parte del plan de trabajo de la Reserva Ecológica editar un texto de estas características, no obstante esta colección no hubiera sido posible sin la colaboración de muchas personas, quiero agradecer en este punto a aquellas que participaron en la organización de los dos simposia, de donde se obtuvo gran parte de lo seleccionado, al M. en C. José Antonio González-Iturbide, la Dra. Irene Pisanty, y los estudiantes Francisco Mariscal y Alejandro Collantes. El duro trabajo de evaluación de textos estuvo a cargo del Dr. Jorge Soberón, M. en C. Julia Carabias, Dr. Jorge Meave, Dr. Luis Eguiarte y Dr. Alfonso Valiente-Banuet que en mucho casos hicieron sugerencias para mejorar los artículos y tuvieron la paciencia e interés de revisarlos más de una vez. Por supuesto no puedo dejar de mencionar a los autores, cuyos excelentes trabajos muestran el interés y potencial que tiene la Reserva Ecológica. Cabe mencionar el trabajo, muchas veces inadvertido, pero no por ello menos importante, de los que diseñaron, editaron e imprimieron el libro: D. G. Enrique Fortunat D. y Sr. Julio César Barradas G. que me ayudaron sortear los problemas y que tuvieron la infinita paciencia de transcribir el material y de comprender mis necesidades.

M. en C. Ariel Rojo Curiel.

El Pedregal...

"Inexplorado todavía en más de lo que se supone su mitad, volcánico todo, inmenso, salpicado de grupos de arbustos, de monolitos colosales, de piedras en declive tan lisas que ni las cabras se detienen en ellas, posee arroyos clarísimos, de ignorados orígenes, que serpean y se ocultan y reaparecen a distancia, o sin ruido de despeñan en oquedades y abras que la yerba disimula criminalmente; cavernas y grutas profundas, negras, llenas de zarzas, de misterio, de hojas disformes, heráldicas casi, por su forma; simas muy hondas, hondísimas, en cuyas paredes laterales se adhieren y retuercen cactus fantásticos y de cuyos fatídicos interiores, cuando a ellos se arroja una piedra que jamás toca el fondo, verdegueante y florido, tienden el vuelo pájaros siniestros, corpulentos (...)

Por donde quiera matorrales que desgarran la ropa; amenazas de que una víbora nos asalte o una tarántula se nos prenda; y lo que es más lejos, algo peor: los gatos monteses, los tigres y la muerte... Por donde quiera leyendas erráticas, historias de aparecidos y almas en pena que salen a recorre estos dominios, en cuanto la luz se mete. Por donde quiera, lugares encantadores, nombres populares: Nido de Gavilanes, La Fuente de los Amores, La Calavera, El Venado..."

Federico Gamboa (1902)
"Santa"

Vegetación del Pedregal De San Angel [1]

(Distrito Federal, México)

Jerzy Rzedowski

Laboratorio de Botánica,
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P. N.
México, D. F.

INTRODUCCION

El presente trabajo constituye un estudio florístico y ecológico cualitativo de la vegetación que habita el Pedregal de San Angel, nombre que alude a una corriente de lava que ha cubierto una extensa superficie situada al sur del antiguo pueblo de San Angel, hoy conocido como Villa A. Obregón.

Se ha procurado alcanzar los siguientes objetivos parciales: 1° analizar los factores del medio ambiente; 2° determinar las características de la vegetación en relación con los factores ambientales; 3° describir las comunidades vegetales; 4° establecer las relaciones de las diferentes comunidades entre sí y con otras asociaciones vegetales y 5° determinar los procesos de la sucesión.

Las labores en el campo se afectaron entre el 20 de noviembre de 1950 y el 14 de junio de 1953 e incluyeron 81 excursiones, la mayor parte de un día de duración. Se colectaron 1701 números y se tomaron apuntes de la distribución, fenología, frecuencia, constancia y otras características ecológicas de las especies. Los trabajos de identificación se llevaron a cabo en el Laboratorio de Botánica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas; duplicados de las especies de la familia Gramineae se enviaron al U. S. National Herbarium de la ciudad de Washington. Tanto en las labores de campo como en las de laboratorio se ha utilizado un mosaico aerofotográfico de la región, así como la hoja 14Q-h (87) de la serie de mapas editados por la Comisión Cartográfica Militar.

El autor hace presente su sincero agradecimiento al Dr. Federico Bonet, quien amablemente aceptó la dirección de este trabajo; al Dr. Faustino Miranda, profesores Maximino Martínez, Eizi Matuda y Helia Bravo, del Instituto de Biología, al Dr. Ernest R. Sohns del U. S. National Herbarium y al Dr. Louis O. Williams, de la Escuela Agrícola Panamericana, por sus indicaciones, correcciones y revisión de algunas identificaciones, así como por su ayuda moral en la realización del estudio. También se debe agradecimiento a los compañeros de la Escuela que ofrecieron su desinteresada colaboración al asistir a las excursiones, particularmente al Sr. Rodolfo Palacios. Asimismo se agradece a la Srta. Graciela Calderón su ayuda en la corrección del texto y en la confección de mapas y esquemas, así como al Dr. Maldonado, Ing. Schmitter y al Sr. Golomb por haber facilitado la consulta de manuscritos de sus trabajos inéditos.

DATOS HISTORICOS

Los pedregales en general han sido objeto de un interés particular por parte de los botánicos. Representan lugares especialmente privilegiados para el desarrollo de una flora muy rica y variada.

Dentro del territorio de México, el Pedregal de San Angel es probablemente el que más ha llamado la atención. Lo conocieron bien los botánicos mexicanos y lo han visitado un

[1] El trabajo, en forma algo modificada, fué presentado como tesis para optar al título de biólogo en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.

gran número de extranjeros. Sirvan como pruebas de esta atracción las palabras del botánico e incansable colector G. C. Pringle, en las que se refiere al Pedregal: "...But it was chiefly the lava beds, or pedrigal (place of rocks) so often mentioned in Hemsley´s work, which held me so closely about Mexico City till the end of the season... It still lies and must ever remain an untamable wild, a natural preserve, in whose sheltered and inaccesible resesses numberless species of plants perpetuate themselves in security... Plants whose acquaintance I had made in remote states came in view, plants of mountain-top, of plain and of valley... What a vast and unique natural park is the pedrigal, lying close beside a populous city, and how desirable that it be set apart for a public park, be saved from further spoliations by the woodcutter and be more extensively opened to travel" (Davis, 1936).

F. Altamirano (1895) en su "Informe sobre algunas excursiones a las montañas del Ajusco y Serranía de las Cruces" incluye una lista de especies colectadas en el Pedregal y una serie de datos metereológicos.

J. W. Harshberger (1896) en la memoria de su viaje a México presenta igualmente una lista de plantas del Pedregal de San Angel y hace una breve descripción de su vegetación.

El las dos obras de C. Reiche (1914, 1923) se discuten ya con bastante amplitud sus observaciones hechas en el área en estudio.

FACTORES FISIOGRAFICOS

A. Topografía.

El Pedregal de San Angel, llamado a veces Pedregal de Tlalpan, Pedregal de Coyoacán, Pedregal de Eslava, antiguamente también Pedregal de San Agustín de las Cuevas, está, situada en el rincón SW de la cuenca hidrográfica denominada Valle de México, casi exactamente al sur de la capital del país. Su área actual es de unos 80 Km^2. Políticamente pertenece al Distrito Federal, estando dividido su territorio entre las delegaciones de Villa Obregón, Coyoacán, Tlalpan y Contreras.

Por el sur colinda con el macizo central del Ajusco y su límite oeste lo constituye la Sierra de las Cruces en su porción correspondiente al monte Alegre. En sus bordes norte y este se hallan situados un gran número de poblados, los más importantes se señalan en el mapa adjunto. Los límites del Pedregal están casi siempre muy bien señalados y por consiguiente se puede seguir su contorno con bastante facilidad.

El manto de lava tiene una forma que recuerda algo a la de un riñón, con dos porciones ensanchadas que se encuentran unidas entre sí por una parte estrecha. Golomb llamó lóbulo norte y lóbulo sur a los ensanchamientos. Entre ambos lóbulos, y en la porción correspondiente al hilio del riñón imaginario, está situada la población de Tlalpan. Una línea trazada entre Tlalpan y Contreras que pasara entre los cerros de Zacatepec y Zacayuca, delimitaría aproximadamente los dos lóbulos, que de hecho presentan características topográficas y altimétricas muy diferentes. El lóbulo norte se distingue por su desnivel relativamente pequeño (2,250 - 2,350 m) y pertenece al fondo de la cuenca, participando de sus características climáticas. El lóbulo sur, en cambio, presenta una inclinación apreciable (2,350 - 3,100 m) en el sentido NNE-SSW cubriendo las laderas de las serranías que rodean a la antigua cuenca lacustre.

Un grupo de relieves topográficos importantes constituyen los cráteres que fueron activos en la época de formación del Pedregal. Aunque es muy probable que su número haya sido mayor, ahora son solamente tres los que pueden reconocerse con facilidad, todos ellos situados en la parte sur. El Xitle es la elevación que alcanza mayor altura (3,100 m) en toda el área del Pedregal; es un cono piroclástico perfecto con las laderas internas y externas fuertemente inclinadas; pegado al Xitle y en dirección oeste se encuentra otro cráter de paredes formadas por bloques de lava basáltica, de menor elevación y menos profundo: Algunos lo denominan Xitle chico. Del lado opuesto, es decir, en el borde oriental del Xitle, puede verse otro cráter de escasa profundidad y pendiente, igualmente relleno de gran cantidad de lava.

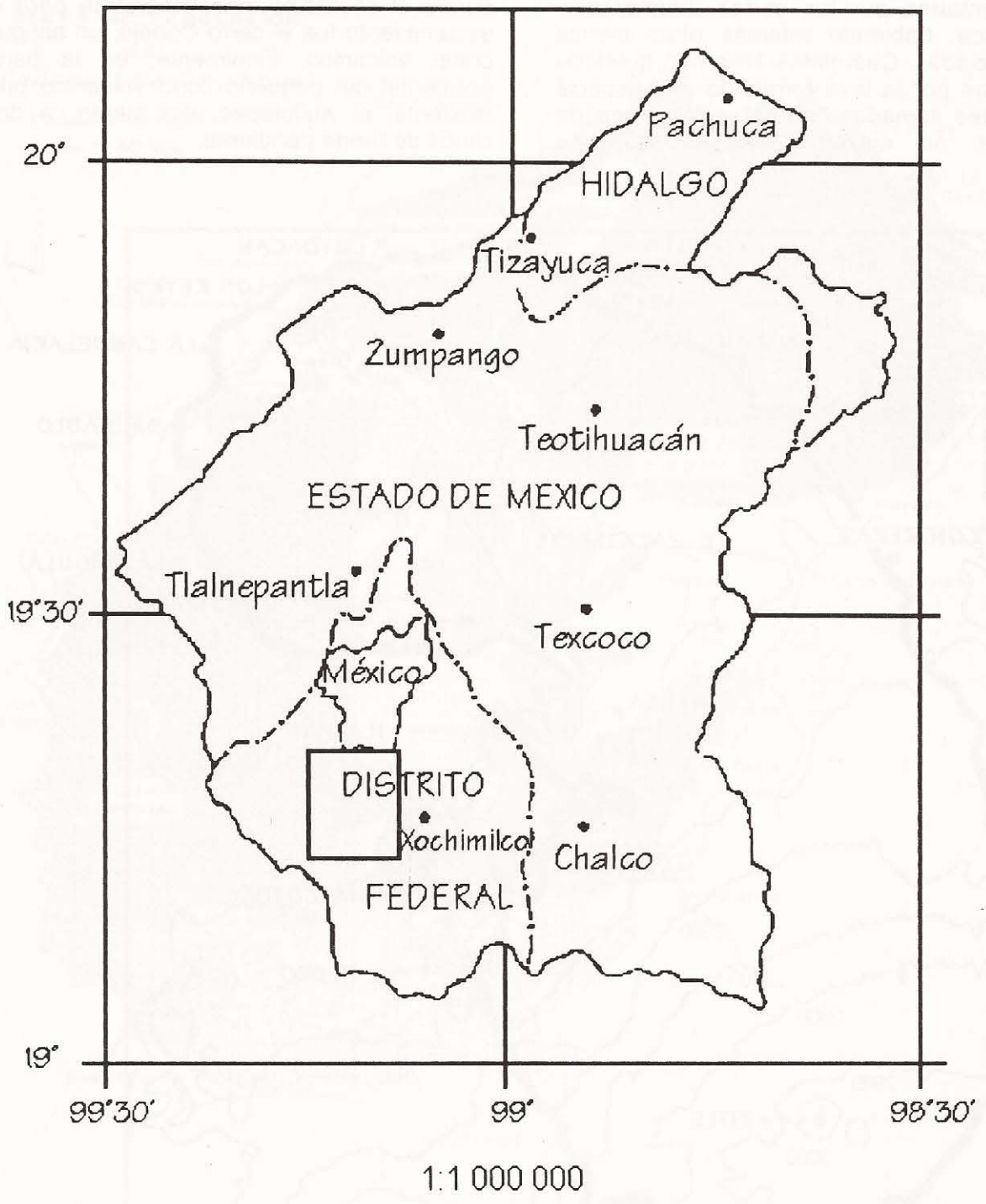


Fig. 1 Croquis del Valle de México señalando la situación del Pedregal de San Angel. El rectángulo corresponde al área comprendida en el cuadro de la figura 2 y del mapa de la vegetación.

Como puede notarse en la figura 2 la corriente de lava no siguió el camino más corto al escurrir hacia el fondo de la cuenca. Ello se debió a que una serie de elevaciones situadas en sentido perpendicular a la pendiente principal impidieron o estorbaron el avance de las lavas y éstas tuvieron que desviarse hacia el norte. De estas

elevaciones las más altas están representadas por los cerros Zacatepec y Zacayuca, habiendo además otras menos pronunciadas. Casi todas ellas han quedado rodeadas por la lava formando una especie de islotes llamados "claros". Otro grupo de terrenos no cubiertos por la lava se encuentran en la parte sureste del Pedregal, donde el obstáculo más importante para el escurrimiento fue el cerro Conejo, un antiguo cráter volcánico. Finalmente, en la parte occidental del pequeño cono volcánico pre-existente, el Xuilotepec, dio origen, a dos claros de fuerte pendiente.

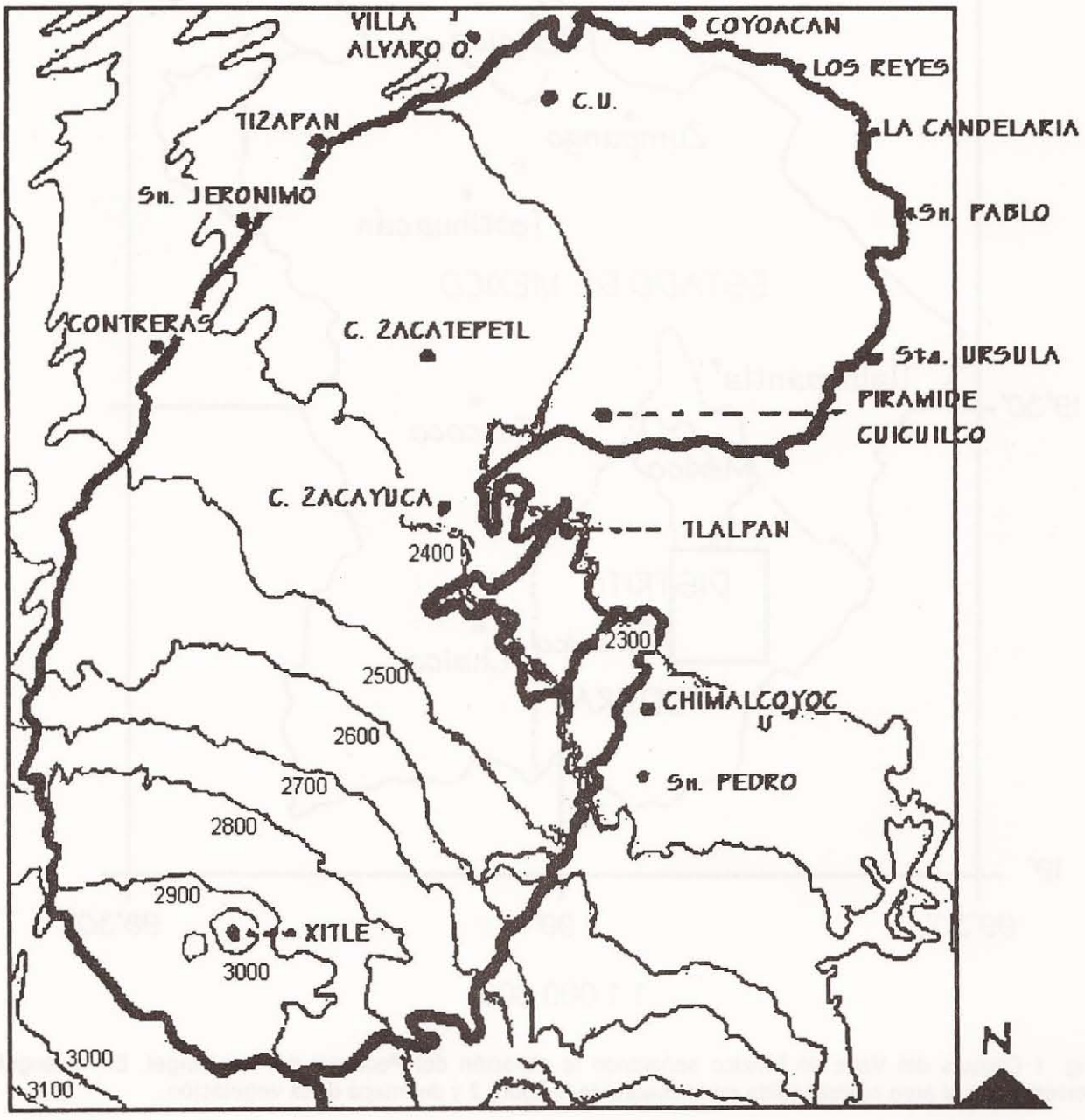
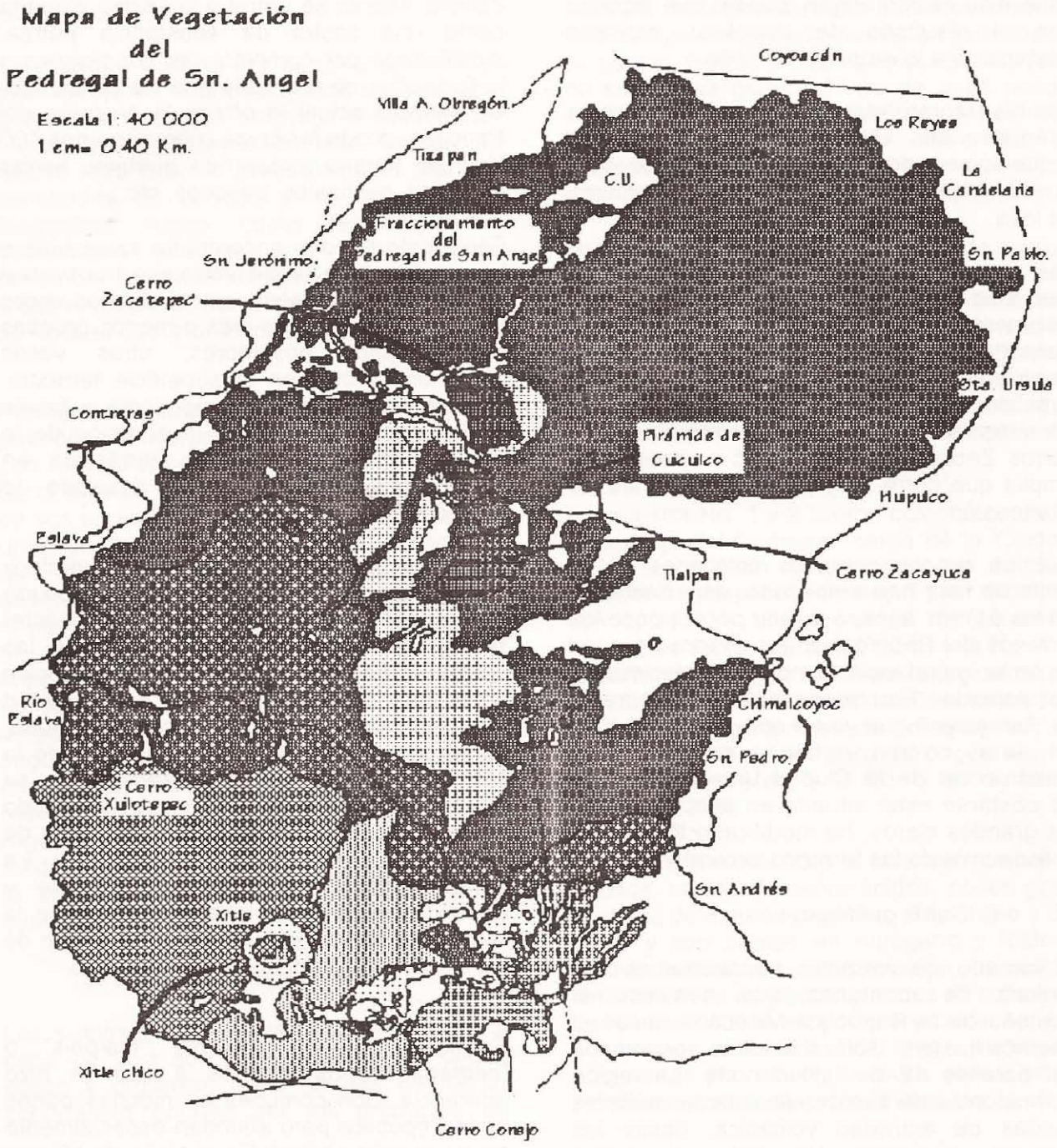


Fig. 2 Esquema altimétrico de la región del Pedregal de San Angel. La línea gruesa señala el límite de la lava (Compilado de la hoja 14Q-h (87) de la Comisión Cartográfica Militar y de otras fuentes).



SIGNOS CONVENCIONALES

- Límite de la lava
- Límite de comunidades vegetales
- Carreteras principales
- Vía de ferrocarril
- Línea de alta tensión
- Arroyos y canales

- Senecionetum praecocis
- Quercetum rugosae fruticosum
- Quercetum centralis lavosum
- Quercetum rugosae crassipedis
- Pinetum Hartwegii
- Pinetum teocote

- Abietum religiosae
- Alnetum firmifoliae
- Quercetum centralis tofosum
- Claros con vegetación primitiva destruida

Es preciso señalar que no todos los "claros" tiene este mismo origen, puesto que algunos son el resultado de depósitos aluviales posteriores a la erupción del Xitle.

También como "claro" debe considerarse la pirámide de Cuicuilco, un monumento arqueológico de Cultura Arcaica que solo quedó cubierto parcialmente por la corriente de lava.

Las vías de comunicación más importantes que cruzan el Pedregal son: La Avenida Insurgentes, que une Villa Obregón con Tlalpan; el camino antiguo de Tlalpan a Contreras; el ferrocarril a Cuernavaca que sube desde Eslava hasta la estación Ajusco; un sistema de caminos en la región de los cerros Zacayuca y Zacatepec y una vereda amplia que corre muy próxima a la línea de alta tensión.

Muchos de los poblados colocados en el límite de lava han empezado, especialmente en los últimos años, a invadir poco a poco los terrenos del Pedregal. Estos avances no son de tanta importancia como el establecimiento del llamado "Fraccionamiento del Pedregal de San Angel" que ya ha convertido a 4 Km^2 en una colonia urbana así como la construcción de la Ciudad Universitaria que no obstante estar situada en principio sobre los grandes claros, ha modificado totalmente la fisonomía de los terrenos circundantes.

B. Datos geológicos.

El llamado eje volcánico transversal es una cadena de montañas que atraviesa el territorio de la República Mexicana desde el Pacífico hasta el Golfo a la altura aproximada del paralelo 19 de latitud norte. La región correspondiente a este eje ostenta múltiples huellas de actividad volcánica, desde los tiempos terciarios ha sido el factor preponderante en el modelado de su paisaje.

Un rasgo sobresaliente que acompaña a toda actividad volcánica es la expulsión de masas de material ígneo, preferentemente en forma de lava. La lava al salir de la boca del volcán en estado semilíquido, escurre en forma de corrientes buscando líneas de máxima pendiente y cubre a veces extensas áreas sepultando todo lo que se presente en su camino. Pronto se enfría y solidifica y queda como una costra de substancia pétrea, modificando por completo las condiciones y la fisonomía de los sitios que ha alcanzado. Un ejemplo actual lo ofrece la erupción del Paricutín, donde las lavas cubrieron unos 100 Km^2 de terreno incluyendo pueblos, tierras laborales, pastizales, bosques, etc.

Fácilmente pueden encontrarse salpicadas a lo largo de todo el eje volcánico transversal corrientes de lava semejantes, algunas veces ya ocultas bajo capas más o menos gruesas de depósitos posteriores, otras veces aflorando todavía en la superficie terrestre, aunque la acción del intemperismo a través de los años que separan la erupción de la época actual pudo haber modificado en grado diferente la apariencia desolada de una corriente de lava reciente.

De estas observaciones se puede deducir que de una manera semejante como ocurre con muchas otras formaciones de carácter geológico, existe un ciclo de vida de las corrientes de lava: nacen de una erupción volcánica, tiene su época de juventud presentando la superficie rocosa desnuda, luego por acción doble de depósitos y de la erosión pierden el aspecto característico, se recubren de suelo vegetal, pasan al estado de vejez para morir debajo de una capa de sedimentos o desaparecer por ablación. La duración del ciclo puede ser variable y depende de la naturaleza y espesor de la lava, así como de la intensidad de acción de los diferentes agentes del intemperismo.

En México suele llamarse "malpais" o "pedregal" a los terrenos a que se hizo referencia. Son comunes en muchas partes de la República pero abundan especialmente en su porción central. En el Valle de México pueden encontrarse varios, el más extenso de ellos es el Pedregal de San Angel.

La edad del Pedregal de San Angel ha sido objeto de múltiples estimaciones. Las más modernas parecen coincidir en una fecha alrededor de los 2,500 años (Maldonado), dato confirmado por la reciente determinación por el método del carbono 14, que le asigna

una edad de 2,422 ± 250 años (Arnold y Libby, 1951).

Es evidente que no fue el cono del Xitle el que arrojó las enormes, masas de lava, sino que bocas parásitas ubicadas a su derredor fueron las encargadas de esta función. El mismo Xitle expulsó probablemente grandes cantidades de cenizas y de otro material magmático suelto, cuyos restos pueden encontrarse todavía en muchos sitios cercanos. Es evidente asimismo que de los cráteres parásitos han salido varias corrientes de lava en direcciones diferentes.

Petrográficamente las lavas del Pedregal pueden clarificarse como basalto de olivino con microcristales (Ordóñez, 1890). El color de la lava es gris bastante oscuro. El manto en sus superficies superior e inferior presenta un gran número de pequeñas oquedades que son el resultado del desprendimiento de gases durante el enfriamiento. El espesor en la parte baja del Pedregal varía entre 6 y 10 m, aunque es difícil apreciarlo en muchos lugares. Cerca de los claros y en algunos bordes es evidentemente mucho más delgado, pero en otros sitios sobrepasa con seguridad considerablemente las medidas citadas. La superficie de la lava es en la mayor parte de los casos fuertemente rugosa, hecho debido probablemente a su fluidez. La erosión de la superficie expuesta a la acción del aire ha sido de muy poca cuantía.

C. Datos edafológicos.

Los suelos que se hallan por encima de la capa de lava son principalmente de origen eólico y orgánico; otras fuentes de menor importancia podrían ser los productos de descomposición de la misma lava, así como acarreos de origen aluvial o humano. El suelo se acumula fundamentalmente en toda clase de grietas, fisuras y depresiones. Su espesor no sobrepasa generalmente de unos pocos centímetros, pero las distintas partes del Pedregal pueden presentar diferencias al respecto. Por lo general, así mismo es difícil distinguir horizontes edafológicos típicos.

Los análisis mecánicos y químicos de suelos de diferentes sitios coinciden en todos los aspectos. Los cuadros a continuación resumen los datos de seis muestras tomadas a la profundidad de 2 a 10 cm y analizadas por el Laboratorio de Análisis Agrícolas de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, al que se expresa en este lugar un agradecimiento especial.

La muestra No. 1 y 2 fueron colectadas en la parte baja del Pedregal, cerca de la Ciudad Universitaria y en las proximidades de San Jerónimo respectivamente; La No. 3 corresponde a una localidad de situación intermedia (cerca de San Pedro) y la No. 4 a la parte alta, puesto que fue recogida cerca de La Magdalena. Las últimas dos muestras se colectaron para fines de comparación: la No. 5 proviene de un claro de origen aluvial cerca de Contreras, y la No. 6 de un claro cercano al Xitle.

Todos los suelos sobre la lava son arenoso-limosos, moderadamente ácidos, posen gran cantidad de materia orgánica, de potasio y de calcio y son pobres en nitrógeno y fósforo aprovechables. La interpretación de estas características no ofrece grandes dificultades. La relativa riqueza en potasio y calcio señala el origen volcánico de las partículas acarreadas por el viento, pues estos iones provienen con toda probabilidad de la des-

Núm. de muestra	Porcentaje de			
	arenas	limos	arcillas	
1	58	30	12	C. U.
2	52	40	8	San Jerónimo
3	68	30	2	San Pedro
4	46	50	4	La Magdalena
5	88	2	10	Contreras (claro)
6	80	14	6	Xitle (Claro)

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

Núm. de muestra	pH	Materia orgánica %	N total %	Porcentaje de iones aprovechables				
				NO_2	NH_4	P	K	Ca
1	6.1	12.1	0.8	0.00021	<0.00014	0.00002	0.00119	0.01488
2	6.0	> 5.3	n. d.	0.00011	<0.00014	0.00003	0.00205	0.01186
3	6.1	27.1	n. d.	0.00028	<0.00014	0.00004	0.00122	0.01488
4	6.2	13.2	n. d.	0.00019	<0.00014	0.00004	0.00161	0.01037
5	6.2	1.6	n. d.	0.00022	<0.00014	0.00006	0.00253	0.01604
6	6.3	> 5.3	n. d.	0.00011	<0.00014	0.00005	0.00166	0.00892

composición de feldespatos. La abundancia relativa de limos está cuantitativamente relacionada con la materia orgánica y señala la gran importancia de los restos vegetales en la constitución mecánica del suelo. La escasez de fósforo y nitrógeno aprovechables no es de extrañarse tampoco, puesto que, como lo demuestra la determinación de nitrógeno total, estos elementos forman parte de la abundante materia orgánica, donde se encuentran en estado combinado.

FACTORES CLIMATOLOGICOS

A. Condiciones climatológicas generales del Valle de México

El Pedregal de San Angel, al estar situado dentro del Valle de México, participa de los rasgos climáticos de esta región; los más importantes se describen seguidamente.

La cuenca posee un clima templado y sin estación fría pronunciada propia de las planicies altas de regiones tropicales y subtropicales. La temperatura máxima del año corresponde al mes de mayo la mínima a enero. La variación diurna de la temperatura alcanza valores elevados, particularmente en los más fríos. La distribución de la precipitación es muy desigual , dividiendose el año en una temporada lluviosa (de junio a octubre) y otra seca (de noviembre a mayo). Cada 4 a 6 años hay un máximo de precipitación, los vientos dominantes son del NNW, aunque los más fuertes provienen del NE. La presión atmosférica es baja como consecuencia de la altitud. La humedad absoluta del aire es, por lo general, baja; la humedad relativa presenta considerables variaciones diurnas que dependen principalmente de las de la temperatura. El total de los días con lluvia, oscila entre 140 y 180. Las granizadas son frecuentes; a menudo se observa roció y escarcha. Las nevadas están restringidas a las altas montañas. El número de días despejados es, aproximadamente, 205. Los cambio estacionales de la longitud diurna de la iluminación son muy pequeños. De acuerdo con la clarificación de Köppen, el clima del Valle de México debe designarse con la fórmula Cwbg.

B. Valoración y origen de los datos meteorológicos disponibles.

Dentro del área del Pedregal no existe ninguna estación meteorológica. Hay, sin embargo, varias situadas en las poblaciones que lo circundan. Por desgracia, los datos de estas estaciones sólo pueden ser referidos a la parte baja del Pedregal y, como el desnivel de la parte alta es bastante fuerte, el clima de esta última región difiere en forma apreciable de aquella. Con el propósito de disponer de un cuadro más completo de las condiciones climáticas en toda el área en estudio y de apreciar sus variaciones altitudinales, además de los datos registrados de las estaciones anteriormente mencionadas se hará uso también de otras estaciones meteorológicas localizadas en la parte suroeste de la cuenca a diferentes elevaciones, tratando de establecer paralelismos y empleando la interpolación en caso necesario. Deben señalarse los posibles errores a que puede llevar este procedimiento, y por esto, al elegir las estaciones algo alejadas de los límites de la lava, se tomó en consideración no solamente

Estación	Altitud	Distancia del Pedregal	Datos correspondientes a los años
Villa Obregón	2 300 m	1 Km	1936-1950
Dinamo Núm. 1	2 750 m	4 Km	1932-1942
Colonia Portales	2 250 m	5 Km	1927-1934
Dinamo Núm. 3	2 900 m	6 Km	1932-1950
Desierto de los Leones	2 950 m	9 Km	1920-1950
Huixquilucan	2 700 m	15 Km	1921-1931
Amecameca	2 450 m	42 Km	1942-1950
Hueyatlaco	3 550 m	56 Km	1941-1950

la altitud sino también la situación, así como la circunstancia de que la vegetación fuera análoga a la que rodea al pedregal en condiciones hipsométricas semejantes. Esta precaución, desde luego, no elimina completamente la posibilidad de un error, razón por la cual hay que tener presente que se trata sólo de una aproximación a la realidad, necesaria por falta de datos más directos.

El cuadro de arriba resume las informaciones relativas a las relaciones meteorológicas, de cuyos datos se hará uso a continuación.

Como fuente de información ha servido el Boletín Hidrológico No. 1 de la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, así como los datos amablemente cedidos por el Servicio Meteorológico Mexicano, al que se debe un agradecimiento especial.

Por ser la más cercana, por poseer un registro bastante antiguo y por asemejarse sus condiciones a las de una buena parte del Pedregal, se han escogido los datos de la estación de Villa Obregón para ilustrar la variación anual de diferentes factores climatológicos. Estos se resumen en el cuadro de la página siguiente. Otro cuadro más reúne los datos de las ocho estaciones mencionadas para señalar la variación altitudinal. Las figuras 3 y 4 representan, en forma gráfica, la parte más importante de ambos cuadros.

Las abreviaturas empleadas son las siguientes:

T. m. - temperatura media en °C
T. mx. e. - temperatura máxima extrema en °C
T. mx. m. - temperatura máxima media en °C
T. mn. e. - temperatura mínima extrema en °C
T. mn. m. - temperatura mínima media en °C
O. d. m. t. - oscilación diurna media de la temperatura en °C
P. t. - precipitación total en mm
E. t. - evaporación total en mm
P./E. - precipitación/evaporación
D. ll. a. - días con lluvia apreciable
D. h. - días con helada
D. d. - días despejados

Resumen de la variación del algunos factores climáticos en la región SW del Valle de México, según datos de ocho estaciones metereológicas.

Estaciones	Col. Portales 2 250 m	Villa Obregón 2 300 m	Amecameca 2 450 m	Huixquilucan 2 700 m	Dinamo Núm. 1 2 750 m	Dinamo Núm. 3 2 900 m	Desierto de los Leones 2 950 m	Hueyatlaco 3 350 m
T.m.	15.5	14.9	14.9	13.7	....	....	10.5	7.8
T.mx.e.	34.6	33.0	30.0	40.4 (?)	....	....	29.6	20.2
T.mn.e.	- 6.0	- 7.7	- 5.0	- 5.0	....	....	- 6.1	- 5.0
O.d.m.t.	16.5	19.6	.....	.....	....	....	13.2	10.6
P.t.	729	733	987	1 158	1 012	1 402	1 284	1 155
E.t.	1 415	1 242	.....	....	....	....	....	1 092
P./E.	0.51	0.59	.....	....	....	....	....	1.06

C. Precipitación

En la figura 3 se puede ver la distribución anual de la precipitación registrada en la estación de Villa Obregón. Del total de los 733 mm el 89% corresponde a los meses de mayo a octubre y sólo un 11% a la época restante del año. Esta distribución irregular de las lluvias es de capital importancia para el desarrollo de la vegetación, especialmente si se toma en cuenta la escasa oscilación anual de la temperatura. Aunque la distribución de las lluvias es esencialmente análoga en toda las partes del Pedregal, no ocurre así con el volumen total.

La cantidad de lluvia varía, en términos generales, en función de las distancias que separa a un lugar dado de los grandes macizos montañosos, es decir, del Ajusco y de la Sierra de las Cruces. Esta distancia es muy difícil de medir, tanto por falta de puntos exactos de referencia, como también debido a la situación geográfica de estos macizos que ejercen su influencia, uno desde el sur y otro desde el oeste. Tal dificultad puede salvarse aplicando el criterio de la altitud que, sin ser del todo correcto, da una aproximación suficiente.

Resumen de la variación anual de algunos factores climáticos, según datos registrados en la Estación de Villa Obregón.

Meses	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	anual
T.m.	11.4	13.1	15.2	16.2	16.9	17.3	16.4	16.4	15.9	14.9	13.1	12.0	14.9
T.mx.e	29.1	31.0	32.8	32.8	33.0	31.0	28.3	28.0	28.1	30.2	29.7	28.0	33.0
T.mx.m.	22.6	24.9	27.1	27.2	26.4	25.1	24.4	23.6	22.9	23.5	22.6	22.4	24.5
T.mn.e.	- 6.9	- 5.3	- 3.4	- 2.0	- 0.7	3.1	3.4	4.6	0.9	- 4.3	- 5.6	- 7.7	- 7.7
T.mn.m.	- 1.0	0.9	2.7	4.3	6.5	9.1	9.0	8.4	8.5	5.9	2.2	0.1	4.9
O.d.m.t.	23.6	24.0	24.4	22.9	19.9	16.0	15.4	15.2	14.4	17.6	20.4	22.3	19.6
P.t.	5.4	3.4	13.9	29.3	65.9	132.5	153.5	143.2	118.0	44.8	16.1	6.4	733.2
E.t.	76.2	100.2	135.9	132.5	129.9	119.8	109.9	110.8	89.1	88.8	74.6	65.9	1233.6
P./E.	0.07	0.03	0.10	0.22	0.51	1.11	1.40	1.29	1.36	0.51	0.22	0.10	0.59
D.ll.a.	1	1	2	5	10	14	16	14	17	8	4	1	93
D.h.	14	8	0	0	0	0	0	0	0	2	7	13	44
D.d.	24	23	22	17	16	10	15	11	11	18	19	20	206

En la figura 4 se comparan las alturas pluviométricas de varias estaciones meteorológicas situadas a diferentes altitudes en la parte sur y suroeste del Valle de México. Puede notarse que al aumentar la elevación desde los 2,250 m hasta los 3,000 m, la precipitación asciende paulatinamente de los 700 mm hasta los 1,400 mm. Además existe el dato aislado de una estación situada a los 3,550 m, en donde la precipitación alcanza sólo los 1,150 mm. En estas condiciones es difícil estimar a qué altura corresponde el máximo de precipitación, pero no sería atrevido suponer que está por encima de los 3,000 m. Se podría entonces trazar una línea recta que al comprender altitudes entre 2,250 m y 3,100 m señalaría en forma aproximada la precipitación en función de la altura dentro del área del Pedregal.

D. Temperatura

La temperatura media anual observada en Villa Obregón es de 14.6°. La variación anual de la temperatura media (fig. 3) es de poca cuantía; son apenas 6° de diferencia entre el mes más caliente y el más frío. De mucho mayor importancia es la oscilación diurna, su valor medio anual es relativamente alto (19.6°) y su variación anual también apreciable, alcanzando el máximo en el invierno.

Repetidas veces en la bibliografía (Borja Osorno, 1948, y otros) se puede encontrar la aseveración de que las oscilaciones diurnas de la temperatura son más pronunciadas en las montañas circundantes del Valle de México que en el fondo del mismo. Como lo demuestra la figura 4 las oscilaciones no solamente no aumentan con la elevación sino disminuyen hasta el grado de que a los 3,550 m su valor es sólo la mitad del correspondiente a los 2,300 m de la estación Villa Obregón. Este hecho trae como resultado una circunstancia aparentemente paradójica: las temperaturas mínimas mensuales de invierno a una altitud de 3,000 m no son inferiores a las de los 2,300 m.

Por último, en la misma figura 4 se nota que la temperatura media anual disminuye

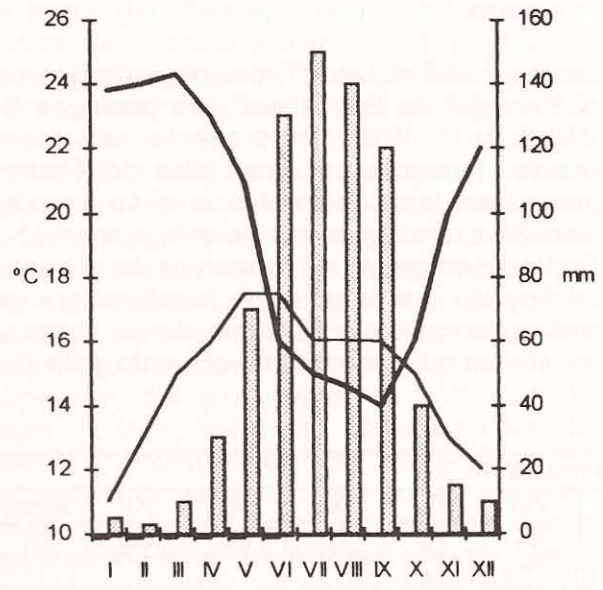


Fig. 3 Diagrama de la variación anual de algunos factores climáticos, según datos registrados en la estación de Villa Obregón.

La línea continua corresponde a la temperatura media, la gruesa a la oscilación diurna de la temperatura; bastones a la precipitación.

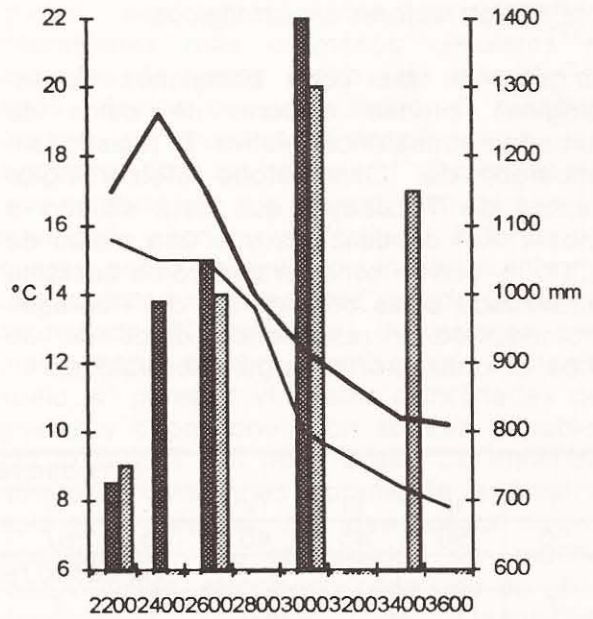


Fig. 4 Diagrama de la variación de algunos factores climáticos en función de la altura

gradualmente con la altura. La ocurrencia de este fenómeno no amerita ninguna explicación adicional.

Al preparar las dos figuras que ilustran este párrafo correspondiente al clima, se tenía pensado incluir un cuarto factor: la relación precipitación/evaporación; éste, en la opinión de muchos autores, es el mejor índice de las relaciones hídricas externas de los vegetales. Al hacer el diagrama de la distribución de la relación mencionada, fácilmente se pudo notar que coincide en forma exacta con la distribución de las lluvias.

Su valor medio anual, para Villa Obregón, es 0.59; tal vez podría interpretarse como representativo para la parte baja de Pedregal. En su parte alta, con toda probabilidad, es coeficiente es mucho más elevado y sobrepasa la unidad. En Hueyatlaco, a los 3,550 m alcanza 1.06, valor que no puede ser tomado en cuenta por encontrarse cerca del extremo altitudinal. Se carece desgraciadamente de datos de evaporación de otros lugares intermedios.

E. Otros factores climatológicos.

Ninguna de las ocho estaciones meteorológicas citadas dispone de datos de humedad atmosférica relativa. El registro, sin embargo, del Observatorio Meteorológico Central de Tacubaya, que está situado a unos 7 Km de distancia y a una altitud de 2,300 m, puede considerarse como bastante aproximado a las condiciones del Pedregal. Promediando y resumiendo datos de 30 años, se obtuvieron los siguientes valores:

Humedad relativa media en %												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	anual
56	50	45	46	55	67	74	74	76	70	65	60	61
Humedad relativa mínima en %												
7	2	1	4	5	7	9	24	18	12	9	5	1

Son muy notables los valores bajísimos de humedad relativa minima que señalan la existencia de una oscilación diurna apreciable. Esta, como pudo observarse en el campo, es particularmente grande en los primeros meses del año, en días despejados y con poco viento, e indudablemente depende, en gran parte, de la oscilación de la temperatura.

Son bastante comunes en el Pedregal el rocío en el verano, y la escarcha en el invierno, en la parte alta también es algo frecuente la neblina. Los vientos no parecen tener una influencia muy notable.

Es de mucha importancia la gran intensidad de iluminación, así como el número elevado de días despejados, que a la vez que favorecen la fotosíntesis, provocan una evaporación más intensa. La presión atmosférica reducida, también contribuye a intensificar este último fenómeno. Su valor oscila entre 580 mm y 520 mm, que corresponden a las alturas de 2,250 m, y 3,100 m, respectivamente.

LOS FACTORES DEL MEDIO AMBIENTE EN RELACION CON LA VEGETACION

A. Riqueza florística del Pedregal y sus causas.

En el estudio titulado "Tubos de explosión en el Pedregal de San Angel", los geólogos E. Wittich y P. Waitz, al presentar una descripción topográfica y lisonómica del Pedregal, hacen también referencia a su vegetación. Se expresan de la siguiente manera: "... En la superficie de las corrientes se encuentra hoy día una vegetación raquítica que se limitaa las grietas y fracturas de las rocas y las arenas que depositaron el viento y las lluvias en sus osquedades..." Esta observación, aunque lacónica, es bastante expresiva; da una buena idea de la impresión que se llevan 95 de cada 100 personas que visitan la parte baja del Pedregal en tiempo seco.

Esta falta de volumen de materia orgánica viva que resulta de la escasez de individuos leñosos conspicuos, es compensada por la diversidad de la flora, pues como ya se indicó, los pedregales, en general, son lugares privilegiados para el desarrollo de una flora muy rica y variada, y el caso particular no escapa a la regla. No será atrevido afirmar que estos 80 Km^2 sustentan un número de especies vegetales más elevado que cualquier otra área de igual extensión dentro del Valle de México. Varios autores (Altamirano, 1895; Harshberger, 1898; Reiche, 1914, 1923) han tratado de explicar las causas de esta riqueza florística. En los párrafos siguientes se resumen los puntos de vista expuestos a la vez que se agregan algunas consideraciones propias.

Es evidente que el factor principal que interviene en ella es la gran diversidad de hábitats que ofrece la superficie de la lava. Se pueden distinguir aquí macrohabitats y microhabitats. Los primeros son función del conjunto de condiciones del macroclima, éste a su vez dependiente en una gran parte de la altitud. No es de extrañarse, por lo tanto, que la parte del Pedregal que corresponde al fondo de cuenca alimente una vegetación totalmente distinta de la que cubre la parte correspondiente a sus laderas situadas a una altura cercana de los 3,000 m, donde la temperatura y la humedad alcanzan valores diferentes. Entre estos dos extremos existe toda una escala de intergradación, estando además influída cada una de las localidades por variaciones de exposición a la luz y a los vientos dominantes. Por otra parte, los microhabitats dependen de la forma, de la superficie, del grosor y de la textura de la capa de lava, así como de la cantidad de suelo acumulado. En las dos clases de "claros" el espesor de lava puede considerarse como nulo para los efectos de la vegetación; aquí las plantas poseen condiciones similares a las de los sitios libres de lava. Otras veces la cubierta basáltica es de un grueso tan escaso, que cualquier grieta o hendidura permite el paso de las raíces hacia el suelo situado por debajo. Lo más corriente, sin embargo, es que el grueso de la lava no permita establecer contacto alguno entre la capa superior y la inferior, y en tal circunstancia todos los órganos del vegetal se hallan obligados a afrontar las condiciones adversas de la superficie de la roca. Pero aquí es donde se ofrece precisamente una multitud de posibilidades. La lava, al escurrir y enfriarse, ha sufrido fracturas, se han formado chimeneas, túneles colapsados, depresiones, etc., que han contribuído a crear una superficie sumamente irregular. Son bastante frecuentes los desniveles bruscos de 2, 3 y 4 m, por dondequiera existen cavidades y grietas.

Se acostumbra distinguir dos principales modalidades entre corrientes de lava: las rugosas o "aa" y las cordadas o "pahoehoe". En el área del Pedregal están representadas las dos variedades, aunque la diferencia no siempre es suficientemente clara.

Las lavas cordadas se caracterizan por presentar una superficie externa más o menos plana con arrugas que señalan la dirección del descubrimiento de la corriente. Estas porciones planas en el caso del Pedregal, no sobrepasan, por lo general, unos pocos m^2 (5 a 30) de extensión y están separadas entre sí por discontinuidades muy pronunciadas, comúnmente en forma de grietas; pero otras veces constituyendo depresiones más o menos circulares u ovaladas de varios metros de diámetro y otros tantos de profundidad. A grandes rasgos se pueden distinguir aquí los siguientes tipos de hábitats: 1° Superficie de lava cordada con sus arrugas, expuestas a la intemperie y con muy poco suelo; 2° fondo de grietas, por lo general, con mucha sombra y una cantidad relativamente grande de suelo acumulado; 3° fondo de depresiones con más o menos sombra y también con bastante suelo; 4° paredes verticales o inclinadas de grietas y depresiones con sombra variable, por lo común con poco suelo. Se entiende que esta división es puramente artificial y solo sirve para dar una idea acerca de las posibilidades, que en realidad son mucho más variadas, ofreciendo cada una de ellas condiciones distintas de humedad, temperatura, exposición, abundancia de suelo, etc.

Las lavas rugosas se distinguen por una exagerada irregularidad de su superficie, pero a la vez los desniveles fuertes, grietas y depresiones son menos frecuentes y casi

nunca tan pronunciadas como en el caso anterior. Estas condiciones traen como consecuencia una mayor homogeneidad del substrato, y aún cuando pueden distinguirse diferencias de hábitat semejantes a las ya mencionadas, éstas son menos notables.

Otro factor, que tal vez influye en la riqueza florística de la zona, es la propiedad de la roca basáltica oscura de absorber considerables cantidades de calor al estar expuesta a la radiación solar. No será extraña, por lo tanto, la presencia en el Pedregal de algunas especies más bien propias de tierra caliente, como p. e. *Cassia laevigata, Dodonaea viscosa, Cissus sicyoides*, etc. Por otra parte, hay que tener presente que, comparado con otras regiones del Valle de México y del país, el Pedregal tiene condiciones climáticas favorables para el desarrollo de muchas especies vegetales. El coeficiente precipitación/evaporación es relativamente grande, los cambios de temperatura, en escala anual, son poco acentuados, la distribución de las lluvias, aunque desigual, no es en forma tan extrema como suele ser en muchas partes de la República, los vientos fuertes no son frecuentes, etc., todos estos factores, que derivan primordialmente de la situación geográfica, también ejercen un efecto favorable.

En otro lugar de este trabajo (Cap. X) se discutirá con más detalle el problema de la sucesión de comunidades vegetales que está ocurriendo desde que los primeros organismos colonizaron la superficie de lava recién enfriada hasta los momentos actuales y que seguirá verificándose todavía por espacio de muchos años. Se señalará la existencia de tipos de vegetación correspondientes a etapas cronológimante distintas de la sucesión; estas etapas a su vez corresponden por lo general a comunidades que florísticamente difieren entre sí en grado apreciable, constituyendo de esta manera una participación más a la ya mencionada abundancia de especies.

También es necesario tener en cuenta que, debido a la poca accesibilidad del terreno y escasas posibilidades de explotación, la actividad destructora del hombre no ha llegado todavía a una intensidad comparable con lo que pudiera observarse en muchos otros sitios dentro de la cuenca. A pesar del pastoreo, de la quema de pastos y de la tala, aún se conservan bastante bien extensiones grandes del Pedregal con una vegetación casi sin modificar. Por otra parte, en los lugares cercanos a los pueblos, habitaciones humanas, campos de cultivo y vías de comunicación, así como en los sitios donde el pastoreo ha sido más intenso, pueden observarse la presencia de cierto número de especies introducidas; muchas veces ruderales, arvenses o escapadas de cultivo otras veces transportadas accidentalmente por el hombre mismo o sus animales.

Si a todo lo expuesto se agrega la circunstancia de que el centro y el sur de México poseen una flora de las más ricas del mundo y que entre esas decenas de millares de especies las hay adaptadas prácticamente a todos los ambientes vitales posibles, puede comprenderse el porqué de este número tan elevado de especies que habitan un área más bien reducida.

B. Evaluación e interacción de algunos factores.

El factor limitante, de máxima importancia para el desarrollo de formas vegetales conspicuas, en el Pedregal es, sin lugar a dudas, la escasez de suelo. Este factor ejerce su influencia sobre la vegetación, tanto directa como indirectamente. En primer lugar es evidente que las capas delgadas de suelo muchas veces no pueden ofrecer superficie suficiente para el sostén de especies leñosas de talla elevada. Por otra parte, la cantidad de sales minerales necesarias para el desarrollo de las plantas es pequeñísima en un suelo de volumen reducido. Es de suponer, no obstante, que la falta de capacidad para almacenar la humedad tiene una repercusión preponderante, aunque no tan grande como podría creerse a primera vista, dada la porosidad de la capa superior de la lava.

La distribución desigual de la precipitación pluvial es otro elemento que, en combinación con el anterior, se refleja de una manera

sobresaliente en la estructura y composición de la vegetación. La temporada de sequía se prolonga durante más de la mitad del año y sus efectos en el caso del Pedregal son, particularmente, apreciables en la parte desprovista de la protección del estrato arbóreo, donde se refleja en forma acentuada en los cambios estacionales de la vegetación.

Pero, enseguida, cabría la pregunta de si no existen otros factores climáticos que intervengan también en ese fenómeno. Es bien conocido, por ejemplo, que las regiones templadas de latitudes altas, es la temperatura la que ejerce la influencia decisiva.

El diagrama de la distribución anual de la temperatura no parece indicar una relación clara con los cambios fenológicos. Es cierto que el máximo volumen de la vegetación corresponde a los meses de agosto y septiembre y que esta época también coincide con el periodo de temperaturas elevadas. Así mismo, los más fríos -diciembre y enero- no se caracterizan por un tapiz vegetal abundante; pero, al paso que la temperatura sube, de enero a mayo, para alcanzar su máximo, en el mismo periodo la vegetación va reduciendo su volumen, y mientras la temperatura se mantiene a un nivel más o menos constante de mayo a septiembre, no es sino hasta junio, cuando con las primeras lluvias abundantes empiezan a despertar la mayor parte de las plantas.

De lo anterior se puede deducir que la temperatura elevada, acompañada de una precipitación alta posiblemente favorece el desarrollo de muchas especies, pero en ausencia de la segunda, si acaso ejerce alguna influencia, esta es más bien negativa, pues incrementa la sequía. Este último efecto indirecto de la temperatura elevada no es de gran significación. Como ya se hizo notar, la variación anual de la relación precipitación evaporación coincide perfectamente con la distribución de la precipitación misma, lo que demuestra que prácticamente sólo depende de ella.

Quedaría aún por discutir la importancia de las oscilaciones diurnas de la temperatura como factor de la incidencia de la temporada de reposo vegetativo. Por varias razones el problema no es fácil de dilucidar. En primer lugar la simultaneidad de la época seca y del periodo de fuertes fluctuaciones térmicas dificulta la interpretación precisa. Además, dentro del territorio del Pedregal varían tanto las condiciones de temperatura u de humedad de un lugar a otro, que lo que sería válido para un sitio no tendría tal vez tanta importancia en otro.

Es posible, por ejemplo, observar algunos hechos interesantes. Ya se señaló en un párrafo anterior que la temperatura media anual baja proporcionalmente con el aumento de altitud; de manera análoga se comporta también la media del mes más frío. Lógico sería pensar entonces que las temperaturas bajas deben cobrar más importancia en el ciclo de vida de las plantas a medida que se suba la pendiente del Pedregal. Las observaciones que pudieron reunirse al respecto parecen demostrar todo lo contrario, pues mientras que en los meses de noviembre y diciembre en la parte alta todavía pueden observarse muchas hierbas y arbustos con un follaje verde y vigoroso, en todo el lóbulo norte reina el color amarillo de hojas y tallos muertos.

No debe negarse que tal vez sean varios los factores que intervienen en este fenómeno. Si se toma en cuenta, empero, la variación altitudinal de la oscilación diurna de la temperatura (fig. 4), ya no parecerá tan extraña esta diferencia en el comportamiento de las dos vegetaciones.

Conviene recordar en este momento que por mucha importancia que queramos asignarle a la oscilación diurna de la temperatura, ésta, en último término, también depende en grado considerable de la humedad, de sus variaciones en escala anual de la vegetación misma.

La interacción de la temperatura y de la humedad es más fácil de interpretar en el caso de la distribución altitudinal de la vegetación. Aquí son importantes la temperatura media anual y la precipitación anual, ambas relacionadas en forma más o menos directa con la elevación, como lo

demuestra la figura 4. No es fácil comprender por qué las comunidades situadas en las partes superiores son más mesofíticas y menos termófilas que las que ocupan las porciones más bajas del área en estudio.

C. Clasificación ecológica de la vegetación.

De acuerdo con la clasificación propuesta por Warming, las comunidades vegetales del Pedregal de San Angel, se colocan dentro de la lithophytia o sea que dependen de un sustrato de roca viva. Huguet del Villar (1929) sustituye la denominación lithophytia de Warming por el nombre de petrophytia, y ésta, a su vez, la divide en dos subtipos: lithophytia, que incluye solamente la vegetación que vive en la verdadera superficie de las rocas, y chasmophytia, comprendiendo formas que prosperan en fisuras, grietas, etc. Según el mismo autor, el primer grupo corresponde al biotipo proteretum y consta de algas, líquenes y musgos, mientras que el segundo ya es un hysteretum, formado por especies de todos los grupos vegetales. Ambas modalidades están bien presentadas en el Pedregal.

Es notable que la vegetación del Pedregal presenta en cierto grado características de una xerophytia, debido a que la falta de suelo típica de la petrophytia se traduce en este caso en deficiencia de humedad edáfica.

En efecto, las especies xerófitas además de su alta frecuencia tienen elevado grado de cobertura (expansión horizontal) y ejercen considerable dominancia en una buena parte del Pedregal. A estas especies se debe el aspecto desolado que es particularmente notable en la época seca, por ser estas formas las únicas capaces de aprovecharlas para su desarrollo vegetativo.

Al calificar algunas especies de xerófitas, p.e. *Senecio praecox, Plumbago pulchella, Agave spp., Opuntia* spp., *Mammilaria* spp., *Notholaena bonariensis, Cheilanthes lendigera*, etc., se tropieza con la dificultad de fijar con exactitud el alcance de este último. Además debe señalarse la coexistencia de formas hidrofíticas y mesofíticas típicas con las xerófitas ya citadas, habiendo entre unas y otras todas las gradaciones posibles. Tomando como base el número de las especies y no el número de individuos, al parecer prevalecen las mesófitas, aunque la mayor parte de ellas no podría considerarse como mesófitas típicas, sino más bien con una tendencia hacia la xerophytia.

FISONOMIA

A. Clasificaciones biotipológicas.

Admitiendo la trascendencia de los mecanismos de que se valen los organismo vegetales para adaptarse a una época adversa larga, la geobotánica los ha tomado como base para el establecimiento de las principales categorías fisonómicas.

Huguet del Villar (1929) distingue entre las plantas cuatro principales formas morfológicas en cuanto al dispositivo protector. Son los cuatro siguientes biotipos: lignetum, crassicauletum, graminoidetum y herbetum. El lignetum del Pedregal de San Angel comprende un 15% del número total de especies, el crassicauletum sólo un 3%, el graminoidetum 13% y los restantes 69% corresponden al herbetum.

La clasificación fisonómica de Raunkjaer es la más comunmente empleada por los ecólogos. Su representación cuantitativa condensada, o sea el espectro biológico de la vegetación del Pedregal de San Angel es el siguiente (para el cálculo se tomaron en cuenta sólo las formas que se desarrollan sobre la lava y se excluyeron las malezas):.

	Núm. de especies	*Ph*	*Ch*	*H*	*Cr*	*Th*
Pedregal de San Angel	538	14	9	35	22	20
Espectro mundial normal	1 000	46	9	26	6	13

Comparando el espectro del Pedregal con el espectro normal de la vegetación del mundo se observa una escasez de fanerófitas y relativa abundancia de hemicriptófitas y criptófitas, rasgo característico de los climas templados. Del patrón general de éstos últimos difiere el Pedregal en un porcentaje más elevado de criptófitas y terófitas que en cierto grado es el resultado de la peculiaridad del hábitat y que relaciona ecológicamente a la vegetación en estudio con la de las regiones áridas.

B. Ojeada fisonómica general.

Para apreciar la adaptación de un organismo es insuficiente el conocimiento de sus características estructurales. Se ha demostrado ya repetidas veces que "la disposición morfológica visible para la resistencia a la sequedad es mucho menos importante en cuanto a sus efectos que la adaptación fisiológica" (Braun-Blanquet, 1950).

Así p. e. la mayor parte de las fanerófitas, mencionadas en la lista que acompaña a este trabajo, son de hábitos higrotropofíticos, coincidiendo a veces el periodo de la pérdida de hojas con la temporada seca entera (*Eysenhardita polystachya, Verbesina spp., Stevia spp.*), pero más a menudo esta interrupción de la actividad fotosintética dura solo unos pocos meses o hasta semanas (*Quercus spp., Alnus firmifolia, Salix spp., Prunus capuli*). Algunas especies leñosas nunca pierden todas sus hojas (*Dodonea viscosa, Wigandia spp., Schinus molle, Buddleia americana,* coniferales); otras arbustivas se reducen a tal grado que deben clasificarse dentro de las caméfitas.

La pérdida de las hojas no es característica exclusiva del ligmentum. ya que también ocurre en los dos representantes de mayor importancia del crassicauletum (*Senecio praecox y Sedum oxypetalum*). En realidad las únicas suculentas siempre verdes son las escasas cactáceas, *Agave spp. y Echeveria spp.* Las demás especies consideradas en el grupo crassicauletum pasan la sequía como criptófitas o hemicriptófitas (*Talinum spp. Portulaca mexicana, Villadia spp.*, etc.).

Una cosa semejante ocurre con el graminoidetum. La impregnación silícea por sí misma no constituye probablemente una defensa suficiente contra la transpiración tan intensa, pues la gran mayoría de las gramíneas y ciperáceas se comportan como terófitas, criptófitas o hemicriptófitas. Sólo unas pocas especies (*Muhlenbergia robusta, M. macroura, Stipa ichu*, etc.) están activas durante todo el año.

La mayoría de las representantes del herbetum afrontan las condiciones adversas de la temporada de sequía en forma de hemicriptófitas, criptófitas y terófitas. Existen, sin embargo, hierbas que realizan sus funciones vegetativas durante una parte o a veces la temporada seca entera. Estas son más bien escasas y viven en sitios muy bien protegidos o bien se valen de dispositivos y mecanismos especiales que disminuyen la transpiración. Así el helecho *Cheilanthes lendigera* reduce sus superficie foliar gracias al tamaño de sus pínulas (= 1 mm de diámetro), además se recubre de pelos protectores y a menudo enrolla toda la fronda alrededor del estipe. La epifita *Tillandsia recurvata* tiene sus hojas llenas de escamas y en su crecimiento tiende a adquirir forma esférica, con el mismo efecto, etc.

C. Fenología.

La intervención de las diferentes especies en los fenómenos periódicos de la vegetación del Pedregal fue objeto de una descripción bastante detallada de Reiche (1914, 1923) a cuyas publicaciones se remite al lector interesado. Los renglones siguientes solo se refieren a fenómenos fenológicos más sobresalientes y generalizados.

El periodo vegetativo empieza normalmente a fines de mayo, y durante junio, julio y agosto va en aumento el número de especies que reanudan su desarrollo así como el volumen total de la vegetación y la cantidad de organismos en reproducción. Septiembre y octubre presentan el máximo de formas en flor y fruto, pero en este último mes ya decrece bastante la intensidad de la fotosíntesis. En noviembre, diciembre y enero todavía se reproducen muchas especies, a pesar de que la actividad vegetativa se

restringe prácticamente a las leñosas y suculentas. Febrero, marzo, abril y mayo se caracterizan por un número muy reducido de formas activas en general, aunque la reproducción de casi todos los árboles y de muchos arbustos de talla elevada coincide precisamente con ésta época.

COMUNIDADES VEGETALES

A. Consideraciones generales.

La vegetación del Pedregal de San Angel dista mucho de ser uniforme. Las condiciones del clima y del sustrato varían de un lugar a otro y estas variaciones tienen que reflejarse en la existencia de comunidades vegetales diferentes.

Cada una de tales comunidades se distingue principalmente por una o varias especies dominantes, y por lo general por otras especies subordinadas características, que le presentan una individualidad propia. Aunque algunas veces dos comunidades diferentes se separan entre sí mediante un límite preciso y claramente definido, lo más común es que entre ellas existan zonas de transición de composición mixta, llamadas ecotonías.

Otro grupo de ecotonías son las que pueden encontrarse en los bordes de la corriente de lava. En estos sitios el aporte del suelo es mayor y en consecuencia su vegetación es algo diferente y generalmente se asemeja en cierto grado a los de los sitios vecinos no cubiertos con lava.

El territorio del Pedregal puede ser dividido en dos tipos fisonómicos o formaciones: fruticetum y arboretum.

El fruticetum o sea la zona caracterizada por el predominio de especies arbustivas ocupa más o menos las tres cuartas partes del área total y habita los lugares cubiertos por una capa de lava de grosor apreciable, con suelo escaso y situados entre los 2,240 mts. y los 2,800 mts. Comprende fundamentalmente dos comunidades: Senecionetum praecosis y Quercetum rugosae fruticosum.

El arboretum habita como regla general los terrenos por encima de la cota de los 2,800 m y por debajo de ella solo cubre los sitios con mayor cantidad de suelo. Las principales comunidades que le componen son: Quercetum centralis lavosum, Quercetum rugoseae crassipedis, Pinetum hartwegii, Pinetum teocote, Abietum religiosae, Alnetum firmifoliae y Quercetum centralis tofosum.

Como puede observarse en el mapa adjunto la distribución de las comunidades, aunque guarda una relación estrecha con la altitud, no depende exclusivamente de ella, puesto que en ocasiones la variabilidad del sustrato y el grado sucesional adquieren gran importancia. En tal virtud la zona establecida no puede considerarse como de tipo estrictamente altitudinal y parece prescindir del término piso de vegetación, del que se hará uso sólo al discutir las relaciones con la vegetación circundante.

B. Descripción de las comunidades

Las descripciones comprenderán: 1° situación y condiciones; 2° estructura; 3° características fisonómico-florísticas; 4° subdivisiones. Los inventarios florísticos, así como las especies representativas de cada comunidad desde el punto de vista de la fidelidad, se reúnen en los cuadros que pueden encontrarse al final de éste capítulo.

1. Asociación Senecionetum praecosis.

a. Situación y condiciones.- Es la comunidad vegetal más extendida y característica del Pedregal. Ocupa toda su porción baja y en forma algo modificada se eleva muchas veces hasta los 2,500 o más metros, alternando ó mezclándose con Quercetum rugoseae fruticosum y Quercetum centralis lavosum. La lava cordada puede considerarse como substrato típico aunque no exclusivo. Los valores de precipitación anual y temperatura media anual varían entre 700 y 950 mm y 14 y 15° respectivamente.

b. Estructura.- La asociación está constituída por un matorral abierto de estructura muy heterogénea, presentando grandes diferencias en su composición florística.

	Núm. de especies	*Ph*	*Ch*	*H*	*Cr*	*Th*
Senecionetum praecocis	319	11	7	38	21	23
Pedregal de San Angel	538	14	9	35	22	20

Están muy bien representados los estratos arbustivo, herbáceo y rasante, no habiendo estrato arbóreo verdadero. El espectro biológico de la comunidad se caracteriza por escasez acentuada de formas elevadas resistentes (18%) y abundancia de elementos herbáceos, particularmente terófitas. Estas proporciones se reflejan bien en la fisonomía de la comunidad.

Las interrelaciones entre los diferentes estratos e individuos son de poca importancia. Con excepción tal vez de algunas trepadoras y de la epifita no se observa una dependencia clara, siendo preferentemente las condiciones físicas del substrato las que determinan la distribución de las especies.

c. Características fisonómico-florísticas.- La especie dominante y más típica del estrato arbustivo es *Senecio praecox* llamado vulgarmente "Palo loco". Este es un arbusto hasta de 3 m de alto con sus tallos fuertemente engrosados, adaptados para almacenar grandes cantidades de agua, muy flexibles y fáciles de romper por el escaso desarrollo de tejidos de sostén. Carece de corteza propiamente dicha, pues se halla reducida a una cutícula de color gris claro y algo brillante. El palo loco pierde sus grandes hojas palmatífidas en los últimos meses del año, siendo entonces cuando presenta aspecto muy característico. Se recubre de flores en febrero y marzo, pero hasta mayo no empiezan a desarrollarse las hojas. Su sistema radical es de muy poca extensión, por lo que la planta es capaz de crecer en sitios donde apenas hay suelo, preferentemente en lugares muy irregulares de la superficie de la lava.

Otra especie típica de la asociación es *Schinus molle* o Pirú, que acompaña al palo loco en una gran parte de su extensión. Es una planta perennifolia, normalmente de talla y forma arbórea, pero en el Pedregal la mayor parte de los individuos alcanzan más bien un desarrollo arbustivo, debido a la escasez de suelo. El pirú es un colonizador relativamente moderno, fue introducido a México en el siglo XVI procedente del Perú, y desde aquella época se ha extendido espontáneamente en una gran parte del país. Es difícil decir ahora cuándo se inició su propagación en el Pedregal, pero al parecer prosigue su expansión y es posible que dentro de algún tiempo llegará a desplazar a *Senecio praecox* de su condición de dominancia.

Además de éstas formas principales existe un gran número de otros elementos arbustivos y hasta semiarbóreos, pero por lo general restringidos sólo a porciones topográficamente limitadas del Senecionetum. Entre los más frecuentes deben mencionarse: *Opuntia tomentosa, O. lasiacantha, Agave ferox, Eysenhardtia polystachya, Stevia salicifolia, Wigandia kunthii, W. caracasana, Sedum oxypetalum, Cassia laevigata, Verbesina virgata, Montanoa tomentosa, Dodonaea viscosa, Senecio salignus, Iresine cassiniaeformis, Buddleia americana.* La mayor parte de estos arbustos de talla generalmente superior a un metro, al igual que *Schinus molle* arraigan de manera preferente en grietas angostas rellenas de una capa algo profunda de suelo; otros en cambio (*Montanoa, Iresine*) colonizan sitios menos iluminados en los fondos de las depresiones, mientras que *Sedum oxypetalum* y *Wigandia* ocupan un habitat análogo al del palo loco.

En el estrato herbáceo tienen un papel preponderante varias especies de gramíneas. La más conspicua es *Muhlenbergia robusta*, una caméfita de talla hasta de 2 m Otras gramíneas frecuentes pero de menor constancia son: *Muhlenbergia rígida, M. implicata, Aegopogon cenchroides, A. tenellus, Andropogon hirtiflorus* var. *feensis, Aristida apressa, A. laxa, Stypa virescens, Bouteloua*

gracilis, Panicum bulbosum, Setaria geniculata, Trachypogon montufari, Tripsacum lanceolatum. Todas estas formas buscan lugares expuestos a la radiación solar alcanzando su mayor densidad en las capas de suelo delgado sobre la superficie de lava cordada. Otro grupo de componentes del estrato herbáceo son varios frútices enanos como *Plumbago pulchella, Brickellia veronicaefolia, Asclepias linaria, Bouvardia ternifolia, Opuntia tunicata, Baccharis ramulosa*, etc. El componente más numeroso en especies es el verdadero herbetum que puede dividirse en dos subgrupos: El de las hierbas erguidas y el de las hierbas trepadoras. El número de formas herbáceas erguidas es muy elevado, pero sólo una escasa parte de ellas alcanza un grado de constancia apreciable. A continuación se ennumeran las más frecuentes: *Notholaena bonariensis, Cheilanthes lendigera, C. myriophylla, Echeandia reflexa, Calochortus barbatus, Milla biflora, Zinnia multiflora, Tagetes peduncularis, Commelina coelestis, Salvia amarissima, Cyperus sesleriodes, C. esculentus, Begonia gracilis, Piqueria trinervia, Priva mexicana, Tradescantia crassifolia, Florestina pedata, Loeselia mexicana*. Las primeras tres especies de helechos acompañan en su habitat a *Senecio praecox*, y las demás formas mencionadas prosperan principalmente en grietas y pequeños bolsones de suelo sobre la superficie de la lava.

El biotipo de las hierbas trepadoras está muy abundantemente representado en la comunidad, tanto en número de especies como en número de individuos y en grado de cobertura. Los representantes más comunes son: *Ipomoea hirsutula, I. longipedunculata, Quamoclit coccinea, Cynanchum kunthii, Gonolobus uniflorus, Cardioespermum halicacabum, Discorea galeottiana, Cissus sicyodes, Cyclanthera pringlei, Cologania biloba*, etc.. Este conjunto ocupa dos habitats diferentes: O bien se enredan entre los arbustos y hierbas erguidas, o bien recubren las paredes verticales o inclinadas de las grietas y depresiones.

El estrato restante es muy variable en su composición florística, presentando además diferencias de acuerdo con la naturaleza y situación del sustrato. La superficie desnuda de lava está cubierta algunas veces, particularmente en las caras de exposición norte, por líquenes crustáceos, entre los cuales se pueden observar representantes de los siguientes géneros: *Buellia, Lecanora, Candelariella, Lecidea*. En los sitios donde existe una delgada capa de suelo pueden encontrarse líquenes foliáceos, principalmente *Parmelia digitulata* y rara vez una que otra especie del grupo de los musgos. En lugares con condiciones suficientes para la vida de plantas vasculares, el estrato está por lo general muy bien desarrollado. Las formas más fáciles de observar son las siguientes: *Selaginella lepidophylla, S. rupestris, Tagetes micrantha, Evolvulus alsinodes, Europhorbia adenoptera, E. prostrata, Erythraea quintensis, Desmodium neomexicanum, Phaseolus heterophyllus rotundifolius*. En cavidades profundas y en general en sitios muy sombríos es frecuente encontrar sobre el suelo *Marchantia* así como otras hepáticas y musgos.

Finalmente el epiphytetum está representado por la bromileácea *Tillandsia recurvata* cuya densidad sobre las ramas de *Senecio praecox* a veces llega a ser considerable.

d. Subdivisiones.- Como ya se mencionó el *Seneciocionetum praecocis* es una asociación extremadamente heterogénea en su composición. Por falta de datos cuantitativos no es posible establecer hoy una delimitación precisa de las diferentes subasociaciones o facies que habría que distinguir. Se señalará solamente algunas de las más características y fáciles de definir.

En el borde este del Pedregal y principalmente en el rincón noreste situado en la proximidad de los pueblos de Los Reyes, La Candelaria y San Pablo, crece sobre la lava un grupo de especies que no se encuentra en ninguna otra porción del área en estudio. Son éstas: *Talinum paniculatum, Passiflora subpeltata, Mandevilla foliosa, Sida glabra, Ruellia bourgaei, R. speciosa* y muchas otras. El solo hecho de la proximidad de las habitaciones humanas no explica satisfactoriamente la presencia de todos estos elementos; ella se debe más probablemente a la disminución del espesor de la lava y a la

escasa profundidad de agua freática que, como es bien sabido, brota en forma de manantiales en los mencionados pueblos.

El *Senecionetum praecocis* situado en los alrededores del cerro Zacatepec también se aleja bastante en estructura y composición de su expresión típica. Son característicos de éstos lugares: *Eysenhardtia polystachya, Nocca rigida, Calliandra grandiflora, Senecio cardiophyllus, Agave sessiliflora, Trixis longifolia*, etc. Tal variación se debe a la cercanía de los cerros Zacatepec y Zacayuca, que se traduce en un mayor aporte de suelo, semillas y materia orgánica en general. Otra facies distinta de la asociación es la que se sustenta en unas angostas corrientes de lava de condiciones aparentemente diferentes. Presentan una superficie sumamente rugosa y muchas veces se pueden encontrar trozos sueltos de tamaño variable. La cantidad de suelo acumulado al parecer es pequeña y la vegetación muy pobre. *Senecio praecox*, los helechos *Notholaena bonariensis, Cheilanthes myriophylla, C. lendigera* y algunos líquenes son los escasos colonizadores de este sustrato. Las citadas lenguas de lava pueden encontrarse principalmente en los alrededores de los cerros Zacatepec y Zacayuca, así como al oeste y al norte de ellos. La significación de esta facies será discutida en la parte correspondiente a la singenética de la vegetación del Pedregal.

2. Asociación *Quercetum rugoseae fruticosum.*

a. Situación y condiciones.- Esta comunidad ocupa una zona delimitada aproximadamente por las cotas de 2,500 y de 2,800 mts., siempre y cuando el substrato esté formado por espesor grueso de lava y con suelo escaso. La precipitación anual oscila entre 950 y 1,250 mm. y la temperatura media anual entre 12 y 14 °.

b. Estructura.- Igual que en la comunidad anterior no hay estrato arbóreo, estando bien presentados los tres estratos inferiores. No obstante ser una asociación bien definida el Quercetum rugosae fruticosum presenta un típico gradiente altitudinal, faltando varios de sus elementos en la parte baja y otros más en la más alta. La diversidad de habitats es mucho menos marcada que en la comunidad anterior. Este hecho se debe a la forma de la superficie de la lava que es en general la rugosa.

El espectro biológico ofrece los siguientes valores: (ver cuadro de abajo).

y se caracteriza por una mayor proporción de formas con tallos resistentes (27%). La relación un poco anormal entre hemicriptófitas y criptófitas tal vez se debe a la competencia fuerte de raíces de arbustos, relacionada con la escasez de suelo.

Mucho más pobre en especies, el Quercetum rugosae fruticosum presenta un aspecto mucho más homogéneo que el Senecionetum praecosis. A la sombra de arbustos, en forma casi constante, hay algunas especies herbáceas en actividad fotosintética, protegidas de tal manera de la acción desecadora del sol y del viento. Esta agrupación preferente de muchos individuos en torno del arbusto, señala un grado superior de interrelaciones dentro de la comunidad, que consiste en una dependencia más estrecha entre unas y otras especies.

	Núm. de especies	*Ph*	*Ch*	*H*	*Cr*	*Th*
Quercetum rugosae fruticosum	166	14	13	28	26	19
Pedregal de San Angel	538	14	9	35	22	20

c. Características fisonómico-florísticas.- La especie dominante es *Quercus rugosa*, encino que en condiciones normales se comporta como árbol alcanzando una talla hasta de 20 m, pero al desarrollarse sobre la lava no pasa de un porte arbustivo. Se ramifica casi desde la base y por lo general no excede de 3 m de altura. Sus hojas son muy gruesas y rugosas.

Además de *Quercus rugosa* son casi constantes otros dos arbustos: *Eupatorium glabratum y Baccharis conferta*. Menos frecuentes son también formas arbustivas de *Querecus mexicana, Q. crassipes, Q. centralis y Buddleia americana*. El estrato herbáceo está compuesto por: *Lamourouxia rhinanthifolia, senecio stoechadiformis, Gnaphalium spp., Prionosciadium thapsoides, Arracacia tolucensis* var. *multifida, Cosmos parviflorus, Begonia gracilis, Dahlia Merckii, Calochortus barbatus, Castilleja tenuiflora, Pentstemon campanulatus, Bouvardia ternifolia, Ageratum corymbosum, Helianthemum glomerantum, Tagetes tenuifolia, Oxalis Pringlei, Salvia mexicana, Phaseolus obvallatus, Notholaena bonarensis*, etc. Las gramíneas son menos abundantes, entre ellas destacan *Muhlenbergia robusta y Stipa virescens*.

En el estrato rasante, además de unas cuantas especies de líquenes y musgos, son frecuentes: *Polypodium thyssanolepis, Selaginella rupestris, Tagetes micrantha, Muhlenbergia ramulosa, M. confusa, Drymaria cordata, Peperomia umbilicata*.

Las trepadoras y epifitas son más bien raras.

d. Subdivisiones.- Las ecotonías o zonas de transición entre el Quercetum rugosae fruticosum y el Senecionetum praecosis por una parte, y las asociaciones arbóreas por la otra, son a menudo bastante amplias, pudiéndose observar extensas áreas donde los *Quercus* se mezclan con *Senecio* y sus afines, así como otras en la parte alta donde conviven con *Pinus, Arbutus y Fourcraea*.

3. Asociación *Quercetum centralis lavosum*.

a. Situación y condiciones.- El bosque de *Quercus centralis* ocupa un área irregular situada al oeste del cerro Zacayuca, del cerro Zacatepec y de otras elevaciones de menor importancia que se encuentran rodeando al poblado de Tlalpan por el lado poniente. Los límites altitudinales de la comunidad son los 2,350 y 2,650 m, por tanto le corresponden los siguientes valores aproximados de precipitación y temperatura media anual: 850 a 1,100 mm y 13 a 15°. La existencia de esta comunidad en terrenos rodeados por matorrales de palo loco y encino tiene su base unas veces en la mayor cantidad de suelo disponible sobre la superficie de la lava, y en otros casos en el escaso espesor de la cubierta basáltica.

b. Estructura.- Por orden altitudinal es la primera comunidad arbórea en el Pedregal y representa un grado superior en su desarrollo y organización. La existencia de un estrato de árboles determina que los estratos inferiores tengan que adaptarse a condiciones diferentes, y aun cuando hay todavía bastantes especies heliófilas típicas más bien de los matorrales, son abundantes las esciófilas que se agrupan principalmente en derredor y a la sombra de los árboles.

La composición del espectro biológico es semejante a la del *Senecionetum praecocis*. La proporción irregular entre hemicriptófitas y criptófitas posiblemente tiene una causa semejante a la de la asociación anterior.

	Núm. de especies	*Ph*	*Ch*	*H*	*Cr*	*Th*
Quercetum centralis lavosum	169	11	9	30	28	22
Pedregal de San Angel	538	14	9	35	22	20

c. Características fisonómico-florísticas.- La especie dominante la constituye un árbol de unos 10 m de altura, pero que en condiciones del Pedregal rara vez ofrece este tamaño, pues oscila alrededor de los 6m. Como especie, *Quercus centralis* es muy variable, sobre todo en lo tocante a la forma y dimensión de sus hojas, hecho que dificulta mucho su reconocimiento en el campo. Otros encinos existentes a veces en la asociación son: *Q. pulchella, Q. mexicana, Q. rugosa, Q. crassipes*, como el anterior, árboles bajos todos ellos. La densidad del bosque llega a ser apreciable.

Entre los arbustos destacan: *Verbesina virgata, Eupatorium glabratum, Stevia subpubescens*, más escasos *Baccharis conferta, Agave ferox.*

Es muy abundante la gramínea *Muhlenbergia robusta* a la que acompañan otras como: *M. rigida, Stipa virescens, Aristida laxa, Brachypodium mexicanum, Festuca myuros, Aegopogon tenellus, Panicum bulbosum*, etc. Además de estas especies el estrato herbáceo está compuesto de: *Notholaena bonariensis, N. nivea, Cheilanthes lendigera, Pellaea cordata, P. ternifolia, Bourvadia ternifolia, Lamourouxia multifida, Gnaphalium Wrightii, Indigofera densiflora, Pentstemon campanulatus, Commelina coelestis, Cosmos bipinnatus, Helianthemum glomeratum, Salvia mexicana, Galium mexicanum, Villadia Batesii, Stevia spp., Valeriana spp.*, y muchas otras. De las trepadoras destacan *Dioscorea galeottina, Ipomoea longipedunculata, Cardiospermum halicacabum, Desmodium spp.*

El estrato rasante está poco desarrollado por la gran cantidad de hojas de encino que cubren el suelo. Sobre la parte rocosa abundan líquenes y musgos, así como *Selaginella lepidophylla, Peperomia umbilicata, Polypodium thyssanolepis* y otros helechos.

El epiphytetum es poco abundante. Sólo raras veces se puede encontrar *Tillandsia recurvata*, en otras ocasiones *Polypodium plebejum y P. thyssanolepis*; sobre la corteza vertical de los árboles prosperan los líquenes.

Con frecuencia se suele encontrar *Conopholis americana*, parásito de raíces de encino.

4. Asociación *Quercetum rugosae crassipedis.*

a. Situación y condiciones.- Habita en una extensión reducida en la región sureste del Pedregal, que corresponde a lo que fue, probablemente, la más antigua de las corrientes de la época del Xitle. La inclinación es fuerte, el grosor de la lava más bien modesto y la cantidad de suelo acumulado considerable.

Sus extremos altitudinales son las cotas 2,500 y 2,900 m. La precipitación es entre los 950 y 1,350 mm y la temperatura media entre 12 y 14°.

b. Estructura.- Esta es la más conspicua de las 6 comunidades principales del Pedregal. El grado de cobertura del estrato arbóreo es muy alto y la densidad es el orden de un bosque medianamente cerrado.

La asociación presenta un grado bastante alto de interrelaciones entre los diferentes estratos y especies. Tanto la distribución de los arbustos como de las hierbas está relacionada con la de las formas arbóreas y depende en gran parte de ella. Un fuerte desarrollo del epiphytetum, de plantas trepadoras y la presencia de un parásito son otros ejemplos de las complejas relaciones sociológicas.

El espectro biológico presenta los siguientes valores:

	Núm. de especies	*Ph*	*Ch*	*H*	*Cr*	*Th*
Quercetum rugosae crassipedis	126	22	9	32	20	17
Pedregal de San Angel	538	14	9	35	22	20

Su rasgo más sobresaliente lo constituye la abundancia relativa de fanerófitas que han aumentado a expensas de todos los grupos herbáceos. Es muy probable que este espectro sea el que más se asemeje al de los bosques de las laderas del Valle de México y a los encinares de la parte central del país en general.

c. Características fisonómico-florísticas.- Ambas dominantes (*Quercus rugosa y Q. crassipes*) son árboles de talla regular (6 a 10 m de altura). Otras especies arbóreas presentes son: *Pinus rudis, Arbutus xalapensis, en menor proporción Cupressus lindleyi y Alnus firmifolia.*

El estrato arbustivo tiene un desarrollo mucho menor. *Eupatorium glabratum, Stevia rhombifolia, Baccharis conferta, Sedum oxypelatum, Fourcraea Bedinghausii* son las más abundantes.

El estrato herbáceo en cambio está muy bien presentado, tanto por lo que respecta a su grado de cobertura como al número de especies. Los elementos más comunes son: *Salvia lavanduloides, Claea peduncularis, Geranium latum, Dalea lasiostachya, D. uncifera, Apium leptophyllum, Salvia mexicana, Begonia gracilis, Penstemon campanulatus, Bouvardia ternifolia, Notholaena bonariensis, N. nivea, Pellaea ternifolia, Gnaphalium spp., Stevia spp., Castilleja tenuiflora, Senecio cardiophyllus, Lamourouxia multifida*, etc. Las gramíneas en general son de menor importancia; destacan *Deschampsia pringlei, Festuca myuros, Brachypodium mexicanum, Trisetum deyeuxioides, Muhlenbergia robusta, M. glabrata.*

El epiphytetum está restringido a la parte sombreada de los árboles y arbustos. Aunque los más típicos son *Polypodium plebejum, Pleopeltis lanceolata, Usnea spp.*, así como otros líquenes y musgos, no es raro encontrar creciendo en bifurcaciones de encinos a *Senecio praecox, Sedum oxypetalum*, o alguna otra especie, cuyo hábitat normal es el terrestre.

Conopholis americana, que vive sobre las raíces de los encinos, representa el paraphytetum.

El estrato rasante está dominado por líquenes y musgos de numerosas especies; entre las plantas vasculares destacan *Alchemilla procumbens, Arenaria spp., Peperomia umbilicata, Asplenium monanthes*, etc.

5. Asociación Pinetum Hartwegii.

a. Situación y condiciones.- Su forma típica es una extensión limitada, localizada al sur y sureste del cráter del Xitle, a una altitud de más o menos 3,000 m, a la que corresponde aproximadamente una precipitación de 1,450 mm y una temperatura media de 11°. La lava es típicamente rugosa. La cantidad de suelo es un poco mayor a la de las comunidades arbustivas.

Las ecotonías del Pinetum Hartwegii ocupan una superficie más amplia que la misma forma típica. Son especialmente extendidas las facies mixtas con Quercetum rugosae fruticosum y con Quercetum rugosae crassipedis.

b. Estructura.- La comunidad (sensu stricto) es florísticamente pobre y al parecer presenta pocas interrelaciones entre sus componentes. La dominancia de *Pinus Hartwegii* se convierte casi en una exclusividad. No hay estrato arbustivo y el herbáceo apenas tiene importancia.

	Núm. de especies	*Ph*	*Ch*	*H*	*Cr*	*Th*
Pinetum Hartwegii (s. s.)	45	7	18	38	24	13
Pedregal de San Angel	538	14	9	35	22	20

	Núm. de especies	*Ph*	*Ch*	*H*	*Cr*	*Th*
Pinetum Hartwegii (s. l.)	114	14	11	33	23	19
Pedregal de San Angel	538	14	9	35	22	20

El espectro biológico presenta como característica la escasez de fanerófitas y abundancia relativa de caméfitas, por lo cual ofrece cierta semejanza con el de la vegetación de los últimos pisos arbóreos subalpinos, pero a la vez los porcentajes elevados de criptófitas y terófitas hacen recordar la falta característica de suelo.

El Pinetum Hartwegii en sentido amplio presenta un espectro biológico, que es casi idéntico con el del espectro del Pedregal entero: (Cuadro anterior).

Es factible que esta analogía no sea debida a una mera coincidencia.

c. Características fisonómico-florísticas.- La descripción siguiente se refiere a la forma típica de la comunidad.

La especie dominante es un árbol que, en condiciones del Pedregal alcanza generalmente 5 a 8 m de altura. La densidad es la de un bosque moderadamente cerrado, aunque en muchos lugares es menor por causa de la tala. Como puede observarse en los sitios mejor conservados, no hay ninguna especie arbórea ni arbustiva acompañante.

El estrato herbáceo está dominado por las gramíneas, de las que las más conspicuas y frecuentes son: *Muhlenbergia macroura, M. montana, Stipa ichu, Deschampsia pringlei, Festuca rosei.* La dicotiledónea más abundante es *Penstemon campanulatus*, en menor número se encuentran *Cerastium spp., Eryngium spp., Begonia gracilis, Villadia batesii, Oxalis spp.*, y unas cuantas más.

El estrato rasante presenta una mayor diversidad de especies, pues además de líquenes y musgos son frecuentes las siguientes: *Arenaria spp., Lobelia spp., Bidens anthemoides, Alchemilla procumbens, Peperomia umbilicata, Tagetes micrantha, Nemastylis tenuis, Trifolium amabile*, etc.

No hay trepadoras y las únicas epifitas están representadas por líquenes y musgos que cubren la corteza de los pinos.

d. Subdivisiones.- A diferencia de este pinar característico, existen en su proximidad otros pinares vecinos en cuya composición interviene un mayor número de especies y en los que muchas veces dominan también Pinus hartwegii (o *P. rudis*). No es intención de esta reseña multiplicar la cifra de las comunidades, y como pinares presentan características mixtas de Pinetum hartwegii y otras asociaciones, se considerarán como ecotonías, no obstante que su extensión sea superior a la del área típica.

La facies mixta de Pinetum hartwegii y Quercetum rugosae fruticosum ocupa una amplia zona al noreste del cráter del Xitle. Los pinos, por lo general, son más bajos y delgados, mientras que los encinos se ven más altos y robustos y adquieren un mayor porte arbóreo. Son típicos de esta zona *Fourcraea bedinghausii y Arbutus xalapensis*, que parecen buscar precisamente los sitios de vegetación mixta, donde alcanzan sus valores máximos de densidad.

Al sureste del cerro Conejo se extiende la facies mixta de Pinetum hartwegii y Quercetum rugosae crassipedis. Es digno de mención que caminando en dirección oeste-este, primero hace aparición *Quercus crasiipes* y sólo después se le una *Q. rugosa*. También aquí hace acto de presencia el madroño, *Arbutus xalapensis*. Es interesante notar el hecho de que los ejemplares de pino colectados cerca del límite inferior de su área de distribución parecen coincidir mejor con los caracteres de *Pinus rudis*, mientras que los recogidos en lugares topográfica y

altitudinalmente intermedios presentan también caracteres intermedios entre las dos especies (*P. hartwegii y P. rudis*). Faltan datos suficientes para sacar alguna conclusión de orden genético o taxonómico, pero tal vez esta observación sea de utilidad algún día para aclarar las relaciones entre estas formas próximas del género *Pinus*.

Las ecotonías entre el Pinetum hartwegii y Pinetum teocote por un lado y las entre Pinetum hartwegii y Alnetum firmifoliae por el otro, coinciden en la mayor parte de los casos con lugares donde las actividades del hombre han intervenido hasta el grado de que actualmente es difícil darse cuenta de la composición primitiva de la vegetación.

6. Asociación Pinetum teocote.

a. Situación y condiciones.- Se extiende en la parte suroeste del lóbulo sur del Pedregal, a una elevación aproximada de 2,800 a 3,000 m. La precipitación es del orden de los 1,250 a 1,450 mm y la temperatura media de 11 a 12°. La lava es de cráter mixto, unas veces cordada y otras rugosa, la cantidad de suelo aproximadamente igual a la de la asociación anterior.

b. Estructura.- Se asemeja en cierto grado a la de Pinetum hartwegii típico, aunque forman parte de la comunidad un número mayor de especies y es muy heterogéneo. Las interrelaciones algunas veces son complejas, habiendo una dependencia clara entre los diferentes estratos.

El espectro biológico se distingue por la disminución del número de terófitas, cuyo relativo déficit está compensado por el porcentaje aumentado de caméfitas. Las condiciones de humedad y de temperatura podrían ser consideradas como causantes de estas proporciones.

c. Características fisonómico-florísticas.- La especie dominante es un árbol de más o menos 7 m de altura. La densidad de los individuos es algo irregular, en muchos casos tal vez debido a la intervención humana. *Pinus montezumae, Alnus firmifolia, Arbutus xalapensis, Abies religiosa, Quercus rugosa, Q. bourgaei, Q. lanceolata y Q. crassipes* son otras especies arbóreas que, sin constancia, pueden acompañar a *Pinus teocote*.

El estrato arbustivo es muy variable en cuanto a su densidad; en él intervienen numerosas especies, entre las más comunes se encuentran *Buddleia microphylla, Salix cana, Ribes pringlei, Eupatorium glabratum, Baccharis conferta*.

Al igual que en la comunidad precedente, las gramíneas juegan un papel importante en el estrato herbáceo, y en las extensiones taladas constituyen la vegetación dominante. Existen principalmente *Muhlenbergia macroura, Stipa ichu, S. virescens, Festuca rosei, Agrostis schaffneri*. Especies igualmente frecuentes del estrato herbáceo son: *Eryngium spp., Conyza erythrolaena, Penstemon campanulatus, Hedeoma piperitum, Valeriana denudata, Hieracium comatum, Commelina coelestis, Pinguicula caudta, Montia mexicana, Lepechinia caulescens, Piqueria trinervia, Potentilia candicans, Stevia spp.*, etc.

Del estrato rasante forman parte *Asplenium monanthes, Alchemilla procumbens, Phacelia platycarpa, Lobelia spp., Peperomia umbilicata, Arenaria spp.*, así como varias especies de musgos y líquenes.

El epiphytetum está representado, además de los dos grupos mencionados, por algunos helechos que crecen sobre los escasos

	Núm. de especies	*Ph*	*Ch*	*H*	*Cr*	*Th*
Pinetum teocote	158	14	13	37	22	14
Pedregal de San Angel	538	14	9	35	22	20

encinos y por *Tillandsia Benthamiana*, una bromeliácea conspicua, pero no muy frecuente.

d. Subdivisiones.- La comunidad es bastante heterogénea, y así existe una gran extensión en donde el único árbol es la especie dominante, y los arbustos son escasos; pero en lugares próximos al borde oeste del Pedregal, donde disminuye el espesor de la lava aparecen *Pinus Montezumae, Abies religiosa* y otros elementos leñosos. Hacia el norte la asociación se mezcla con el Quecetum, dando lugar a una ecotonía con abundante *Fourcraea Bedinghausii*. Finalmente, sobre un terreno poco inclinado, situado al norte del Xitle, predominan las gramíneas (*Muhlen-bergia macroura* y otras), estando los árboles muy diseminados; se trata probablemente de un Pinetum destruído por la tala, cuyo restablecimiento es imposibilitado por los frecuentes incendios.

Cerca del borde occidental del Pinetum teocote y del Pedregal, en general, está situado el cauce del Río Eslava. Las orillas de este arroyo se hallan revestidas de una vegetación mucho más mesófita y cuyos elementos son propios más bien del Alnetum firmifoliae y Abietum religiosae. Pueden verse, p. e.: *Senecio barba-Johannis, Salvia cardinalis, Brickellia pendula, Baccharis sordescens, Salix Bonplandiana, Plantago hirtella, Ranunculus petiolaris* var. *Hookeri, Trisetum Virletii*, etc.

7. Otras asociaciones.

Se describirán a continuación, brevemente, otras comunidades florísticas espontáneas, bien de área muy limitada, o bien restringidas a sitios no cubiertos por lava.

a. Abietum religiosae.- Existe exclusivamente en las laderas internas expuestas al norte de los cráteres Xitle y Xitle Chico. Estos dos lugares, gracias a su situación, están eficazmente protegidos contra la acción desecadora de los vientos. La comunidad tiene algunas especies características, como p. e.: *Senecio barba-Johannis, S. tolucanus, S. sanguisorbe, Thelypodium pallidum, Brachycome xanthocomoides, Sibthorpia pichinchensis, Plecosurus speciosissimus, Gentiana amarella* var. *acuta*, etc., además de otros elementos propios también de distintas asociaciones.

b. Alnetum firmifoliae.- Es el bosque que ocupa los sitios desprovistos de capa basáltica en la parte alta del Pedregal. Cubre casi toda la ladera externa del Xitle, las laderas del cerro Conejo, otras elevaciones cercanas y probablemente cubría una gran parte de los terrenos hoy cultivados en toda esa región. En su composición intervienen muchas especies características, de las que se enumeran sólo algunas: *Fuchsia thymifolia, Symphoricarpos microphyllus, Salvia elegans, Cirsium pinetorum, Pernettya ciliaris, Solanum Cervantesii, Brickellia pendula, Archibaccaris glandulosa, Siegesbeckia orientalis*, etc. Las formas arbóreas acompañantes son *Arbutus xalapensis, Pinus teocote, P. leiophylla, Quercus lanceolata, Q. laurina, Q. rugosa, Salix cana, Clethra mexicana*.

c. Quercetum centralis tofosum. Es la comunidad que ocupa actualmente una parte del cerro Zacatepec, así como otros terrenos en la proximidad de los cerros Zacatepec y Zacayuca. Antes de la intervención del hombre se extendía probablemente en todos los lugares no cubiertos por lava en la parte intermedia del Pedregal. Hoy muchos de estos terrenos sirven como tierras laborales, otros han sufrido una tala casi completa y actualmente son objeto de reforestación artificial.

Son muy pocos los lugares dentro del área del Pedregal donde el Quercetum centralis tofosum se conserva intacto, y las observaciones que se logró reunir no son suficientes para decidir si se trata de una unidad sociológica aparte o es que el Quercetum centralis lavosum y el Quercetum centralis tofosum sólo son facies de la misma asociación. De cualquier modo parece conveniente conservar los dos nombres para señalar que una se desarrolla sobre lava y la otra no.

El Quercetum centralis tofosum es desde luego de estructura más compleja. Son características las siguientes especies: *Erythrina setosa, Sprekelia formosissima,*

Polygala scoparia, P. compacta, Senecio Roldana, Actinomeris tetraptera, Briza rotundata, Pellaea Arsenii, Gentiana spathacea, etc.

d. Finalmente podría hacerse mención de unas asociaciones hidrofíticas de extensión muy restringida que se limitan a unos pequeños charcos que se forman p. e. cerca del borde oriental del Pedregal en lugares donde el espesor de lava se hace delgado y el agua freática llega a alcanzar la superficie. Su composición florística es muy simple: *Hydrocotyle verticillata, Ranunculus dichotomus, Agrostis semiverticillata, Marsilia mexicana, Polygonum hydropiperoides, P. punctatum* y pocas especies más.

Cuadro sintético de las principales comunidades vegetales que habitan las lavas del Pedregal de San Angel.

Asociación	Especies características	Situación	Suelo	Altitud en m	Precipitación en mm	Temperatura media anual	Interrelaciones dentro de la comunidad
FRUTICETUM Senecionetum praecocis	*Senecio praecox, Schinus Molle, Wigandia spp., Montanoa tomentosa, Asclepias linearia, Plumbago pulchella, Bric-kellia veronicaefolia*, etc.	Parte del Pedregal correspondiente al fondo de la cuenca	Escaso	2 250 - - 2 500	700 - 950	14 - 15°	Poco apreciables; asociación muy heterogénea
Quercetum rugosae fruticosum	*Lamouroxia rhinanthifolia, Senecio stoechadiformis, Prionosciadium thapsoides*, etc.	Entre los límites altitudinales señalados, exceptuando el territorio de las dos asociaciones siguientes.	Escaso	2 500 - - 2 800	950 - 1 250	12 - 14°	Agrupación preferente de hierbas en torno de arbustos; un notable gradiente altitudinal
ARBORETUM Quercetum centralis lavosum	*Quercus centralis, Q. pulchella, Indigofera densiflora, Cosmos bipinnatus*, etc.	Región al oeste de los cerros Zacatepec y Zacayuca	Mediano	2 350 - - 2 650	850 - 1 100	13 - 15°	Los árboles determinan la distribución de los estratos inferiores
Quercetum rugosae crassipedis	*Cupressus, Lindleyi, Calea peduncularis, Archibaccharis hirtella, Geranium latium*, etc.	La corriente de lava más antigua del Pedregal, en su porción sureste	Favorable	2 500 - - 2 900	950 - 1 350	12 - 14°	Complejas
Pinetum Hartwegii	*Muhlenbergia montana, Deschampsia Pringlei, Cerastium molle, Bidens anthemoides*, etc.	Región al sur y sur-este del cráter del Xitle.	Mediano	3 000	1 450	11°	Al parecer de poca signifación
Pinetum teocote	*Pinus teocote, Buddleia microphylla, Pinguicula caudata, Montia mexicana*, etc.	Región sur-oeste del lóbulo sur del Pedregal.	Mediano	2 800 - - 3 000	1 250 - 1 450	11 - 12°	Asociación heterogénea, pero en algunos sitios de composición y relaciones complejas

8. Resumen de las características principales de las comunidades.

En el cuadro de la página anterior, se presentan en forma comparativa los rasgos más sobresalientes de las seis asociaciones principales que se desarrollan sobre el substrato de roca basáltica.

c. Inventario florístico.

En la lista siguiente se reúnen por orden de familias las especies fanerogámicas y pteridofíticas colectadas o citadas del Pedregal de San Angel. De cada especie se indica su forma biológica, el estrato y la comunidad o comunidades en que habita. En caso de presentarse la especie en dos formas biológicas diferentes o hallarse en dos distintos estratos se indica solamente la categoría superior. No se incluyen plantas ruderales, arvenses ni de cultivo.

Las abreviaturas empleadas son las siguientes:

Fb -forma biológica
Estr -estrato
Sp -Senecionetum praecocis
Qrf - Quercetum rugosae fruticosum
Qcl - Quercetum centralis lavosum
Qrc - Quercetum rugosae crassipedis
PH - Pinetum hartwegii
Pt - Pinetum teococote
Ar - Abietum religiosae
Af - Alnetum firmifoliae
Qct - Quercetum centralis tofosum
Indet - de localidad exacta desconocida, se refiere a especies colectadas o citadas por otros autores

Ph - fanerófita
Ch - caméfita
H - hemicriptófita
Cr - criptófita
Th - terófita
Arb - arbóreo
Fr - arbustivo
Herb - herbáceo
Ras - rasante
Epif - epifítico

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Selaginellaceae											
Selaginella lepidophylla Spring.	H	Ras	x	x	x						
Selaginella ruperis Spring.	H	Ras	x	x	x						
Psilotaceae											
Psilotum tricuetrum Sw.	Cr	Herb	x								
Ophioglossaceae											
Ophioglossum Engelmanni Prantl	Cr	Herb	x								
Ophioglossum vulgatum L.	Cr	Ras						x			

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Hymenophyllaceae											
Hymenophyllum sp.	Cr	Herb						x			
Polypodiaceae											
Adiantum concinnum H. B. K.	Cr	Herb	x	x	x	x	x	x			
Asplenium castaneum Schl. et Cham	Cr	Ras						x			
Asplenium fibrillosum Davenp. et Pringle	Cr	Ras					Indet				
Asplenium Glenniei Baker	Cr	Herb									x
Asplenium monanthes L.	Cr	Ras				x		x			
Asplenium praemorsum Sw.	Cr	Herb	x								
Asplenium resiliens Kunze	Cr	Herb	x								
Blechnum glandulosum Link	Cr	Herb	x								
Bommeria pedata Fourn.	Cr	Herb	x								x
Cheilanthes angustifolia H. B. K.	Cr	Herb	x	x	x						x
Cheilanthes farinosa Klf.	Cr	Herb						x			
Cheilanthes Kaulfusii Kunze	Cr	Herb	x	x	x						
Cheilanthes lendigera Sw.	Cr	Herb	x	x	x	x	x	x			
Cheilanthes marginata H. B. K.	Cr	Herb			x	x	x	x			
Cheilanthes myriophylla Desv.	Cr	Herb	x	x	x	x	x	x			
Cystopteris fragilis Bernh.	Cr	Herb	x	x	x						
Dryopteris athyroides Kuntze	Cr	Herb	x	x	x		x				
Dryopteris paleacea C. Chr.	Cr	Herb						x	x		
Dryopteris pilosa C. Chr.	Cr	Herb						x			
Elaphoglossum araneosum C. Chr.	Cr	Epif						x			
Elaphoglossum hirtum C. Chr.	Cr	Epif						x			
Notholaena bonariensis C. Chr.	Cr	Herb	x	x	x	x	x	x			x
Notholaena nivea Desv.	Cr	Herb		x	x	x	x	x			
Pellaea Arsenii C. Chr.	Cr	Herb									x
Pellaea cordata J. Sm.	Cr	Herb	x	x	x						
Pellaea intramarginalis J. Sm.	Cr	Herb		x	x						
Pellaea ternifolia Link	Cr	Herb		x	x	x					
Phlebodium aureum J. Sm.	Cr	Herb	x								
Plecosurus speciosissimus Moore	Cr	Herb							x		
Pleopeltis lanceolata Klf.	Cr	Epif				x					
Polypodium ellipsoideum Feé	Cr	Herb					Indet				
Polypodium Hartwegianum Hook.	Cr	Herb								x	
Polypodium heteromorphum Hook.	Cr	Ras						x			
Polypodium plebejum Cham. et Schl.	Cr	Epif			x	x		x		x	
Polypodium subpetiolatum Hook.	Cr	Herb		x							
Polypodium thyssanolepis A. Br.	Cr	Ras		x	x	x					
Pteridium aquilinum Kuhn	Cr	Herb				x					
Pteris cretica L.	Cr	Herb					Indet				
Woodsia mexicana Fée	Cr	Herb				x					
Woodsia mollis J. Sm	Cr	Herb				x		x			
Marsiliaceae											
Marsilia mexicana A. Br.	Cr	Herb	x								
Pinaceae											
Abies religiosa Schl.	Ph	Arb						x	x	x	

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Pinaceae (cont.)											
Pinus Hartwegii Lindl.	Ph	Arb		x		x	x	x		x	
Pinus leiophylla Schl. et Cham.	Ph	Arb								x	
Pinus Montezumea Lamb.	Ph	Arb					x	x			
Pinus rudis Endl.	Ph	Arb									
Pinus teocote Schl. et Cham.	Ph	Arb					x	x		x	
Cupressaceae											
Cupressus Lindleyi Klotsch	Ph	Arb				x					
Gramineae											
Aegopogon cenchroides H. et B.	Th	Herb	x	x	x	x					
Aegopogon tenellus Trin.	Th	Herb	x	x	x	x					
Agrostis Bourgaei Fourn.	H	Herb					Indet				
Agrostis Schaffneri Fourn.	H	Herb						x			
Agrostis semiverticillata C. Chr.	H	Herb	x								
Agrostis tolucenis H. B. K.	H	Herb						x			
Andropogon barbinodis Lag.	H	Herb	x								
Andropogon hirtiflorus var. *feensis* Hack.	H	Herb	x	x	x	x					
Aristida apressa Vasey	H	Herb	x								
Aristida divaricata H. et B.	H	Ras	x	x							
Aritisda laxa Cav.	H	Herb	x	x	x	x					
Aristida Schiedeana Trin. et Rupr.	H	Herb	x								
Bouteloua curtipendula Torr.	H	Herb	x		x						
Bouteloua gracilis Lag.	H	Herb	x								
Bouteloua radicosa Griff.	H	Herb									x
Bouteloua simplex Lag.	Th	Herb	x	x	x						
Brachypodium mexicanum Link.	H	Herb		x	x	x	x	x			
Briza rotundata Steud.	H	Herb									x
Bromus anomalus Rupr.	H	Herb	x	x	x						
Bromus exaltatus Bernh.	H	Herb		x	x						
Chaetium bromoides Benth.	H	Herb	x								
Cinna poaeformis Scribn. et Mur.	H	Herb								x	
Deschampsia Pringlei Scribn.	H	Herb				x	x	x			
Digitaria leucites Henr.	H	Herb		x	x						
Eragrostis intermedia Hitchc.	H	Herb	x								
Eragrostis mexicana Link.	H	Herb	x								
Festuca amplissima Rupr.	Ch	Herb					x	x		x	
Festuca myuros L.	Th	Herb		x	x	x	x	x		x	x
Festuca Rosei Piper	H	Herb				x	x	x		x	
Hilaria cenchroides H. B. K.	H	Herb		x	x						x
Koeleria cristata Pers.	H	Herb					x				
Leptochloa dubia Nees	H	Herb	x								
Lycurus phalaroides H. B. K.	H	Herb	x								x
Lycurus phleoides H. B. K.	H	Herb	x								x
Microchloa Kunthii Desv.	H	Ras	x	x	x						
Muhlenbergia ciliata Kunth.	Th	Herb	x	x	x						
Muhlenbergia confusa Swallen	Th	Ras		x	x		x	x			
Muhlenbergia flavida var. *strictior* Scribn.	Th	Herb		x	x						

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Gramineae (cont.)											
Muhlenbergia glabrata Kunth	H	Herb				x	x				x
Muhlenbergia implicata Kunth	Th	Herb	x	x	x						x
Muhlenbergia macroura Hitchc.	Ch	Herb		x	x		x	x			
Muhlenbergia montana Hitchc.	H	Herb				x	x	x			
Muhlenbergia monticola Buckl.	H	Herb	x								
Muhlenbergia Presliana Hitchc.	Ch	Herb					Indet				
Muhlenbergia pusilla Steud.	Th	Herb	x	x	x	x		x			
Muhlenbergia ramulosa Swallen	Th	Ras		x	x			x			
Muhlenbergia rigida Kunth	H	Herb	x	x	x						
Muhlenbergia robusta Hitchc.	Ch	Herb	x	x	x	x	x	x		x	x
Muhlenbergia tenuifolia Kunth	Th	Herb									x
Muhlenbergia utilis Hitchc.	H	Herb	x		x						
Panicum bulbosum H. B. K.	H	Herb	x		x						
Panicum lepidulum Hitchc. et Chase	H	Herb	x								x
Panicum plenum Hitchc. et Chase	H	Herb	x								
Panicum virgatum L.	H	Herb									x
Paspalum convexum Flügge	Th	Herb					Indet				
Paspalum prostratum Scribn.	Th	Herb					Indet				
Paspalum tenellum Willd.	H	Herb	x								
Poa conglomerata Rupr.	Th	Herb								x	
Setaria geniculata Beauv.	Th	Herb	x		x						
Setaria Grisebachii Fourn.	Tb	Herb	x								
Sporobolus atrovirens Kunth	H	Herb	x	x							
Stipa ichu kunth	Ch	Herb		x			x	x			
Stipa mucronata H. B. K.	H	Herb	x		x						
Stipa virescens H. B. K.	H	Herb	x	x	x			x			
Trachypogon Montufari Nees	H	Herb	x								
Tripogon spicatus Ekman	H	Herb	x								
Tripsacum lanceolatum Rupr.	H	Herb	x								
Trisetum deyeuxioides Kunth.	H	Herb				x	x	x		x	
Trisetum Virlettii Fourn.	Ch	Herb						x	x	x	
Cyperaceae											
Bulbostylis capillaris Clarke	Th	Herb	x	x	x						
Cyperus aristatus Rottb.	Th	Ras	x								
Cyperus artrosanguineus Hemsl.	Cr	Herb					x	x			
Cyperus cayennensis Britt.	Cr	Herb	x								
Cyperus esculentus L.	Cr	Herb	x	x	x		x				
Cyperus hermaphroditus Standl.	Cr	Herb	x								
Cyperus seslerioides H. B. K.	Cr	Herb	x	x	x						
Cyperus spectabilis Schreb.	Cr	Herb	x	x							
Eleocharis Dombeyana Kunth	H	Herb	x								
Eleocharis nervata Svenson	Th	Ras	x								
Kyllinga pumilla Mchx.	Cr	Herb	x		x						
Bromeliaceae											
Tillandsia Benthamiana Kl.	Ph	Epif						x		x	
Tillandsia juncea R. et P.	Ch	Herb	x								x
Tillandsia recurvata L.	Ph	Epif	x		x						

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Commelinaceae											
Ameileina pulchella Woods.	Th	Herb		x		x		x			
Callisia insignis Clalrke	H	Herb					Indet				
Commelina coelestis Willd.	H	Herb	x	x	x	x	x	x			x
Commelina dianthifolia DC.	Cr	Herb	x	x	x						
Commelina pallida Willd.	Cr	Herb	x	x	x						
Commelina scabra Benth.	Cr	Herb					Indet				
Commelina tuberosa L.	Cr	Herb	x								
Tinandia erecta Schl.	Th	Herb	x		x	x					
Tradescantia crassifolia Cav.	Cr	Herb	x		x						
Tripogranda disgrega Woods.	H	Herb	x								
Juncaceae											
Luzula racemosa Desv.	Cr	Herb					Indet				
Liliaceae											
Allium glandulosum Link. et Otto	Cr	Herb	x								
Allium scaposum Benth.	Cr	Herb	x								
Aloe vera L.	Ph	Fr	x								
Anthericum nanum Baker	Cr	Ras	x								
Calochortus barbatus Painter	Cr	Herb	x	x	x	x	x				
Echeandia reflexa Rose	Cr	Herb	x	x	x	x	x				
Milla biflora Cav.	Cr	Herb	x		x						
Nothoscordum bivalbe Britt.	Cr	Herb	x								
Schoenocaulon Pringlei Greenm.	Cr	Herb					Indet				
Smilax sp.	Ph	Fr				x				x	
Yucaa australis Trel.	Ph	Arb									x
Amaryllidaceae											
Agave brachystachis Cav.	H	Herb	x								
Agave Bourgaei Trel.	Ph	Fr	x	x	x						
Agave ferox C. koch	Ph	Fr	x	x	x						
Agave megalacantha Hemsl.	Ph	Fr					Indet				
Agave sp.	Ph	Fr	x								
Bomarea acutifolia Herb.	Cr	Herb	x								
Fourcraea Bedinghausii C. Koch	Ph	Fr		x	x	x	x	x			
Hypoxis decumbens L.	Cr	Ras	x	x	x	x	x	x			
Sprekelia formosissima Herb.	Cr	Herb		x	x			x			x
Zephyranthes concolor Benth. et Hook.	Cr	Herb	x	x	x		x				x
Zephyranthes sessilis Herb.	Cr	Herb	x	x	x		x				x
Dioscoreaceae											
Dioscorea Galeonttiana Kunth	Cr	Herb	x		x						
Iridaceae											
Nemastylis tenius Baker	Cr	Herb	x		x		x			x	x
Sisyrinchium angustissimun Greenm et Thomps.	Cr	Herb					x	x		x	
Sisyrinchium bracteatum Greenm.	Cr	Herb	x	x	x	x	x	x			
Tigridia Pavonia Ker.	Cr	Herb									x

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Orchidaceae											
Bletia reflexa Lindl.	Cr	Herb	x	x	x						
Cranichis Schaffneri Rchb. f.	Cr	Herb		x	x						
Govenia liliacea Lindl.	Cr	Herb					Indet				
Habenaria clypeata Lindl.	Cr	Herb	x		x						
Habenaria entomantha Lindl.	Cr	Herb	x								
Habenaria novemfida Lindl.	Cr	Herb					Indet				
Liparis vexillifera Cogn.	Cr	Herb					Indet				
Malaxis carnosa C. Schwein.	Cr	Herb	x								
Malaxis corymbosa O. Kuntze	Cr	Herb					Indet				
Malaxis fastigiata O. Kuntze	Cr	Herb					Indet				
Malaxis myurus O. Kuntze	Cr	Herb						x			
Spiranthes aurantiaca Hemsl.	Cr	Herb		x	x		x	x			
Spiranthes cinnabarina Hemsl.	Cr	Herb	x								
Spiranthes Llaveana Lindl.	Cr	Herb		x							
Spiranthes Llaveana var. *violacea* Ames et Corr.	Cr	Herb	x								
Spiranthes polyantha Rchb. f.	Cr	Herb	x								
Spiranthes pyramidalis Lindl.	Cr	Herb	x								
Spiranthes sarcoglossa Rich. et Gal.	Cr	Herb						x			
Spiranthes Schaffneri Rchb. f.	Cr	Herb	x								
Piperaceae											
Peperomia galioides H. B. K.	Th	Herb	x								
Peperomia hispidula Gray	Th	Ras	x								
Peperomia umbilicata R. et P.	Cr	Ras	x	x	x	x	x	x			x
Salicaceae											
Salix Bonplandiana H. B. K.	Ph	Arb						x			
Salix cana Mart. et Gal.	Ph	Arb						x	x	x	
Betulaceae											
Alnus firmifolia Fern.	Ph	Arb				x		x	x	x	
Fagaceae											
Quercus alveolata Trel.	Ph	Arb			x						
Quercus Bourgaei Oersted	Ph	Arb					x	x		x	
Quercus centralis Trel.	Ph	Arb		x	x						x
Quercus crassipes H. et B.	Ph	Arb		x	x	x	x	x			
Quercus floccosa Liebm.	Ph	Arb				x					
Quercus lanceolata H. et B.	Ph	Arb		x		x	x	x		x	
Quercus laurina H. et B.	Ph	Arb								x	
Quercus mexicana H. et B.	Ph	Arb		x	x	x					
Quercus pulchella H. et B.	Ph	Arb			x						
Quercus Purpusi Trel.	Ph	Arb			x						
Quercus rugosa Née	Ph	Arb		x	x	x	x	x		x	
Quercus rugulosa Mart. et Gal.	Ph	Arb								x	
Urticaceae											
Urtica urens L.	Th	Herb							x		

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Loranthaceae											
Phoradendron velutinum Nutt.	Ph	Epif								x	
Aristolochiaceae											
Aristolochia subclausa Wats.	Cr	Herb	x								
Polygonaceae											
Polygonum hydropiperoides Mchx.	H	Herb	x								
Polygonum punctatum Ell.	Th	Herb	x								
Amarantaceae											
Froehlichia interrumpta Moq.	H	Herb	x								
Gomphrena decumbens Jacq.	Th	Herb	x		x						
Guilleminia densa Moq.	H	Ras	x								
Iresine cassiniaeformis Schauer	Ph	Fr	x								
Iresine celosia L.	Th	Herb	x	x	x	x				x	
Iresine grandis Standl.	Ph	Fr	x								
Iresine heterophylla Standl.	Ph	Fr									x
Nyctaginaceae											
Boerhaavia caribea Jacq.	H	Herb	x								
Mirabilis Jalapa L.	H	Herb	x								
Phytolaccaceae											
Phytolacca icosandra L.	Ch	Herb	x	x	x	x				x	x
Portulacaceae											
Montia mexicana Pax	Th	Herb					x	x	x		
Portulaca mexicana P. Wilson	H	Herb	x								
Talinum humile Greene	?	?				Indet					
Talinum lineare H. B. K.	Cr	Herb	x								
Talinum napiforme DC.	Cr	Ras	x		x						
Talinum paniculatum Gaertn.	Cr	Herb	x								
Caryophyllaceae											
Alsine moehringioides Rohrb.	H	Herb	x	x	x			x			
Arenaria Bourgaei Hemsl.	H	Ras	x								
Arenaria decussata Willd.	H	Ras	x				x				
Arenaria lanuginosa Rohrb.	H	Ras	x				x	x			
Arenaria lycopodioides Willd.	H	Ras					x	x			
Arenaria reptanus Hemsl.	H	Ras				x	x	x			
Cerastium molle Bartl.	H	Herb					x				
Cerastium nutans Rafin.	H	Herb					x	x			
Cerastium sp.	H	Herb					x				
Corrigiola andina Tr. et Pl.	H	Herb	x								
Drymaria cordata Willd.	Th	Ras	x	x	x		x				
Drymaria gracilis Cham. et Schl.	Th	Ras		x	x						
Drymaria gracillima Rose	Th	Ras				Indet					
Stellaria nemorum L.	H	Ras				x		x	x	x	

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Ranunculaceae											
Clematis dioica L.	Ph	Fr	x	x	x	x					
Clematis grossa Benth.	Ph	Fr		x							
Ranunculus dichotomus Moc.et Sessé	H	Herb	x								
Ranunculus petiolaris var. *Hookeri* Benson	H	Herb						x		x	
Thalictrum Hernandezii Tausch	H	Herb	x	x	x			x			
Capparidaceae											
Cleome uniglandulosa Cav.	Th	Herb	x								
Cruciferae											
Nasturtium mexicanum Moc. et Sessé	Th	Herb	x								
Sisymbrium streptocarpum Fourn.	Th	Herb			x		x				
Thelypodium longifolium Wats.	H	Herb		x	x						
Thelypodium pallidum Rose	H	Herb							x		
Crassulaceae											
Echeveria glauca Baker	Ch	Herb						x			
Echeveria mucronata Schl.	Ch	Herb						x			
Sedum oxypetalum H. B. K.	Ph	Fr	x	x		x	x				
Villadia Batesii (Hemsl.)	Ch	Herb	x	x	x	x	x	x			
Villadia parviflora Rose	H	Herb	x								
Saxifragaceae											
Heuchera mexicana Schaffn.	Ch	Herb						x		x	
Ribes Pringlei Rose	Ph	Fr					x	x			
Rosaceae											
Alchemilla aphanoides var. *Subalpestris* Perry	H	Ras					x	x			
Alchemilla procumbens Rose	H	Ras				x	x	x	x	x	
Fnelanchier denticulata Koch	Ph	Fr				x					
Pragraria mexicana Schl.	H	Ras								x	
Potentilia candicans H. et B.	H	Herb					x	x			
Punus capuli Cav.	Ph	Arb				x	x	x		x	
Rubus cymosus Rydb.	Ph	Fr	x								
Rubus Liebmanni Focke	Ph	Fr								x	
Rubus oligospermus Thornb.	Ph	Fr	x								
Rubus Pringlei Rydb.	Ph	Fr								x	
Leguminosae											
Astragalus Rosei Jones	H	Herb						x			
Calliandra grandiflora Benth.	Ch	Fr	x	x	x						x
Canavalia villosa Benth.	Ph	Fr	x								
Cassia laevigata Willd.	Ph	Fr	x								
Cologania biloba Nich.	H	Herb	x		x	x					
Cologania grandiflora Rose	H	Herb	x								
Cologania intermedia H. B. K.	H	Herb	x		x						
Crotalaria ovalis Pursh.	Th	Herb									x
Crotalaria pumila Ort.	Th	Ras	x								

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Leguminosae (cont.)											
Dalea citriodora Willd.	Th	Herb	x								
Dalea inconspicua S. Schauer	Th	Ras	x								
Dalea lasiostachya Benth.	Ch	Fr		x	x	x					
Dalea macrostachya Moric.	Ch	Fr		x							
Dalea submontana (Rose)	Ph	Fr									x
Dalea uncifera Schl. et Cham.	H	Herb				x				x	
Dalea zimapanica S. Schauer	Ph	Fr									x
Desmodium Alami DC.	H	Herb		x	x	x		x		x	
Desmodium callilepis Hemsl.	H	Herb	x	x	x	x		x		x	
Desmodium macropodium Hemsl.	H	Herb	x								
Desmodium neomexicanum Gray	H	Ras	x								
Erythrina setosa Mart. et Gal.	H	Herb									x
Eysenhardia polystachya Sarg.	Ph	Fr	x								
Indigofera densiflora Mart. et Gal.	Ch	Fr		x	x	x				x	
Indigofera suffructicosa Mill.	Ch	Fr					Indet				
Krameria pauciflora DC.	Ch	Fr					Indet				
Lathyrus sp.	Th	Herb				x					
Lupinus campestris Cham. et Schl.	H	Herb								x	
Lupinus giganteus Rose	H	Herb					Indet				
Lupinus Pringlei Rose	H	Herb								x	
Lupinus sylvaticus Herb. Kew.	H	Herb					Indet				
Mimosa biuncifera Benth.	Ph	Fr	x								
Minkelersia galactoides Mart. et Gal.	Th	Herb	x								
Minkelersia multiflora Rose.	H	Herb	x		x	x		x			
Phaseolus anisotrichus Schl.	H	Herb	x								
Phaseolus heterophyllus Willd.	Th	Ras	x		x						
Phaseolus heterophyllus rotundifolius Piper	Th	Ras	x								
Phaseolus obvallatus Schl.	H	Herb		x	x	x					
Trifolium amabile H. B. K.	Th	Ras	x	x	x	x	x	x			
Trifolium amabile var. *longifolium* Hemsl.	Th	Ras	x								
Zornia diphylla Pers.	H	Herb	x								
Oxalidaceae											
Oxalis divergens Benth.	Cr	Herb				Indet					
Oxalis Hayi Knuth	Cr	Herb	x								
Oxalis Hernandezii Moc. et. Sessé	Cr	Herb									x
Oxalis latifolia H. B. K.	Cr	Herb	x								
Oxalis lunulata Zucc.	Cr	Herb					x	x		x	
Oxalis morelosensis Knuth	Cr	Herb		x	x	x	x	x			
Oxalis Painteri Knuth	Cr	Herb	x								
Oxalis Pringlei Knuth	Cr	Herb		x	x	x	x	x			
Oxalis tetraphylla Cav.	Cr	Herb	x								
Oxalis vallicola Knuth	Cr	Herb									x
Geraniaceae											
Geranium aristisepalum Moore	H	Herb	x								
Geranium Kerberi Knuth	H	Herb						x			
Geranium latum Small	H	Herb				x					

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Geraniaceae (cont.)											
Geranium potentiliaefolium DC.	H	Herb					x	x		x	
Geranium subulato-stipulatum Knuth	H	Herb						x			
Linaceae											
Linum mexicanum H. B. K.	H	Herb	x								
Linum orizabae Planch.	H	Herb								x	
Malpighiaceae											
Aspicarpia hirtella Rich.	H	Herb									x
Gaudichaudia mucronata Juss.	H	Herb	x								x
Polygalaceae											
Monnina Schlechtendaliana D. Dietr.	Ph	Fr		x		x					
Monnina xalapensis H. B. K.	Ph	Fr						x			
Polygala compacta Rose	H	Herb									x
Polygala scoparia H. B. K.	H	Herb									x
Polygala subalata Wats.	H	Herb	x								
Euphorbiaceae											
Acalypha hederacea Torr.	H	Herb	x								
Acalypha Lindheimeri Muell-Arg.	H	Herb	x								
Croton reflexifolius H. B. K.	Ch	Fr	x								
Euphorbia adenoptera Bertol	Th	Ras	x								
Euphorbia biformis Wats.	Th	Herb	x								
Euphorbia campestris Cham. et Schl.	Th	Herb								x	
Euphorbia dentata Mchx.	Th	Herb	x		x						
Euphorbia graminea Jacq.	Th	Herb	x								
Euphorbia Mendezii Boiss.	Th	Ras	x								
Euphorbia Preslii Guss.	Th	Herb	x								
Euphorbia prostrata Ait.	Th	Ras	x								
Euphorbia radians Benth.	H	Herb									x
Euphorbia subreniforme Wats.	Th	Herb	x								
Tragia nepetifolia Cav.	H	Herb									x
Anacardiaceae											
Schinus Molle L.	Ph	Arb	x								
Sapindaceae											
Cardiospermum halicacabum L.	H	Herb	x		x						
Dodonaea viscosa Jacq.	Ph	Fr	x								
Rhammaceae											
Ceanothus coeruleus Lag.	Ph	Fr								x	
Rhamnus serrata Willd.	Ph	Fr		x						x	
Vitaceae											
Cissus sicyoides L.	Ch	Fr	x								
Malvaceae											
Anoda incarnata H. B. K.	Th	Herb	x								

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Malvaceae (cont.)											
Malvaviscus arboreus Cav.	Ph	Fr	x								
Sida glabra Mill.	Ph	Fr	x								
Theaceae											
Ternstroemia sylvatica Schl. et Cham.	Ph	Fr				Indet					
Guttiferae											
Hypericum formosum H. B. K.	H	Herb						x			
Hypericum Schaffneri Wats.	H	Herb		x			x	x			
Hypericum submontanum Rose	H	Herb					x	x			
Cistaceae											
Helianthemum glomeratum Lag.	Ch	Herb		x	x	x	x	x			
Violaceae											
Viola Grahami Benth.	H	Ras						x		x	
Viola Painteri Rose et House	H	Ras						x		x	
Passifloraceae											
Passiflora subpeltata Ort.	H	Herb	x								
Loasaceae											
Mentzelia hispida Willd.	H	Herb	x								
Begoniaceae											
Begonia gracilis H. B. K.	Cr	Herb	x	x	x	x	x	x			x
Cactaceae											
Mammillaria discolor Haworth	Ch	Herb		x							
Mammillaria elegans DC.	Ch	Ras	x								
Mammillaria magnimamma Haworth	Ch	Herb	x		x						
Opuntia lasiacantha Pfeiff.	Ph	Fr	x	x	x						
Opuntia tomentosa Salm-Dyck	Ph	Fr	x	x							
Opuntia tunicata Link et Otto	Ch	Herb	x								
Lythraceae											
Cuphea aequipetala Cav.	H	Herb	x	x	x		x				
Cuphea Wrightii Gray	Th	Herb	x		x						
Onagraceae											
Epilobium mexicanum DC.	Cr	Herb							x		
Fuchsia microphylla H. B. K.	Ph	Fr				Indet					
Fuchsia minimiflora Hemsl.	Ph	Fr	x								
Fuchsia thymifolia H. B. K.	Ph	Fr				x		x		x	
Gaura mutabilis Cav.	Th	Herb				Indet					
Gaura tripetala Cav.	Th	Herb									x
Oenothera deserticola Munz	H	Herb						x			
Umbelliferae											
Apium leptophyllum F. Muell.	Th	Herb		x		x					

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Umbelliferae (cont.)											
Arracacia tolucensis var. *multifida* Math. et Const.	Cr	Herb	x	x	x						
Bowlesia palmata R. et P.	Th	Herb					x				
Daucus montanus H. et B.	Th	Herb				x					
Donnelsmithia peucedanoides Math. et Const.	Cr	Herb		x	x						
Eryngium carline Delar.	Ch	Herb						x			
Eryngium columnare Hemsl.	Ch	Herb						x			
Eryngium comosum Delar.	Th	Herb	x								
Eryngium monocephalum Cav.	Ch	Herb					x	x			
Eryngium pectinatum Presl.	Ch	Herb					x	x			
Eryngium serratum Cav.	H	Herb									x
Hydrocotyle verticillata Thunb.	Cr	Herb	x								
Prionosciadium thapsoides Math.	Cr	Herb		x							
Clethraceae											
Clethra mexicana DC.	Ph	Arb								x	
Pyrolaceae											
Monotropa uniflora L.	Cr	Herb							x	x	
Pyrola secunda L.	Cr	Herb						x		x	
Ericaceae											
Arbutus xalapensis H. B. K.	Ph	Arb		x		x	x	x		x	
Arctostaphylos arguta DC.	Ph	Fr						x			
Pernettya ciliata Small.	Ch	Herb						x		x	
Plumbaginaceae											
Plumbago pulchella Boiss.	Ch	Herb	x								
Loganiaceae											
Buddleia americana L.	Ph	Arb	x	x		x					
Buddleia microphylla H. B. K.	Ph	Fr				x	x	x		x	
Gentianaceae											
Erythraea chironioides Gray	Th	Herb	x								
Erythraea quitensis H. B. K.	Th	Ras	x								
Gentiana amarella var. *acuta* Hook. f.	H	Herb							x		
Gentiana spathacea H. B. K.	H	Herb								x	x
Halenia brevicornis var. *micranthella* Allen	Th	Herb						x		x	
Apocynaceae											
Mandevilla foliosa Hemsl.	Ch	Fr	x								
Vinca minor L.	Ch	Herb								x	
Asclepiadaceae											
Asclepias linaria Cav.	Ph	Fr	x	x							
Asclepias mexicana Cav.	H	Herb	x								
Asclepias ovata Mart. et Gal.	H	Herb	x		x						x

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Asclepiadaceae (cont.)											
Cynanchum Kunthii Standl.	Ph	Herb	x								
Gonolobus macranthus Kuntze	H	Herb	x								
Gonolobus uniflorus H. B. K.	H	Herb	x								
Matelea Balbisii Woods.	H	Herb	x								
Matelea chrysantha Woods.	H	Herb					Indet				
Matelea prostata Woods.	H	Herb	x								
Sarcostemma elegans Decaisne	H	Herb	x								
Convolvulaceae											
Cuscuta corymbosa R. et P.	Ch	Herb	x								
Cuscuta potosina Schaffn.	Ch	Herb	x								
Dichondra argentea Willd.	H	Ras	x								x
Evolvulus alsinoides L.	H	Ras	x								
Ipomoea decasperma Hallier	H	Herb	x								
Ipomoea hirsutula Jacq.	H	Herb	x	x	x						
Ipomoea longipedunculata Hemsl.	H	Herb	x	x	x	x					
Ipomoea muricata Cav.	Cr	Herb	x		x						
Ipomoea stans Cav.	Cr	Herb	x								
Quamoclit coccinea Moench.	Th	Herb	x								
Polemoniaceae											
Loeselia coerulea Don	Th	Herb	x								
Loeselia glandulosa Don	Th	Herb	x								
Loeselia mexicana Brand.	Ch	Herb	x								
Hydrophyllaceae											
Phacelia platycarpa Spreng.	H	Ras					x	x		x	
Wigandia caracasana H. B. K.	Ph	Fr	x								
Wigandia Kunthii Choisy	Ph	Fr	x								
Boraginaceae											
Hackelia mexicana Johnst.	H	Herb						x	x		
Lasiarrhemum strigosum Johnst.	H	Herb								x	
Lithospermum distichum Ort.	H	Herb					x	x	x		
Lithospermum Pringlei Johnst.	Th	Herb	x								
Lithospermum strictum Lehm.	H	Herb					x	x			
Verbenaceae											
Bouchea prismatica var. *brevirostra* Grenz.	Th	Herb	x								
Priva grandiflora Moldenke	Cr	Herb	x								
Priva mexicana Pers.	H	Herb	x		x						
Verbena gracilis Desf.	H	Herb	x		x						
Verbena menthaefolia Benth.	H	Herb	x								
Verbena recta H. B. K.	H	Herb							x		
Verbena teucriifolia Mart. et Gal.	Th	Herb					x	x			
Labiatae											
Cunila lythrifolia Benth.	Ch	Herb								x	
Hedeoma piperitum Benth.	H	Herb					x	x			

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Labiatae (cont.)											
Lepechinia caulescens Epling	H	Herb		x	x	x	x	x			
Salvia amarissima Ort.	H	Herb	x	x	x						
Salvia cardinalis H. B. K.	Ch	Herb						x			
Salvia elegans Vahl.	Ch	Herb								x	
Salvia laevis Benth.	H	Herb		x							
Salvia lavanduloides H. B. K.	Ch	Herb		x		x					
Salvia mexicana L.	H	Herb	x	x	x	x					
Salvia microphylla H. B. K.	Ch	Fr				x				x	
Salvia polystachya Ort.	H	Herb	x	x	x						
Salvia prunelloides H. B. K.	Th	Herb						x			
Salvia riparia H. B. K.	H	Herb	x								
Satureja macrostema Briq.	Ph	Fr							x	x	
Scutellaria caerulea Moc. et Sessé	H	Herb								x	
Stachys coccinea Jacq.	Th	Herb				x	x	x		x	
Solanaceae											
Cestrum anagyris Dunal	Ph	Fr								x	
Cestrum thyrsoideum H. B. K.	Ph	Fr								x	
Nectouxia formosa H. B. K.	H	Herb				x				x	
Nierembergia angustifolia H. B. K.	H	Ras	x								
Physalis puberula Fern.	Th	Herb	x								
Physalis subintegra Fern.	Th	Herb					x				
Saracha jaltomata Schl.	Th	Herb									x
Saracha umbellata Don	Th	Herb				x		x			
Solanum bulbocastanum Dun.	Cr	Herb	x								
Solanum cardiophyllum Lindl.	Cr	Herb					Indet				
Solanum Cervantesii Lag.	Ph	Fr	x								x
Solanum demissum Lindl.	Cr	Herb					x				
Solanum nigrum L.	Th	Herb	x								
Solanum stoloniferum Schl.	Cr	Herb					Indet				
Scrophulariaceae											
Buchnera elongata Sw.	Th	Herb	x								
Castilleja gracilis Benth.	Th	Herb	x								
Castilleja Schaffneri Hemsl.	Th	Herb						x			
Castilleja scorzoneraefolia H. B. K.	H	Herb						x			
Castilleja tenuiflora Benth.	Ch	Herb	x	x	x	x	x	x		x	
Gerardia pedicularis Benth.	H	Herb		x							
Lamourouxia multifida H. B. K.	H	Herb		x	x	x	x				
Lamourouxia rhinanthifolia H. B. K.	H	Herb	x	x	x						
Lamourouxia tenuifolia Mart. et Gal.	H	Herb	x								
Maurandya antirrhiniflora H. et B.	H	Herb	x								
Pedicularis mexicana Zucc.	H	Herb							x		
Pentstemon campanulatus Willd.	Ch	Herb	x	x	x	x	x	x		x	
Sibthorpia pichinchensis H. B. K.	H	Ras							x		
Orobanchaceae											
Conopholis americana Wallr.	Cr	Herb			x	x				x	

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Lentibulariaceae											
Pinguicula caudata Schl.	Cr	Ras						x			
Acanthaceae											
Dyschoriste microphylla O. Kuntze	H	Herb								x	x
Justicia furcata Jacq.	Th	Herb	x								
Pseuderanthemum praecox (Benth.)	H	Herb	x								x
Ruellia Bourgaei Hemsl.	H	Herb	x								
Ruellia pilosa Dav.	H	Herb									x
Ruellia speciosa Lindau	H	Herb	x								
Stenandrium dulce Nees	H	Herb					Indet				
Plantaginaceae											
Plantago Galeottiana Decaisme	H	Herb				x					
Plantago hirtella H. B. K.	H	Herb						x			
Plantago mexicana Link	H	Herb									x
Rubiaceae											
Bouvardia ternifolia Schl.	Ph	Fr	x	x	x	x					x
Crusea allococca Gray	H	Herb	x								
Crusea brachyphylla Cham. et Schl.	Th	Herb	x								
Crusea subulata Gray	Th	Herb	x								
Didymaea mexicana Hook. f.	Th	Herb					x				
Galium mexicanum H. B. K.	H	Herb	x	x	x	x					
Galium uncinulatum DC.	H	Ras	x								
Spermacoce ocymoides Burm.	Th	Herb	x								
Spermacoce verticillata L.	Th	Herb	x								
Caprifoliaceae											
Symphoricarpos microphyllus H. B. K.	Ph	Fr				x		x		x	
Valerianaceae											
Valeriana denudata Benth.	Cr	Herb					x	x		x	
Valeriana mexicana DC.	Cr	Herb					x	x			
Valeriana scorpioides DC.	Cr	Herb		x	x		x	x			
Valeriana subincisa Benth.	Cr	Herb								x	
Valeriana tolucana DC.	Cr	Herb	x	x	x						
Cucurbitaceae											
Cyclanthera Pringlei Rob. et Seat.	Th	Herb	x								
Sicyos lacinata L.	Th	Herb	x								
Sicyos parvifolia Willd.	Th	Herb	x	x	x						
Campanulanceae											
Lobelia Berlandieri A. DC.	Th	Herb	x	x	x	x					
Lobelia divaricata H. et A.	Th	Ras					x	x			
Lobelia micrantha H. B. K.	Th	Ras		x							
Lobelia subnuda Benth.	Th	Ras					x	x			
Compositae											
Achillea pecten-veneris Pollard.	H	Herb				x		x			

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Compositae (cont.)											
Actinomeris tetraptera DC.	H	Herb									x
Ageratella Palemri Rob.	H	Herb									x
Ageratum corymbosum Zucc.	H	Herb	x	x	x	x	x	x			x
Archibaccharis glandulosa (Greenm.)	Ch	Herb								x	
Archibaccharis hieracioides (Blake)	Ph	Fr								x	
Archibaccharis hirtella Heering	Ph	Fr				x					
Aster exilis Ell.	H	Herb	x								
Aster Lima Ell.	H	Herb		x							x
Baccharis conferta H. B. K.	Ph	Fr	x	x	x	x	x	x		x	
Baccharis glutinosa Pers.	Ph	Fr	x								
Baccharis ramulosa Gray	Ch	Fr	x								
Baccharis sordescens DC.	Ch	Fr						x			
Bidens anthemoides Sherff	Th	Ras					x	x			
Bidens Lemmoni Gray	Th	Herb		x							
Bidens pilosa L.	Th	Herb	x	x	x	x	x	x		x	x
Bidens serrulata Desf.	Th	Herb					x				
Brachycome xanthocomoides Less	H	Herb							x		
Brickellia corymbosa Gray	H	Herb									x
Brickellia pendula Gray.	Ph	Fr						x		x	
Brickellia scoparia Gray	Ph	Fr				x					
Brickellia secundiflora Gray	Ch	Fr		x							
Brickellia veronicaefolia Gray.	Ch	Fr	x								
Calea peduncularis H. B. K.	H	Herb				x				x	
Carminatia tenuiflora DC.	Th	Herb	x								
Chaptalia spathulata Hemsl.	H	Herb						x			
Cirsium pinetorum Greenm.	Ch	Fr					x	x		x	
Conyza coronopifolia H. B. K.	H	Herb	x								
Conyza erythrolaena Klatt.	H	Herb						x		x	
Cosmos bipinnatus Cav.	Th	Herb		x	x						
Cosmos parviflorus H. B. K.	Th	Herb		x	x	x					
Cosmos scabiosioides H. B. K.	Th	Herb		x	x	x					
Dahlia coccinea Cav.	Cr	Herb	x	x	x	x					
Dahlia Merckii Lehnm.	Cr	Herb		x	x	x	x	x			
Dahlia pinnata Cav.	Cr	Herb		x	x						
Dysodia chrysanthemoides Lag.	Th	Herb	x	x	x						
Erigeron delphinifolius Willd.	H	Herb								x	
Erigeron Ervendbergii Gray.	H	Herb	x								
Erigeron maximus Otto	H	Herb	x								x
Erigeron mucronatus DC.	H	Herb					x		x		
Erigeron neomexicanus Gray.	H	Herb									x
Erigeron scaposus DC.	H	Herb	x	x	x	x	x				
Eupatorium brevipes DC.	H	Herb									x
Eupatorium glabratum H. B. K.	Ph	Fr		x	x	x	x	x		x	x
Eupatorium mairetianum DC.	Ph	Fr								x	
Eupatorium oligocephalum DC.	Ch	Fr						x			
Eupatorium oreithales Greenm.	H	Herb						x			
Eupatorium pazcuarense H. B. K.	Ph	Fr							x	x	
Eupatorium pulchellum H. B. K.	H	Herb						x			
Eupatorium pycnocephalum Less.	H	Herb			x	x					
Eupatorium Schaffneri Sch. Bip.	H	Herb			x	x		x			

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Compositae (cont.)											
Florestina pedata Cass.	Th	Herb	x	x	x						
Galinsoga hispida Benth.	Th	Herb	x								
Galinsoga parviflora Cav.	Th	Herb	x	x	x						
Gnaphalium americanum Mill.	H	Herb				x		x			
Gnaphalium Bourgovii Gray.	H	Herb								x	
Gnaphalium brachypterum DC.	H	Herb	x		x						
Gnaphalium inornatum DC.	Th	Herb				x	x				
Gnaphalium leptophyllum DC.	H	Herb		x							
Gnaphalium oxyphyllum DC.	H	Herb								x	
Gnaphalium purpurascens DC.	H	Herb		x		x	x				
Gnaphalium Wrightii Gray.	H	Herb		x	x						
Heterospermum pinnatum Cav.	Th	Herb	x								
Heterotheca inuloides Cass.	H	Herb		x				x			
Hieracium abscissum Less.	H	Herb		x		x					
Hieracium comatum Fries.	H	Herb						x			
Hieracium mexicanum Less.	H	Herb					x				
Lostephane heterophylla Benth.	H	Herb									x
Melampodium hispidum H. B. K.	Th	Herb					Indet				
Melampodium sericeum var. *exappendiculatum* Rob.	Th	Herb		x							
Montanoa tomentosa Cerv.	Ph	Fr	x								
Nocca rigida Cav.	Ch	Fr	x								
Pectis prostata Cav.	Th	Herb	x								
Pectis Schaffneri Sch. Bip.	Th	Ras	x								
Perezia adnata Gray	?	Herb									x
Perezia habeclada Gray	?	Herb					Indet				
Perymenium Berlandieri DC.	Ph	Fr								x	
Pinaropappus roseus Less.	H	Herb	x	x	x	x	x	x			x
Piqueria pilosa H. B. K.	H	Herb					x	x			
Piqueria trinervia Cav.	H	Herb	x	x	x	x	x	x			
Sabazia humilis Cass.	Th	Ras	x	x	x	x	x	x			
Sabazia microglossa DC.	Th	Herb		x							
Sanvitalia procumbens Lam.	H	Herb	x								
Schkuhria virgata DC.	Th	Herb	x		x		x	x			
Senecio albiflorus Sch. Bip.	Ph	Fr								x	
Senecio albo-lutencens Sch. Bip.	H	Herb									x
Senecio angulifolius DC.	Ph	Fr								x	
Senecio barba-Johannis DC.	Ph	Fr						x	x		
Senecio cardiophyllus Hemsl.	H	Herb	x	x	x	x					
Senecio cinerarioides H. B. K.	Ph	Fr								x	
Senecio praecox DC.	Ph	Fr	x	x	x	x					
Senecio Roldana DC.	H	Herb	x								
Senecio salignus DC.	Ph	Fr	x	x	x	x	x			x	x
Senecio sanguisorbe DC.	H	Herb							x		
Senecio sinuatus H. B. K.	H	Herb					x	x		x	
Senecio stoechadiformis DC.	H	Herb		x							
Senecio tolucanus DC.	H	Herb							x		
Siegesbeckia orientalis L.	Th	Herb								x	
Spilanthes americana Hicron.	H	Herb	x								
Stevia elatior H. B. K.	H	Herb		x		x					

	Fb	Estr	Sp	Qrf	Qcl	Qrc	PH	Pt	Ar	Af	Qct
Compositae (cont.)											
Stevia eupatoria Willd.	H	Herb					Indet				
Stevia micrantha Lag.	Th	Ras	x	x	x						
Stevia nepetaefolia H. B. K.	H	Herb	x	x	x					x	
Stevia origanoides H. B. K.	H	Herb	x								
Stevia ovata Willd.	H	Herb		x							
Stevia purpurea Pers.	H	Herb						x			
Stevia rhombifolia H. B. K.	Ch	Fr	x	x	x	x	x	x		x	x
Stevia rhombifolia var. *stephanocoma* f. *glandulifera* Rob.	H	Herb						x			
Stevia salicifolia Cav.	Ch	Fr	x	x	x	x	x			x	x
Stevia serrata Cav.	H	Herb		x	x	x					
Stevia serrata var. *ivaefolia* Rob.	H	Herb					x	x			
Stevia subpubescens Lag.	Ch	Fr		x	x					x	
Stevia tomentosa H. B. K.	H	Herb				x		x			
Stevia viscida H. B. K.	H	Herb	x								
Tagetes lucida H. B. K.	H	Herb	x	x	x						
Tagetes micrantha Cav.	Th	Ras	x	x	x	x	x	x			
Tagetes tenuifolia Cav.	Th	Herb	x	x	x	x	x	x			
Tagetes triradiata Greenm.	Th	Herb				x		x		x	
Tridax coronopifolia Hemsl.	H	Herb	x								
Trixis longifolia Don	Ch	Fr	x								
Verbesina oncophora Rob. et Seat.	H	Herb								x	
Verbesina virgata Cav.	Ph	Fr	x	x	x						x
Viguiera buddleiaeformis Benth. et Hook.	H	Herb	x								x
Viguiera linearis Sch. Bip.	H	Herb									x
Viguiera excelsa Benth. et Hook.	H	Herb	x								
Zexmenia aurea Benth. et Hook.	H	Herb				Indet					
Zinnia multiflora L.	Th	Herb	x		x						

VEGETACION ANTROPOGENA

A. Cultivos agrícolas

Los cultivos en el estricto sentido agrícola sólo pueden practicarse en los claros, es decir, en terrenos no cubiertos por lava o con una capa suficiente de suelo acumulado. No todos los claros, sin embargo, son utilizados para la agricultura; este hecho es debido a causas de índole diversa.

En los años 1951, 1952 y 1953 se pudieron observar cultivos agrícolas de los siguientes vegetales: maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), chícharo (*pisum sativum*), haba (*Vicia faba*), avena (*Avena sativa*), maguey (*Agave* sp.), perrito (*Antirrhinum majus*) y clavel (*Dianthus* sp.).

B. Reforestación y aforestación artificial.

Esta tiene lugar principalmente sobre los cerros Zacatepec y Zacayuca y algunos terrenos adyacentes. Las especies más utilizadas y que dan buenos resultados son las siguientes: *Pinus patula, P. Montezumae, P. caribea, P. taeda, Cupressus Lindleyi, Eucalyptus resinfera, Casuarina equisetifolia, Acacia* sp. Según los datos gentilmente proporcionados por la administración de la fábrica Peña Pobre se está tratando de introducir además: *Pinus halepensis, P. radiata, P. cembroides, P. pinea, P. canariensis, Acer serratum* y algunas otras formas arbóreas.

Las actividades de reforestación se realizan principalmente sobre proporciones desprovistas de lava que, probablemente con anterioridad, habían sido habitadas por un Quercetum centralis tofusum; pero en algunos sitios se está tratando también de introducir ciertos árboles como *Eucalyptus resinfera* en un pedregal típico.

C. Plantas ornamentales.

Estas en realidad están completamente fuera del alcance de este trabajo, razón por la cual se limitará sólo a señalar que un gran número de esta clase de vegetales existen en las calles y casa residenciales del Fraccionamiento, las hay también numerosas cerca de la Ciudad Universitaria, así como en vivero situado entre el cerro de Zacatepec y la avenida Insurgentes, sobre una serie de pequeños claros de origen aluvial.

D. Elementos ruderales y arvenses

En lo tocante a las comunidades arvenses, estás son análogas a las que existen fuera del área en estudio. Las ruderales en el Pedregal son más bien viales. Se ha podido observar algunas veces que se comportan como ruderales en el Pedregal ciertas especies que normalmente no lo son y, asimismo, otras conocidas como maleza, no tiene estas características al desarrollarse sobre la lava. A continuación se presenta una lista de maleza arvenses y ruderales colectadas y observadas en el territorio del Pedregal en los años 1951, 1952 y 1953. Como suele suceder en casi todo el mundo y como ya lo han señalado otros autores para México, una parte de las malezas es de origen extranjero y de introducción reciente, mientras que otras son nativas o típicas del país desde ya mucho tiempo.

1. Malezas originarias de México

Acalypha phleoides Cav.
Acalypha virginica L.
Ambrosia peruviana Willd.
Anoda hastata Cav.
Arenaria bryoides Willd.
Argemone ochroleuca Sweet
Artemisia mexicana Willd.
Asclepias lanuginosa H. B. K.
Buddleia sessiliflora H. B. K.
Castilleja arvensis Benth.
Chenopodium ambrosioides L.
Chenopodium graveolens Rodr. et Lag.
Cirsium mexicanum DC.
Conyza microcephala H. B. K.
Datura Stramonium L.
Dicliptera peduncularis Nees
Encelia foetida Hemsl.
Eragrostis diffusa Buckl.
Eupatorium petiolare Moc.
Gaura coccinea Nutt.
Geranium Seemanni Peyr.
Parthenium hysterophorus L.
Physalis aequata Jacq.
Physalis foetens Fern.
Rumex flexicaulis Rchb. f.
Rumex mexicanus Meissn.
Salvia tiliaefolia Vahl.
Sida neomexicana Gray
Herpertis chamaedryoides H. B. K.
Lepidium lasiocarpum Nutt.
Lepidium medium Greene
Lepidium Menziesii DC.
Lobelia fenestralis Cav.
Lobelia gruina Cav.
Lopezia racemosa Cav.
Malvastrum geranioides Hemsl.
Malvastrum lacteum Standl.
Malvastrum peruvianum Gray
Malvastrum ribifolium Hemsl.
Melampodium arvense Rob.
Melampodium longifolium Cerv.
Melampodium perfoliatum H. B. K.
Microsechium ruderale Naud.
Modiola multifida Moench.
Oenothera rosea Ait.
Oenothera tetraptera Cav.
Oxalis albicans H. B. K.
Parietaria pensylvanica L.

Sisymbrium hispidulum Tr. et Pl.
Solanum rostratum Dunal.
Sphaeralcea angustifolia St-Hill.
Stachys agraria Cham. et Schl.
Tithonia tubaeformis Cass.
Verbena carolina L.
Verbena ciliata Benth.

2. Malezas originarias del extranjero

Alternanthera achyrantha R. Br.
Amarantus hybridus L.
Anagillis arvensis L.
Brassica campestris L.
Chenopodium album L.
Conyza chilensis Spreng.
Cynodon dactylon Pers.
Eleusine indica Gaertn.
Eleusine tristachya Gaertn.
Erigeron canadensis L.
Erodium cicutarium L´Hor
Eruca sativa Lam.
Malva parviflora L.
Marrubium vulgare L.
Medicago denticulata Willd.
Melilotus indica All.
Melilotus officinalis Desv.
Nicotiana glauca Graham
Phalaris canariensis L.
Plantago major L.
Poa annua L.
Poa pratensis L.
Raphanus raphanistrum L.
Reseda luteola L.
Rumex crispus L.
Solanum marginatum L.
Sonchus oleraceus L.
Spergula arvensis L.
Sporobolus Poiretii Hitchc.
Taraxacum officinale L.
Urtica dioica var. *angustifolia* Willd.

3. Malezas de origen incierto

Aristida adscensionis L.
Chloris virgata L.
Lepidium virginicum L.
Sida rhombifolia L.

RELACIONES DE LAS COMUNIDADES

A. Relaciones entre las comunidades del Pedregal.

En los capítulos V y VI se discutieron ciertas características comunes a toda la vegetación que habita sobre la lava. A continuación se señalan algunas de las diferencias y semejanzas, así como otra clase de relaciones que presentan las diversas asociaciones entre sí.

Es interesante observar que p. e. Senecionetum praecocis y Quercetum centralis lavosum difieren desde el punto de vista fisonómico. No obstante esto las dos comunidades están floristicamente más cercanas que cualquier otro par de unidades vegetacionales en el Pedregal.

Los Quercetum rugosas fruticosum y Pinetum hartwegii (sensu lato) presentan un espectro biológico semejante y parecen ser florísticamente afines. Esta aparente similitud, sin embargo, nace de la necesidad de incluir en el inventario las amplias zonas de vegetación mixta.

Quercetum rugosae crassipedis difiere mucho desde el punto de vista ecológico de Quercetum rugosae fruticosum, no obstante que presentan la misma dominante. Si se considera además que sus límites altitudinales son más o menos análogos, resaltan más todavía las diferencias en composición florística y en fisonomía.

Es algo extraña la existencia de dos pinares indudablemente diferentes, en condiciones climáticas y topográficas análogas. La diferencia de substrato de Pinetum hartwegii y Pinetum teocote no parece ser suficiente para explicar este fenómeno.

B. Relaciones con otras comunidades vegetales.

1. Relaciones de tipo ecológicos.

La vegetación del Pedregal de San Angel está evidentemente relacionadas con la de dos zonas de vegetación o biomas diferentes, y en realidad esta afinidad es tan estrecha, que no obstante las particu-

laridades locales del habitat, debe considerarse al territorio del Pedregal dentro del área de las mencionadas zonas de vegetación, que son las siguientes:

a. zona de bosque montano y subalpino (Weaver y Clements), en cierto modo equivale a la región húmeda de las barrancas de la Mesa Central (Ramírez) y al bosque pino-encino (Leopold);

b. zona poco conocida de matorrales semiáridos del Altiplano, en cierto modo equivale a la región templada seca de las llanuras del Sur (Ramírez) y al mezquite-pastizal (Leopold).

Las dos zonas presentan diferencias acentuadas de tipo fisonómico y floristico, su distribución geográfica está determinada principalmente por al grado de humedad.

En el valle de México la primera zona se extiende sobre sus laderas sur y oeste, mientras que el fondo y las pendientes poco elevadas de los lados este y norte forman parte de la segunda. Como el lóbulo norte del Pedregal pertenece topográficamente al fondo de la cuenca y el lóbulo sur a la porción montañosa sur-occidental podría suponerse que el límite entre las dos regiones coincide con la división entre los dos lóbulos, o sea aproximadamente con la curva de nivel de los 2,350 m. En realidad, debido a la influencia más bien xérofila de las condiciones del Pedregal, el límite se desplaza hasta cerca de los 2,500 m o a veces a mayor altura.

El Senecionetum praecocis en su forma típica pertenece manifiestamente a la zona de matorrales y está relacionado con otras comunidades propias de la misma zona tanto fisonómica como florísticamente. La escasez de formas arbóreas, abundancia de gramíneas, de trepadoras y de terófitas, los cambios fenológicos muy acentuados, así como otros caracteres asemejan a esta asociación a las que habitan las regiones semiáridas del centro de la República. La lista completa de especies comunes llenaría mucho espacio, por lo que sólo se citan algunas:

Zinnia multiflora
Tridax coronopifolia
Sanvitalia procumbens
Mentzelia hispida
Brickellia veronicaefolia
Crusea brachyphylla
Justicia furcata
Loeselia mexicana
Quamoclit coccinera
Cynanchum kunthii

Los dos pinares así como el Quercetum rugosae crassipedis forman parte de la zona de bosque montano y subalpino, porque presentan en forma análoga, rasgos fisonómicos y florísticos que caracterizan a la vegetación de esta región. La dominancia de elementos arbóreos, principalmente coníferas y encinos, los estratos inferiores menos desarrollados y más bien esciófilos, abundancia de epifitas préferentemente criptogámicas, escasez de suculentas, etc., son sus caracteristícas sobresalientes. estos son algunos de los elementos florísticos comunes:

Pinus montezumae
Arbutus xalapensis
Penstemon campanulatus
Baccharis conferta
Alchemilla procumbens
Pernettya ciliaris
Hedeoma piperitum
Stachys coccinea
Salvia elegans
Brickellia pendula

El Quercetum centralis lavosum y el Quercetum rugosae fruticosum guardan una situación intermedia, o más bien, de transición. La estructura, composición, y situación de estas comunidades prueba, por una parte, que el límite entre las dos zonas no es reducible a una línea, sino que está construido por un cinturón más o menos amplio, y demuestra, así mismo, que las afinidades florísticas no siempre van en completa concordancia con las fisónomicas.

Así, p. e. el Quecetum rugosae fruticosum que por sus especies está más bien relacionado con la vegetación del bosque montano y subalpino, fisionómicamente representa un fruticetum.

El Quercetum centralis lavosum, en cambio, aunque tiene el aspecto de un bosque, presenta claras relaciones florísticas con el Senecionetum praecocis y por consiguiente con los matorrales.

Otra clase de relaciones, en cierto modo más íntimas, presentan algunas comunidades del Pedregal con las comunidades vegetales concretas que se desarrollan en terrenos vecinos al área en estudio, o en otra partes del Valle de México.

Ya se hizo notar que el Quercetum centralis lavosum está vínculado con Quercetum centralis tofosum, asociación que, además de cubrir algunos claros del Pedregal, ocupa, o más bien ocupaba, una región amplia situada al nor-nor-oeste de la corriente lava.

El Pinetun hartweii del Pedregal es una continuación del Pinetum hartweii propio de pisos superiores a los 2,800 m. de muchos parajes de la Serranía de Ajusco.

El Quercetum rugosae crassipedis se parece mucho al Pineto-Querceto-Cupressetum, una asociación característica del piso comprendido entre los 2,500 y 2,800 m. de elevación en la parte sur de la cuenca.

El Senecionetum praecocis, por el hecho de desarrollarse en habitats diversos, se relaciona más bien con varias comunidades diferentes.

Por la dominante *Senecio praecox*, por *Sedum oxypetalum*, y por algunos otros elementos, principalmente criptogámicos, la asociación está ligada con la vegetación característica de rocas desnudas, de peñascos, de barrancas, etc.

Un grupo de especies propias de las primeras etapas de las sucesiones secundarias, del que se hará mención en el cápitulo X, señala otra afinidad diferente.

Finalmente *Schinus Molle*, *Montanoa tomentosa*, *Plumbago pulchella*, otros arbustos y la mayor parte de las fórmulas herbáceas indican la relación de Senecionetum praecocis con la vegetación de las porciones secas de la parte norte del Valle de México.

Las demás comunidades del Pedregal presentan, aunque en menor grado, afinidades semejantes con asociaciones de terrenos circundantes.

2. Relaciones de tipo fitogeográficos.

El Valle de México forma parte de la Altiplanicie Mexicana, la cual, a su vez, pertenece a la región fitogeográfica holártica o artoterciaria. En efecto un gran número de los elementos florísticos del Pedregal presenta afinidades boreales, algunos géneros más representativos de estas afinidades son:

Pinus
Quercus
Alnus
Arbutus
Rubus
Ribes
Achillea
Cirisium
Penstemon
Castilleja

Un grupo, no muy numeroso de formas ofrece relaciones con la flora centro y sudamericana, p. e.:

Mentzelia
Mandevilla
Tagetes
Viguiera
Verbesina
Chaptalia
Perezia
Monnina
Fuchsia
Bomarea

Los primeros cinco géneros señalan afinidades neotropicales, mientras que los últimos son más bien de distribución antártico-andina.

Finalmente conviene señalar la existencia de una gran cantidad de géneros de distribución cosmopolita o preferentemente pan-tropical, como p. e.

Priva
Solanum

Ruellia
Acalypha
Passiflora
Begonia
Cuphea
Buddleia
Erythraea
Ipomoea

CONSIDERACIONES SINGENETICAS

A. sucesión

En el capítulo correspondiente a las generalidades se hizo referencia a lo que podría llamarse ciclo de vida de un pedregal. Toda corriente de lava que sale a la superficie terrestre está condenada a desaparecer de ella, bien destruída o bien escondida por sedimentos posteriores.

Hablando en términos geológicos la existencia de un Pedregal como rasgo fisionómicos tiene, salvo excepciones, una duración insignificante; pero midiéndola en lapsos de vida humana adquiere una magnitud apreciable.

Al ciclo vital de una corriente de lava le corresponde un ciclo de sucesión vegetacional. En el momento de la erupción, la lava incandescente destruye prácticamente todos los organismos vivientes que encuentra en su camino. Al enfriarse su superficie constituye un medio completamente estéril comparable con un desierto absoluto. A medida que transcurre el tiempo el Pedregal se recubre con un tapiz vegetal cada vez más conspicuo, más complejo y sociológicamente superior hallándose esta evolución en relación íntima con la acumulación del suelo y con la destrucción de la roca, fenómenos en que interviene en forma activa también la misma vegetación. La incidencia de este acontecimiento señala que la corriente ya desapareció como rasgo del paisaje, o está en vías de desaparición.

Toda esta secuela es aplicable al Pedregal de San Angel, siendo de gran interés el entender correctamente las relaciones de tipo sucesional entre las diferentes comunidades que hoy lo habitan. Estas relaciones, al parecer. no están bien claras; para su interpretación fue necesario elaborar algunas hipótesis, de las que se hará mención al final de este capítulo.

La figura 5 representa un cuadro hipotético de las sucesiones vegetales que han ocurrido, ocurren, y tal vez ocurrirán, en la zona de Pedregal de San Angel.

Existen suficientemente indicios para suponer que toda el área cubierta por lava ha sido ocupada durante algún tiempo por una comunidad de helechos xerofíticos del tipo de *Notholaena bonariensis* y *Cheilanthes myriophylla*, y más tarde por Senecionetum praecocis. Esta última asociación cubre aún hoy un terreno extenso y su primitivismo está claramente demostrado por la presencia de especies características de las primeras etapas de seres secundarias como son; *Wigandia caracasana*, *Dodonaea viscosa*, *Phytolacca icosandra*, etc. La parte baja del Pedregal caracterizada en el presente por Senecionetum praecocis tenderá probablemente hacia un Schinetum Molle, comunidad que irá a construir sólo una etapa intermedia hacia un clímax desconocido del fondo del Valle de México, inalcanzable en la actualidad por la influencia antropógena.

La asociación Quercetum centralis lavosum se originó tal vez directamente del Senecionetum, pero es factible también que le haya antecedido el Quercetum rugosae fruticosum. Su tendencia actual es sin duda hacia el Quercetum centralis tofosum, posiblemente clímax.

El Quercetum rugosae crassipedis deriva asimismo del Quercetum rugosae fruticosum y tiende hacia un clímax diferente; el *Pineto* Querceto-Cupressetum, mencionado en el capítulo anterior.

Es difícil dilucidar como se originaron las dos comunidades de pinos. Quizá les precedieron otras asociaciones de tipo diferente, pero faltan pruebas para afirmarlos. Tanto Pinetum hartwegii como Pinetum teocote deben alcanzar con el tiempo el clímax correspondiente a su piso altitudinal Abietum religiosae, o bien pueden detenerse en alguna etapa subclimática.

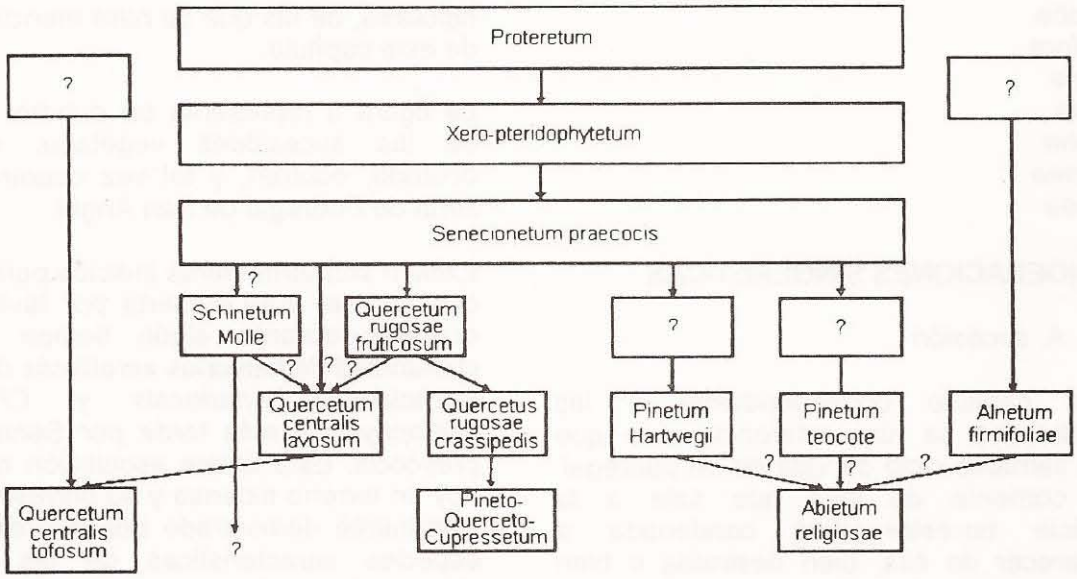


Fig. 5 Cuadro hipotético de la sucesión de comunidades vegetales en el Pedregal de San Angel (D. F., México).

De las dos comunidades observadas sobre terrenos no cubiertos por lava, la posición del Quercetum centralis tofosum se señaló anteriormente; el Alnetum firmifoliae es probablemente una comunidad serial que se convertirá también en Abietum religiosae.

B. Conclusiones.

Como ya se indicó, al fijar los límites de las diferentes asociaciones del Pedregal muchas veces se puede seguir con bastante aproximación la dirección de las curvas de nivel. Este hecho no tiene nada de extraordinario, puesto que fácilmente puede observarse en cualquier región montañosa. Los diagramas de temperatura y precipitación en función de la altitud (fig. 4) lo explican perfectamente.

Pero el problema no parece ser tan sencillo, dado que al ascender la pendiente del Pedregal se encuentra además por regla general comunidades cada vez más homogéneas, más estables y complejas, probablemente cada vez más cercanas al clímax.

Parece razonable pensar que el grado de sucesión que alcanza una comunidad vegetal sobre un substrato como la corriente de lava depende casi exclusivamente de la cantidad de suelo acumulado. En efecto, en la parte superior del Pedregal se pueden encontrar por lo general capas del suelo más gruesas que en la inferior. Pero en seguida cabría la pregunta: ¿por qué hay más suelo en la parte superior del Pedregal? Prescindiendo de otras suposiciones, es factible pensar que por el simple hecho de tener una precipitación más abundante y como consecuencia un mayor volumen de vegetación, ésta actúa más intensamente deteniendo y formando el suelo, lo que a la vez permite un desarrollo cada vez más robusto de las plantas, estableciéndose así una interacción entre el suelo y la vegetación de los cambio sucesionales.

En resumen se propone la siguiente hipótesis: En el caso de las sucesiones primarias sobre corriente de lava o substratos semejantes, la velocidad de la sucesión es tanto mayor cuanto más favorable sean las condiciones del clima para el desarrollo de la vegetación.

Volviendo a la cuestión de la distribución topográfica de las comunidades se puede encontrar que no siempre son sólo las cosas las que determinan los límites entre las asociaciones, existiendo entre otras veces disposiciones diferentes.

Aquí está, p.e., el caso de Quercetum rugosae crassipedis y de Quercetum centralis lavosum que son, podría decirse, en claves razonables de asociaciones mucho más avanzadas sucesionalmente. Según las observaciones que se pudieron recoger, estas dos comunidades se desarrollan sobre lavas cubiertas con una capa de suelo mucho más gruesa que las correspondientes a los fruticetum. Pero en tal caso surgiría otra vez la pregunta: ¿Cuál es ahora la causa de estas diferencias en la cantidad de suelo, tratándose de terrenos en condiciones topográficas análogas? Se carece de datos suficientes para poder contestar la pregunta: pero se ocurren como admisibles las dos posibilidades siguientes: o bien entre las diferentes erupciones del Xitle hubo periodos de interrupción tan largos como para permitir la existencia de corrientes de lava de edades muy diferentes; o bien las erupciones no fueron necesariamente muy separadas en el tiempo, pero entre una y otra hubo una época de fuerte expulsión de cenizas que cubrieron las corrientes hasta entonces existentes y han servido como materia prima para la formación de suelo.

Por otra parte, como ya se señalo en las descripciones, una facies del Senecionetum praecocis presenta una gran pobreza florística y de vegetación (casi exclusivamente la dominante, helechos y líquenes). La cantidad de suelo acumulado es muy escasa y es indudable que se trata de una fase muy temprana en el proceso de la sucesión. Topográficamente la facies ocupa tan soló la superficie de unas angostas corrientes de lava preexistente. Tal vez también podría aplicarse aquí alguna de las dos posibles explicaciones anteriormente propuestas.

RESUMEN

1. El presente trabajo es el resultado del estudio taxonómico de la flora y de observaciones ecológicas llevadas a cabo desde noviembre de 1951 hasta junio de 1953, en la región conocida con el nombre de Pedregal de San Angel, cuyo substrato está formado por una corriente de lava. La edad de la corriente se calcula en 2,500 años aproximadamente.

2. Dentro del área del Pedregal de San Angel varían considerablemente las condiciones climáticas, en particular la precipitación y la temperatura. Se define su variación en función de la elevación sobre el nivel del mar.

3. Al tratar de encontrar la causa de la gran riqueza florística del Pedregal, se definen los hábitats que pueden distinguirse sobre la superficie de la lava, así como las principales adaptaciones de los vegetales al respecto.

4. Se señala la primordial importancia de la cantidad de suelo disponible, cuyo espesor normalmente no sobrepasa de unos pocos centímetros, y a menudo falta por completo, constituyendo así el principal factor limitante para el desarrollo de una vegetación conspicua.

5. La existencia de una temporada seca y otra húmeda, fenómeno debido a la distribución desigual de la precipitación, se refleja en las adaptaciones que presentan los vegetales y en su fenología. Se discute también la influencia relativa de los cambios de temperatura.

6. Se discute el espectro biológico de la vegetación del Pedregal, hallando en el características de clima templado y otros rasgos propios de hábitats xerófilos.

7. Se distinguen y nombran, dentro del área del Pedregal, 9 asociaciones principales, 7 de las cuales son características de terrenos cubiertos por lava y 2 de lugares carentes de esta cubierta. Seis de las primeras 7 asociaciones (Senecionetum praecocis, Quercetum rugosae fruticosum, Quercetum centralis lavosum, Quercetum rugosae crassipedis, Pinetum Hartwegii, Pinetum teocote) se describen detalladamente la séptima (Abietum religiosae) así como las dos del segundo grupo (Quercetum centralis tofosum, Alnetum firmifoliae) se describen sólo superficialmente.

8. se incluye un inventario florístico total del Pedregal de San Angel indicando la

distribución de cada una de las especies, su forma biológica y el estrato en que viven.

9. Se hace mención de las principales plantas de cultivo encontradas y se presenta una lista de especies ruderales y arvenses.

10. Se sitúa la vegetación del Pedregal dentro de dos zonas de vegetación: 1, bosque montano y subalpino, y 2, matorrales semiáridos del Altiplano, señalado las afinidades florísticas y ecológicas respectivas.

11. Se presenta un cuadro hipotético de la sucesión de la vegetación del Pedregal. Se establece que las diferentes comunidades no son sucesionalmente equivalentes y se trata de explicar esta circunstancia.

12. Se incluye un mapa del área en estudio a escala de 1:40 000, señalando la situación de las diferentes comunidades vegetales.

RÉSUMÉ

1. Ce travail est le résultat de l'étude taxonomique de la flore et des observations écologiques faites depuis le mois de Novembre 1951 jusqu'a juin 1953 dans la région connue sous le nom de Pedregal de San Angel, dont le substrat est formé par un courant de lave. L'áge de ce courant est calculé à peuprés à 2,500 ans.

2. Les conditions climatiques dans la région du Pedregal de San Angel varient considéreblement, surtout les précipitations et la température. Sa variation est définie par rapport de l'altitude.

3. En traitran de trouver la cause de la grande richesse floristique du Pedregal on définit les habitats qui peuvent se distinguer sur la surface de la lave, ainsi que les adaptations principales respectives des végétaux.

4. Il fuat signaler l'importance primordiale de la quanité du sol disponible, dont l'épaisser généralment ne depasse pas de centimétres et fréquement n'existe pas d tout, ce quiconstitut le principal facteur de limitation pour le développement dd'une végétation remarquable.

5. L'existence d'une époque séche et autré humide, ce phénoméne dú à la distbution inégales des précipitations, se refléte dans les adaptations que présentent les végétaux et dans leur phénologie. On discute également i'influence relative aux changements de température.

6. Le spectre biologíque de la végétation du Pedregal est discuté, et on y rétrouve les caratéristiques du climat tempére et autrés traits particuliers aux habitats xerophytiques.

7. Dans la région du Pedregal on a differencié et nommé 9 associations principales, dont 7 d'entre elles son caractéristiqués de terrains couvers convertspar la lave et 2 associations es endroits oú la lave n'existe pas. Les 6 premieres de 7 associations (Senecionetum praecocis, Quercetum rugosae fruticosum, Quercetum centralis lavosum, Quercetum rugosae crassipedis, inetum Hartweii, Pinetum teocote) ont été décrites dúne maniére détaillée, et la septiéme (Abietum religiosae), ainsi que les deux du second groupe (Quercetum centralis tofosum, Alnetum firmifoliae) ont été décrites seulement superficiellement.

8. Un inventaire complet floristique du Pedregal est inclus, indiquaunt la distribution de chaque especé, sa forme biologique et le strate sur lequel ellevit.

9. Les principales plantes de culture rencontrées sont mentionées avec présentation d'une liste des espéces ruderales et arviennes..

10. La végétation du Pedregal est située entre deux zones de végétation: 1. forét de montagne et subalpine et 2. halliers sémi-arides du Haut-plateau. Les affinités floristiques et écologiques respectives sont signales.

11. On présente un tableau hypothétique de la succecion de la végétation du Pedregal. On établit que les differentes communautés ne sont succesionalement equivalents et on traite d'expliquer cette circonstanta.

12. Inclus une carte géographique de la région en étude á l'echelle de 1:40 000, indiquant l'orientation de différentes communaute´s végétales.

BIBLIOGRAFIA[1]

Altamirano, F. 1895, Informe sobre algunas excursiones a las montañas del Ajusco y Serranía de Las Cruces. Secretaría de Fomento. México, D. F.

Arnold, J. R. and W. F. Library. 1951 Radiocarbon dates. Science, CXIII: 118

Borja Osorno, A. 1948 Carta del Valle de México, Ing. Hidr., II: 14.

Braun-Blanquet, J. 1950 Sociología vegetal. Acme Agency, Buenos Aires.

Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. 1952. Boletín Hidrológico Nº 1. México, D. F.

Conzatti, C. 1946-1947. Flora taxonómica mexicana. Publicación de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Vols. 1 y 2. México, D. F.

Davis, H. B. 1936 Life and Work of Curys Guersney Pringle. University of Vermont Burlington.

Golomb, B. A. description of the Pedregal de San Angel Tesis no publicada. (México City College).

Harshberger, J. W. 1898 Botanical observations on the mexican flora, especially on the flora of the valley of Mexico. Proc. Acad. Nat. Sc. Phil. pág. 372

Hemsley, W. B. 1879-1888. Biología centrali-Americana. R. H. Poster Editor Botany Vols. I-V. Londres.

Huguet del Villar, E. 1929. Geobotánica. Editorial Labor. Barcelona.

Koeppen, W. 1950 Climatología. Fondo de Cultura Económica. México D. F.

Leopold, A. S. 1952. Zonas de vegetación de México. Bol. Soc. Méx. Geogr. Estad. LXXIII: 47.

Maldonado-Koerdell, M. El pedregal de San Angel. Para publicarse en 1954.

Martínez, M. 1937. Catálogo de nombres vulgares y científicos de las plantas mexicanas. Ediciones Botas. México, D. F.

Ordoñez, E. 1890 El pedregal de San Angel. Apuntes para la petrológia del Valle de México, Mem. Soc. Cient. A. Alzate, IV: 115

Ramírez, J. 1899. La vegetación de México. Secretaría de Fomento. México, D. F.

Reiche, C. 1914.La vegetación de los alrededores de la Ciudad de México. Tipografía Moderna. México, D. F.

Reiche, C. 1922. Los movimientos higroscópicos de los helechos xerofiticos y de las selaginelas en el Pedregal de San Angel, D. F. Bol. Univ. Nac. Méx, pág. 443.

[1]Sólo se enumeran los trabajos más importantes.

Reiche, C. 1923. Die Vegetationsverhaeltnisse inder Umgebung der Hauptstadt von Mexico. Bol. Jahrb., Beiblatt 129.

Reiche, C. 1926 Flora excursoria en el Valle Central de México, Secretaría de Educación Pública, México, D. F.

Schmitter, E. 1953. Investigación petrológica en las lavas del Pedregal de San Angel. Mem. Congr. Cient. Méx. Vol III: 218. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

Standley, P. C. 1920-1926. Trees and Shrubs of México. Contr. U. S. Nat. Herb. XXIII: 1.

Waitz, P. y E. Wittich. 1911. Tubos de explosión en el Pedregal de San Angel. Bol. Soc. Méx. Goegr. Estad., Vii:169.

Weaver, J. E. y F. E. Clemente. 1950. Ecología vegetal. Acme Agency. Buenos Aires.

Wittich, E. 1919. Los fenómenos microvolcánicos en el Pedregal de San Angel. Mem. Soc. Cient. A. Alzate. XXXVIII: 101.

Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Angel, México, D.F.

ALFONSO VALIENTE-BANUET[1], EFRAIN DE LUNA GARCIA[2]

1 Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México Apartado Postal 70-275 04510 México, D.F.
2 Instituto de Ecología, A. C. Apartado Postal 63-91000 Xalapa, Veracruz, México.

RESUMEN

La reserva del Pedregal de San Angel, localizada dentro de los terrenos de la Universidad Nacional Autónoma de México y con un matorral xerófilo como tipo de vegetación, ha sido considerada como un sitio de alta riqueza florística desde el siglo pasado. Es de interés realizar una evaluación de su flora, dado que el área original del matorral ha sido reducida de 4000 a 124.5 ha. En ella se encuentran actualmente un total de 301 especies de angiospermas agrupadas en 61 familias.

Con base en la información florística disponible se calcula que el número original de especies en la comunidad era de aproximadamente 350. De éstas en la actualidad aún existen en la reserva 226 originales, cifra mayor que la que se esperaría de acuerdo a la relación empírica de la teoría de biogeografía de islas.

Se analizan las posibles fuentes de especies de los nuevos registros los cuales son asociados a la dispersión de diásporas de encinares aledaños a la reserva, así como a la introducción de propágulos en el suelo que se acarrea de diferentes partes del sur del Distrito Federal a los jardines de la Universidad. La extinción local de elementos está relacionada con la urbanización y el saqueo de especies, prácticas que ocurren actualmente.

ABSTRACT

The Pedregal of San Angel reserve, located in the campus of the Universidad Nacional Autónoma de México, characterized by a xerophilous scrubland vegetation, has been considered as a place of high floristic richness since the last century. Considering that the original area occupied by the scrubland has been reduced from 4000 to 124.5 ha, it is important to analyze the number and identity of the species that currently can be found in the area. In this work we report that the reserve has 301 species of angiosperms grouped in 61 families.

Considering available floristic information of this community, we estimate that the original number of species was approximately 350. Of this number it is still possible to find 226 species. This figure is higher than expected according to the empirical relation of the theory of island biogeography. The sources of newly recorded species are discussed in the context of diaspore dispersión from adjacent oak forests and the introduction of propagules in the soil transported into the University gardens from other sites in the Distrito Federal. Local extinction of taxa is associated to urbanization and robbery of ornamental species, activities that have not ceased.

INTRODUCCION

La reserva biológica del Pedregal de San Angel fue establecida el 30 de septiembre de 1983 por la Universidad Nacional Autónoma de México para conservar la fauna y la vegetación de una comunidad natural establecida sobre una porción de sustrato rocoso conocido como Pedregal de San Angel. Este malpaís que abarcaba una superficie original de 8000 ha estaba ocupado por diferentes comunidades

vegetales distribuídas siguiendo un gradiente altitudinal (Rzedowski, 1954).

La reserva se encuentra ubicada en una de dichas comunidades denominada por Rzedowski (1954) como *Senecionetum praecocis*, un matorral xerófilo localizado actualmente dentro de los terrenos de la Universidad a una altitud de 2240 m.s.n.m.

Considerando que dicha comunidad ocupaba una superficie original de 4000 ha, es decir la mitad del derrame, y que en la actualidad la extensión de la reserva es de 124.5 ha, es evidente la importancia de determinar la identidad de las especies presentes. Alvarez et al (1982) realizan un análisis preliminar sobre el efecto de la reducción del área en el número de especies, sin embargo una limitante a dicho estudio consistió en no contar con un inventario reciente de la flora de la zona. En ese trabajo los autores señalan que aun cuando el área de la comunidad ha sido reducida más de diez veces, el número de especies originales es mayor de lo que se esperaría (50% de las originales) de acuerdo con la relación empírica de la teoría de biogeografía de islas (MacArthur & Wilson, 1967).

La flora de la reserva es de gran interés, dado que ofrece la oportunidad para estudiar sus cambios en el tiempo gracias a la existencia de listados previos. De éstos, particularmente importantes para este trabajo son los de Reiche (1914), quien hace una descripción de la vegetación y la flora de los alrededores de la Ciudad de México, de Gándara (1925), quien cita especies para la zona de interés que en la actualidad no es posible encontrar, de Rzedowski (1954), en el cual figura un total de 298 especies nativas de angiospermas y 30 arvenses, cuando el matorral estaba casi en un completo estado de conservación, de Gold (1955), quien proporciona un listado de especies de cactáceas para el Valle de México, varias de las cuales son citadas para el pedregal en estudio y, de Alvarez et al. (1982), quienes elaboran el proyecto de conservación de la reserva.

Este estudio presenta un listado de especies actualizado hasta el año de 1987, en el cual se trata de hacer una evaluación de la situación actual de la flora, a fin de tener un punto de partida para posibles análisis futuros sobre el efecto de la reducción del área.

AREA DE ESTUDIO

La Reserva Biológica del Pedregal de San Angel se encuentra localizada en los terrenos de la Universidad Nacional Autónoma de México. El relieve topográfico es muy pronunciado generando una alta heterogeneidad espacial en forma de hondonadas, hoyos, grietas, planos, etc. Varios autores han argumentado que la alta diversidad vegetal encontrada en el área es producto de dicha heterogeneidad, la cual produce mosaicos con condiciones microclimáticas distintas, permitiendo el establecimiento de una gran cantidad de especies con diferentes requerimientos ambientales (Rzedowski,1954; Alvarez et al.,1982).

La temperatura media anual es de 15.5 °C con variaciones extremas que van de los -6°C hasta los 34.6°C y con una precipitación pluvial de 870 mm anuales.

Rzedowski (1979) describe la vegetación como un matorral xerófilo constituído predominantemente por un estrato herbáceo bien desarrollado, un arbustivo ligeramente menos importante y pocos elementos arbóreos. Una descripción detallada de la vegetación puede encontrarse en Rzedowski (1954) y Alvarez et al. (1982).

MATERIALES Y METODOS

El listado de especies que se presenta está basado en 745 números de colecta hechos por Alvarez et al. (1982). Los autores del presente trabajo, colectaron extensivamente a partir de noviembre de 1980 a octubre de 1982. Entre 1984 y 1987 se realizaron únicamente colectas selectivas y recorridos de observación en busca de plantas no registradas previamente. El listado fue actualizado en cuanto a cambios nominales por sinonimia, autoridades, etc., tomando como base los trabajos de Rzedowski & Rzedowski (1979, 1985). Con base en los

trabajos de Reiche (1914) y Gándara (1925) se detectaron taxa presentes actualmente en el área de reserva que escaparon al registro por Rzedowski (1954). La suma de éstos con los que enumeró el último autor y con los citados por Gold (1955), permitió establecer el número aproximado de especies originales en la comunidad de *Senecio praecox*. Este listado original se confrontó con el actual con lo cual se determinaron las especies extintas localmente, así como los nuevos registros en la zona. De estos últimos se definió si se trata de especies típicamente de hábitos ruderales o si se les encuentra dentro de la zona protegida.

La identificación del material colectado se realizó en el Herbario Nacional (MEXU) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los ejemplares se encuentran depositados en el Herbario de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (FCME), así como en el Herbario Nacional del Instituto de Biología de la UNAM (MEXU).

RESULTADOS Y DISCUSION

La flora actual existente en la reserva del Pedregal de San Angel está constituída por 301 especies agrupadas en 61 familias de fanerógamas (ver listado). Con base en las listas de Reiche (1914), Gándara (1925), Rzedowski (1954) y Gold (1955) se estima que el número original de especies era de 350, cifra que abarca los registros de malezas del penúltimo autor. Así, para el año de realización del trabajo de Rzedowski, el Pedregal contaba al menos con 345 especies, de las cuales para 1987 sólo se registraron 226, lo que revela una pérdida de 124 (Fig. 1) A su vez existen un total de 77 especies que probablemente han entrado a la comunidad más recientemente. De éstas, 20 estaban citadas por Rzedowski (1954) para encinares adyacentes a la comunidad bajo estudio, por lo que tales bosques podrían estar constituyendo una posible fuente de repoblación, 2 especies son introducidas (*Rhynchelytrum repens*, una gramínea de origen africano, y *Opuntia robusta*, escapada probablemente del Jardín Botánico de la UNAM), las 55 especies restantes son de procedencia incierta. Cabe señalar que aproximadamente 25% de estos nuevos registros tienen hábitos ruderales y su presencia puede estar asociada a perturbaciones. A su vez, el número de especies indica que las estimaciones hechas por Alvarez et al. (1982) de 400 taxa originales están sobrestimadas.

El probable número de especies originales y su cambio en el tiempo (Fig. 1) indica que entre 1954 y 1987 la extinción de especies se incrementó de forma significativa. La pérdida de 120 taxa para dicho intervalo podría explicarse considerando eventos de perturbación intensos, asociados a procesos de urbanización así como al saqueo de especies. Así por ejemplo, en cuanto a perturbaciones, Rzedowski (1954) señala la existencia de grupos de plantas de distribución restringida a ciertas partes del Pedregal que en la actualidad se encuentran urbanizadas. Por ejemplo aquellas como *Polygonum hydropiperoides, P. punctatum* e *Hydrocotyle verticillata*, pudieron haber desaparecido del sitio debido a la destrucción de los habitats acuáticos en donde es común encontrarlas. El saqueo por otra parte, explica al parecer la desaparición de taxa como los que se presuntan en el cuadro 1. De acuerdo con Gold (1955), dicha práctica ha sido común con cactáceas en el Valle de México y en la actualidad continúa siéndolo con otras plantas como *Muhlenbergia robusta, Echeveria gibbiflora* y *Opuntia tomentosa* principalmente.

Los autores desean enfatizar el carácter dinámico de cambio en la composición de especies del área de reserva lo cual puede hacer que el presente informe quede incompleto en un futuro. Una actividad que contribuye a este cambio en la composición, aparte de las ya mencionadas, es la introducción de suelo con diásporas a los camellones de la Universidad proveniente de varias partes del sur del Distrito Federal. Evidentemente esta zona de considerable riqueza florística, tal como ha sido señalada por diversos autores (Rzedowski,1954 y Alvarez et al., 1982), sigue manteniendo un alto porcentaje de los componentes originales y un elevado número total de especies, lo cual la hace en extremo interesante. Su permanencia como sitio de alto valor

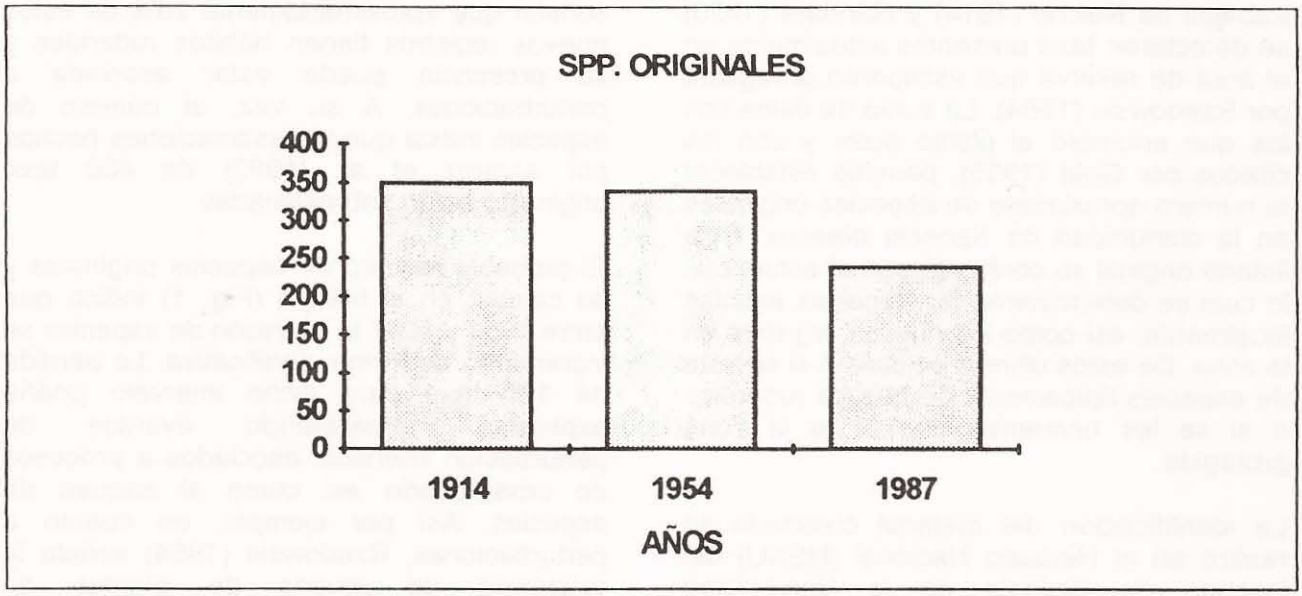


Fig. 1 Número de especies originales actualmente presentes en la reserva del Pedregal de San Angel, en relación con registros anteriores.

científico dependerá de la planeación y el cumplimiento de reglamentos dentro de la Universidad que vayan dirigidos a evitar tanto la salida como la entrada artificial de especies a la comunidad.

Cereus colubrinus = *Aporocatus flageliformis*	(Reiche, 1914)
Cereus baumeri	(Gándara, 1925)
Cereus speciosus = *Heliocereus speciosus*	(Gándara, 1925)
Echinocactus sp.	(Gándara, 1925)
Mammillaria candida	(Gándara, 1925)

Cuadro 1 Especies de cactáceas citadas por diferentes autores cuya ausencia actual es asociada al saqueo para su venta. Se anota la fuente.

científico dependerá de la planeación y el cumplimiento de reglamentos dentro de la Universidad que vayan dirigidos a evitar tanto la salida como la entrada artificial de especies a la comunidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Dr. Fernando Chiang, Dr. T. P. Ramamoorthy y Dr. Exequiel Ezcurra la revisión del manuscrito. El M. C. Francisco Espinosa identificó los ejemplares de *Gnaphalium* y proporcionó valiosa información acerca de plantas ruderales colectadas por él. El Biól. Miguel Angel Soto identificó las Orchidaceae. El Dr. Alfonso Delgado permitió el uso del Herbario Nacional. Todo lo escrito en este trabajo es absoluta responsabilidad de los autores.

LITERATURA CITADA

Alvarez, S. F, I. J. Carabias, J. Meave del Castillo, F. D. Nava, Z. F. Rodríguez, G. C. Tovar & A. Valiente. 1982. Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Angel. Documento inédito. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

Gándara, G. 1925. Otro modo de estimar la flora del Valle de México. Mex. For. 3: 157-162

Gold, D. 1955. Las cactáceas del Valle de México. Cact. Suc. Mex. 3: 33-35.

MacArthur, R. H. & E. O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press. Princeton. 421 pp.

Reiche, C. 1914 . La vegetación de los alrededores de la Ciudad de México. Tipografía Moderna. México, D. F. 145 pp

Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Angel (Distrito Federal, México). An. Esc. Nac Cien. Biol., Méx. 8(1-2): 59-129.

Rzedowski, J. & G. C. de Rzedowski. 1979. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol. 1. Compañía Editorial Continental, S. A. México, D. F. 403 pp

Rzedowski, J. & G C. de Rzedowski. 1985. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol. 2. Publ 15. Instituto de Ecología, A. C. México D. F. 674 pp.

LISTADO DE ESPECIES DE LA RESERVA DEL PEDREGAL DE SAN ANGEL

La flora de la reserva del Pedregal está constituída por todas las especies que están antecedidas por @, *, &. y sin notación. @ = citada por Reiche (1914) y/o Gándara (1925) y no registrada de Rzedowski (1954),* = especie común con el listado de Rzedowski (1954) para la comunidad de Senecio praecox y & = citada por el mismo autor pero para los encinares localizados en el Pedregal de San Angel. Estas y las que carecen de signo constituyen taxa no registrados previamente para la comunidad de interés. El signo ç indica que ya no fueron encontradas y que fueron citadas por Rzedowski. Las especies de *Eucalyptus, Casuarina equisetifolia, Ligustrum japonicum y Fraxinus uhdei* introducidas a los terrenos de la Universidad no están incluidas. El término ruderal considera plantas que son encontradas frecuentemente junto a caminos o en camellones.

ACANTHACEAE

*	*Dicliptera peduncularis* Nees	Ruderal
ç	*Justicia furcata* Jacq.	
ç	*Pseuderanthemum praecox* (Benth.) Leonard	
ç	*Ruellia bourgaei* Hemsl.	
ç	*Ruellia speciosa* (Nees) Lindau	

AMARANTHACEAE

	Alternanthera repens (L.) Kuntze	Ruderal
*	*Amaranthus hybridus* L.	Ruderal
ç	*Froelichia interrupta* (L.) Moq.	
ç	*Guilleminea densa* (Willd.) Moq.	
*	*Gomphrena decumbens* Jacq.	
*	*Iresine calea* Ibañez	
*	*Iresine celosia* L.	
*	*Iresine grandis* Standley	

AMARYLLIDACEAE
* *Agave salmiana Otto ex Salm var. ferox* (Koch) Gentry
* *Agave inaequidens* Koch
ç *Agave* sp.
ç *Bomarea acutifolia* Herb.
* *Hypoxis decumbens* L.
* *Manfreda brachystachya* (Cav.) Rose
& *Sprekelia formosissima* Herb.
* *Zephyranthes sessilis* Herb.
* *Zephyranthes concolor* Benth. & Hook.

ANACARDIACEAE
* *Schinus molle* L.

APOCYNACEAE
ç *Mandevilla foliosa* (Muell. Arg.) Hemsl.

ARISTOLOCHIACEAE
ç *Aristolochia subclausa* Wats.

ASCLEPIADACEAE
* *Asclepias linaria* Cav.
ç *Asclepias mexicana* Cav.
ç *Asclepias ovata* Mart. & Gal.
* *Cynanchum kunthii* Standley
ç *Gonolobus macranthus* Kuntze
* *Gonolobus uniflorus* H. B. K.
ç *Matelea prostrata* Woods.
ç *Pherotrichis balbisii* (Decne.) Gray
ç *Sarcostemma elegans* Decne.

BEGONIACEAE
* *Begonia gracilis* H. B. K.

BIGNONIACEAE
@ *Tecoma stans* H. B. K.
Tecoma stans var. *velutina* DC.

BORAGINACEAE
* *Lithospermum pringlei* Johnst.

BROMELIACEAE
* *Tillandsia juncea* (R. & P.) Poiret
* *Tillandsia recurvata* L.

BURSERACEAE
@ *Bursera cuneata* (Schl.) Engl.
@ *Bursera fagaroides* (H.B.K.) Engl. var. fagaroides

CACTACEAE
* *Mammillaria magnimamma* Haworth
* *Mammillaria sanangelensis* Sánchez-Mejorada
Opuntia robusta Wendland

Escapada del Jardín Botánico

* *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck
* *Opuntia tunicata* Link & Otto

CAMPANULACEAE
* *Lobelia berlandieri* DC.

CAPPARIDACEAE
* *Polanisia uniglandulosa* (Cav.) DC.

CARYOPHYLLACEAE
ç *Alsine moehringioides* Rohrb.
* *Arenaria bourgaei* Hemsl.
* *Arenaria lanuginosa* (Michx.) Rohrb.
ç *Arenaria lycopodioides* Willd. ex Schl.
* *Corrigiola andina* Planch. & Triana
ç *Drymaria cordata* Willd.
* *Drymaria glandulosa* Bartling
Drymaria leptophylla (Cham. & Schl.) Fenzl

CHENOPODIACEAE
Chenopodium album L. Ruderal
* *Chenopodium graveolens* Willd. Ruderal

COMMELINACEAE
& *Aneilema pulchella* (H. B. K.) Woods
Callisia sp.
* *Commelina coelestis* Willd.
* *Commelina coelestis* f. *albipetala* Matuda
* *Commelina dianthifolia* L.
Commelina diffusa Burm. f.
* *Commelina pallida* Willd.
ç *Commelina tuberosa* L.
* *Tinantia erecta* (Jacq.) Schl.
* *Tradescantia crassifolia* Cav.
ç *Tripogandra disgrega* Woods.

COMPOSITAE
* *Ageratum corymbosum* Zucc. ex Pers.
Ambrosia psilostachya DC. Ruderal
ç *Aster subulatus* Michx.
* *Baccharis conferta* H.B.K.
* *Baccharis ramulosa* (DC.) Gray
ç *Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pavón) Pers.
& *Baccharis sordescens* DC.
& *Bidens anthemoides* (DC.) Gray
* *Bidens odorata* Cav.
* *Brickellia* aff. *scoparia* (DC.) Gray
* *Brickellia veronicaefolia* (H.B.K.) Gray
ç *Carminatia tenuiflora* DC.
Cirsium jorullense (H. B. K.) Spreng. Ruderal
Conyza canadensis (L.) Cronquist Ruderal
ç *Conyza coronopifolia* H. B. K.
& *Cosmos bipinnatus* Cav.
* *Dahlia coccinea* Cav.

*	*Dahlia pinnata* Cav.	
ç	*Dyssodia papposa* (Vent.) Hitchc.	
ç	*Erigeron maximus* Otto	
ç	*Erigeron pubescens* H . B . K .	
*	*Erigeron scaposus* DC.	
	Eupatorium deltoideum Jacq .	
*	*Eupatorium petiolare* Moc.	
&	*Eupatorium pulchellum* H. B. K.	
&	*Eupatorium pycnocephallum* Less.	
*	*Florestina pedata* Cass.	
*	*Galinsoga parviflora* Cav.	
*	*Galinsoga quadriradiata* R & P.	Ruderal
&	*Gnaphalium americanum* Mill.	
&	*Gnaphalium bourgovii* Gray	
	Gnaphalium brachypterum DC.	
*	*Gnaphalium canescens* DC.	
	Gnaphalium chartaceum Greenm.	Ruderal
&	*Gnaphalium inornatum* DC.	Ruderal
*	*Gnaphalium luteo-album* L.	Ruderal
&	*Gnaphalium oxyphyllum* DC.	
&	*Gnaphalium purpurascens* DC.	
	Gnaphalium semiamplexicaule DC.	
	Gnaphalium stagnale Johnst.	Ruderal
	Gnaphalium stramineum H. B. K.	Ruderal
*	*Lagascea rigida* (H. B. K.) Stuessy	
*	*Heterosperma pinnatum* Cav.	Ruderal
&	*Heterotheca inuloides* Cass.	Ruderal
*	*Montanoa tomentosa* Cerv.	
*	*Parthenium bipinnatifidum* (Ort.) Rollins	Ruderal
ç	*Pectis prostrata* Cav.	
ç	*Pectis schaffneri* Fern.	
*	*Pinaropappus roseus* Less.	
*	*Piqueria trinervia* Cav.	
ç	*Sabazia humilis* (H.B.K.) Cass.	
*	*Sanvitalia procumbens* Lam.	
*	*Schkuhria pinnata* var. virgata (La Llave) Heiser	
*	*Senecio cardiophyllus* Hemsl.	
*	*Senecio praecox* DC.	
*	*Senecio roldana* DC.	
*	*Senecio salignus* DC.	
	Senecio vulgaris L.	Ruderal
	Simsia amplexicaulis (Cav.) Pers.	Ruderal
*	*Sonchus oleraceus* L.	Ruderal
ç	*Spilanthes oppositifolia* (Lam.) D'Arcy	
ç	*Stevia micrantha* Lag	
ç	*Stevia nepetifolia* H.B.K.	
*	*Stevia organoides* H.B.K.	
*	*Stevia ovata* Willd.	
*	*Stevia salicifolia* Cav.	
ç	*Stevia viscida* H. B. K.	
ç	*Tagetes lucida* H. B. K.	
*	*Tagetes micrantha* Cav.	
*	*Tagetes tenuifolia* Cav.	

*	*Taraxacum officinale* Wig.	Ruderal
*	*Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass.	Ruderal
ç	*Tridax coronopifolia* (H. B. K.) Hemsl.	
ç	*Trixis michuacana* var. *longifolia* (D. Don) C. Anderson	
*	*Verbesina virgata* Cav.	
ç	*Viguiera buddleiiformis* (DC.) Benth. & Hook.	
ç	*Viguiera excelsa* (Willd.) Benth. & Hook.	
*	*Zinnia peruviana* (L.) L.	

CONVOLVULACEAE

*	*Cuscuta corymbosa* Ruiz & Pavón	
ç	*Cuscuta potosina* Schaffner	
ç	*Dichondra argentea* H. & B.	
*	*Evolvulus alsinoides* (L.) L.	
	Ipomoea capillacea (H. B. K.) Don	
*	*Ipomoea decasperma* Hallier	
ç	*Ipomoea hirsutula* Jacq.	
*	*Ipomoea longepedunculata* Hemsl.	
ç	*Ipomoea muricata* Cav.	
	Ipomoea pedatisecta Mart. & Gal.	Ruderal
	Ipomoea purpurea (L) Roth	Ruderal
ç	*Ipomoea stans* Cav.	
*	*Quamoclit coccinea* Moench	

CRASSULACEAE

@	*Echeveria gibbiflora* DC.	
&	*Echeveria mucronata* (Bak.) Schl.	
*	*Sedum oxypetalum* H.B.K.	
*	*Villadia batesii* (Hemsl.) Baehni & Macbr.	
*	*Villadia parviflora* (Hemsl.) Rose	

CRUCIFERAE

*	*Brassica campestris* L.	Ruderal
	Coronopus didymus L.	Ruderal
*	*Eruca sativa* Mill.	Ruderal
	Halimolobos berlandieri (Fourn.) Schulz	Ruderal
*	*Lepidium virginicum* L.	Ruderal
	Nasturtium mexicanum Moc. & Sessé	
	Sisymbrium altissimum L.	Ruderal

CUCURBITACEAE

*	*Cyclanthera pringlei* Rob. & Seat.	
*	*Sicyos laciniata* L.	
*	*Sicyos parvifolia* Willd.	

CYPERACEAE

*	*Bulbostylis capillaris* (L.) Clarke	
	Carex longicaulis Boeck.	
*	*Cyperus aristatus* Rottb.	
*	*Cyperus cayennensis* Britt.	
*	*Cyperus esculentus* L.	
	Cyperus flavus (Vahl) Nees	
*	*Cyperus hermaphroditus* (Jacq.) Standley	

Cyperus manimae H.B.K. var. *asperrimus* (Liebm.) Kukenth.
* *Cyperus seslerioides* H.B.K.
* *Cyperus spectabilis* Link
Cyperus sp.
ç *Eleocharis dombeyana* Kunth
* *Eleocharis montevidensis* Kunth
ç *Eleocharis nervata* Svenson
* *Eleocharis acicularis* (L.) R. & S.
* *Kyllinga pumila* Michx.

DIOSCOREACEAE
* *Discorea galeottiana* Kunth

EUPHORBIACEAE
* *Acalypha indica* var. *mexicana* (Muell. Arg.) Pax & Hoffm.
ç *Acalypha monostachya* Cav.
* *Acalypha phleoides* Cav.
ç *Croton reflexifolius* H. B. K.
* *Euphorbia adenoptera* Bertol.
* *Euphorbia dentata* Michx.
* *Euphorbia furcillata* H. B. K.
* *Euphorbia graminea* Jacq.
* *Euphorbia macropus* (Kl. & Garcke) Boiss.
* *Euphorbia mendezii* Boiss.
ç *Euphorbia nutans* Lag.
* *Euphorbia prostrata* Ait.
ç *Euphorbia subreniformis* Wats.
Ricinus communis L. Ruderal

FAGACEAE
& *Quercus centralis* Trel.

GENTIANACEAE
ç *Centaurium chironioides* (Griseb.) Druce
Erythraea quitensis H. B. K.

GERANIACEAE
ç *Geranium aristisepalum* Moore
* *Geranium seemannii* Peyr.

GRAMINEAE
* *Aegopogon cenchroides* Humb.& Bonpl.
* *Aegopogon tenellus* Trin.
ç *Agrostis semiverticillata* C. Chr.
ç *Andropogon barbinodis* Lag.
* *Andropogon hirtiflorus* (Nees) Kunth
* *Aristida appressa* Vasey
ç *Aristida divaricata* H. & B.
ç *Aristida laxa* Cav.
ç *Aristida schiedeana* Trin. & Rupr.
* *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.
* *Bouteloua gracilis* Lag.

ç	*Bouteloua simplex* Lag.	
*	*Bromus anomalus* Rupr.	Ruderal
	Bromus carinatus Hook. & Arn.	Ruderal
*	*Chaetium bromoides* (Presl) Benth.	
*	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.	Ruderal
	Digitaria ternata (A. Rich.) Stapf	Ruderal
ç	*Eragrostis intermedia* Hitchc.	
*	*Eragrostis mexicana* Link	
	Hordeum jubatum L.	Ruderal
*	*Leptochloa dubia* Nees	
*	*Lycurus phalaroides* H. B. K.	
*	*Lycurus phleoides* H. B. K.	
*	*Microchloa kunthii* Desv.	
	Muhlenbergia alamosae Vasey	
*	*Muhlenbergia ciliata* (H. B. K.) Kunth	
ç	*Muhlenbergia implicata* Kunth	
ç	*Muhlenbergia monticola* Buckl.	
ç	*Muhlenbergia pusilla* Steud.	
*	*Muhlenbergia rigida* (H. B. K.) Kunth	
*	*Muhlenbergia robusta* Hitchc.	
ç	*Muhlenbergia utilis* Hitchc.	
*	*Panicum bulbosum* H. B. K.	
ç	*Panicum lepidulum* Hitchc. & Chase	
ç	*Panicum plenum* Hitchc. & Chase	
&	*Paspalum convexum* Humb. & Bonpl.	
*	*Paspalum tenellum* Willd.	
*	*Poa annua* L.	Ruderal
	Rhynchelytrum repens (Willd.) C. E. Hubb.	Introducida
*	*Setaria geniculata* Beauv.	
*	*Setaria griesebachii* (H. B. K.) Fourn.	
	Sporobolus atrovirens (H. B. K.) Kunth	
	Sporobolus poiretii Hitchc.	
	Sporobolus pyramidatus (Lam.) Hitchc.	
ç	*Stipa mucronata* H. B. K.	
*	*Stipa virescens* H. B. K.	
*	*Trachypogon montufari* (H. B. K.) Nees	
ç	*Tripogon spicatus* Ekman	
*	*Tripsacum lanceolatum* Rupr.	

HYDROPHYLLACEAE

*	*Wigandia urens* (Ruiz & Pavón) H. B. K.	

IRIDACEAE

&	*Tigridia pavonia* (L. f.) Ker.	
*	*Nemastylis tenuis* (Herb.) Baker	
*	*Sisyrinchium bracteatum* Greenm.	

LABIATAE

*	*Leonotis nepetaefolia* R Br.	Ruderal
*	*Marrubium vulgare* L.	Ruderal
*	*Salvia amarissima* Ort.	Ruderal
*	*Salvia mexicana* L.	
*	*Salvia polystachya* Ort.	

*	*Salvia riparia* H. B. K.	Ruderal
*	*Salvia tiliaefolia* Vahl	Ruderal

LEGUMINOSAE

*	*Calliandra grandifolia* (L'Hér.) Benth	
*	*Canavalia villosa* Benth.	
ç	*Cologania angustifolia* Kunth	
*	*Cologania biloba* (Lindl.) Nich.	
ç	*Cologania grandiflora* Rose	
*	*Crotalaria pumila* Ort.	
ç	*Dalea citriodora* Willd.	
*	*Dalea humilis* G. Don	
&	*Dalea zimpanica* Schauer	
ç	*Desmodium callilepis* Hemsl.	
ç	*Desmodium macropodium* Hemsl.	
ç	*Desmodium neo-mexicanum* Gray	
*	*Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg.	
	Medicago lupulina L.	
	Medicago polymorpha var. *vulgaris* (Benth.) Shinners	
*	*Melilotus indicus* (L.) All.	Ruderal
*	*Mimosa biuncifera* Benth.	
ç	*Minkelersia galactioides* Mart. & Gal.	
*	*Minkelersia multiflora* Rose	
*	*Phaseolus anisotrichos* Schl.	
*	*Phaseolus heterophyllus* Willd.	
*	*Senna septemtrionalis* (Viv.) Irwin & Barneby	
ç	*Trifolium amabile* H. B. K.	
ç	*Trifolium goniocarpum* Lojac.	
ç	*Zornia thymifolia* H. B. K.	

LILIACEAE

ç	*Aloe vera* L.	
*	*Allium glandulosum* Link & Otto	
*	*Allium scaposum* Benth.	
*	*Anthericum nanum* Baker	
*	*Calochortus barbatus* (H. B. K.) Painter	
*	*Echeandia reflexa* Rose	
*	*Milla biflora* Cav.	
ç	*Nothoscordum bivalve* Britt.	

LINACEAE

ç	*Linum mexicanum* H. B. K.	

LOASACEAE

*	*Mentzelia hispida* Willd.	

LOGANIACEAE

*	*Buddleia cordata* H. B. K.	
*	*Buddleia parviflora* H. B. K.	
*	*Buddleia sessiliflora* H. B. K.	Ruderal

LYTHRACEAE
* *Cuphea aequipetala* Cav.
* *Cuphea wrightii* Gray

MALPIGHIACEAE
* *Gaudichaudia mucronata* (Moc. & Sessé) Juss.

MALVACEAE
ç *Anoda incarnata* H. B. K.
ç *Hibiscus* aff. *spiralis* Cav.
* *Kearnemalvastrum lacteum* (Ait.) Bates Ruderal
ç *Malvaviscus arboreus* Cav.
ç *Sida glabra* Mill.

NYCTAGINACEAE
ç *Boerhaavia coccinea* Mill.
* *Mirabilis jalapa* L. Ruderal

ONAGRACEAE
* *Fuchsia minimiflora* Hemsl.
* *Lopezia racemosa* Cav. Ruderal
Oenothera pubescens Willd. ex Spreng.
* *Oenothera rosea* L'Hér. ex Ait. Ruderal

ORCHIDACEAE
@ *Bletia campanulata* La Llave & Lexarza
Bletia punctata La Llave & Lexarza
Bletia purpurata Rich. & Gal.
ç *Bletia reflexa* Lindl.
Bletia urbana Dressler
* *Cranichis schaffneri* Reichb.
Cyrtopodium punctatum (L.) Lindley
Epidendrum anisatum La Llave & Lexarza
@ *Govenia superba* (La Llave & Lexarza) Lindl. ex Loddiges
* *Habenaria clypeata* Lindl.
* *Habenaria enthomantha* (La Llave & Lexarza) Lindl.
* *Malaxis carnosa* (H. B. K.) Schweinf.
* *Malaxis fastigiata* (Reichb. f.) Kuntze
* *Malaxis myurus* (Lindl.) Kuntze
Schiedeella hyemalis (Rich & Gal.) Balogh
* *Schiedeella llaveana* (Lindl.) Schl.
* *Schiedeella pyramidalis* (Lindl.) Schl.
* *Spiranthes polyantha* Reichb. f.
* *Spiranthes schaffneri* Reichb. f.
* *Stenorrhynchos aurantiacum* (La Llave & Lexarza) Lindl.
* *Stenorrhynchos cinnabarium* (La Llave & Lexarza) Lindl.
Tiphora mexicana (S. Watson) Schl.

OXALIDACEAE
Oxalis corniculata L. Ruderal

* *Oxalis divergens* Benth. ex Lindl
* *Oxalis latifolia* H. B. K.
ç *Oxalis painteri* Knuth
* *Oxalis tetraphylla* Cav.

PAPAVERACEAE
* *Argemone ochroleuca* Sweet — Ruderal

PASSIFLORACEAE
* *Passiflora subpeltata* Ort.

PHYTOLACCACEAE
* *Phytolacca icosandra* L.

PIPERACEAE
* *Peperomia campylotropa* Hill.
* *Peperomia galioides* H. B. K.
ç *Peperomia hispidula* Gray

PLANTAGINACEAE
* *Plantago major* L. — Ruderal
Plantago lanceolata L. — Ruderal

PLUMBAGINACEAE
* *Plumbago pulchella* Boiss.

POLEMONIACEAE
Loeselia coerulea (Cav.) Don
Loeselia glandulosa (Cav.) Don
* *Loeselia mexicana* Brand

POLYGALACEAE
ç *Polygala subalata* S. Wats.

POLYGONACEAE
Polygonum aviculare L. — Ruderal
ç *Polygonum hydropiperoides* Mchx.
ç *Polygonum punctatum* Ell.
Rumex obtusifolius L. — Ruderal

PORTULACACEAE
* *Portulaca mexicana* P. Wilson
Portulaca pilosa L.
ç *Talinum lineare* H. B. K.
* *Talinum napiforme* DC.
* *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.

RANUNCULACEAE
* *Clematis dioica* L.
ç *Ranunculus dichotomus* Moc. & Sessé
* *Thalictrum gibbosum* Lecoyer

RESEDACEAE
* *Reseda luteola* L. — Ruderal

ROSACEAE
Rosa montezumae Humb. & Bonpl.
ç *Rubus cymosus* Rydb.
& *Rubus liebmannii* Focke
ç *Rubus oligospermus* Thornb.

RUBIACEAE
* *Bouvardia ternifolia* Schl.
* *Crusea diversifolia* (H. B. K.) Anderson
ç *Crusea longiflora* (Willd. ex Roem. & Schult.) Anderson
ç *Galium mexicanum* H. B. K.
Galium uncinulatum DC.
* *Richardia tricocca* (Torrey & Gray) Loesener
ç *Spermacoce ocymoides* Burm.
ç *Spermacoce verticillata* L.

SAPINDACEAE
* *Cardiospermum halicacabum* L.
* *Dodonaea viscosa* Jacq.

SCROPHULARIACEAE
ç *Buchnera obliqua* Benth.
ç *Castilleja gracilis* Benth.
ç *Castilleja tenuiflora* Benth.
* *Lamourouxia rhinanthifolia* H. B. K.
* *Lamourouxia tenuifolia* Mart. & Gal.
ç *Maurandya antirrhiniflora* H. & B.
* *Penstemon campanulatus* Willd .

SOLANACEAE
* *Datura stramonium* L. Ruderal
* *Nicotiana glauca* Graham Ruderal
ç *Nierembergia angustifolia* H. B. K.
* *Physalis chenopodiifolia* Lam.
Physalis philadelphica Lam. Ruderal
& *Physalis subintegra* Fern.
ç *Solanum bulbocastanum* Dun.
ç *Solanum cervantesii* Lag.
* *Solanum nigrescens* Mart. & Gal.
* *Solanum rostratum* Dun. Ruderal

UMBELLIFERAE
* *Arracacia tolucensis* var. *multifida* Math. & Const
Conium maculatum L.
ç *Eryngium comosum* Delar. f
ç *Hydrocotyle verticillata* Thunb.

VALERIANACEAE
Valeriana robertianifolia Briq.
* *Valeriana sorbifolia* H. B. K. var. *sorbifolia*

VERBENACEAE
ç *Bouchea prismatica* var. *brevirostra* Grenz
ç *Priva grandiflora* (Ort.) Moldenke

ç *Priva mexicana* (L.) Pers.
ç *Verbena gracilis* Desf.
ç *Verbena menthaefolia* Benth.

VITACEAE
* *Cissus sicyoides* L.

Relaciones fitogeográficas de la flora vascular de la reserva del Pedregal de San Angel, México, D. F.

Ana Herrera Legarreta y Lucía Almeida Leñero.

Lab. de Biogeografía, Fac. de Ciencias, UNAM.

INTRODUCCION

Los matorrales de *Senecio praecox* son relativamente frecuentes en el centro del país y típicos de lugares muy rocosos. Han sido clasificados por Rzedowski (1978) dentro de los matorrales xerófilos.

La diversidad florística de la comunidad denominada por Rzedowski (1954) como *Senecionetum praecoxis*, localizada en Ciudad Universitaria, en la que se encuentra la Reserva del Pedregal de San Angel, D.F. ha sido reconocida por varios botánicos desde el siglo pasado (Valiente-Banuet y de Luna, 1990). Esta característica es explicable por la gran cantidad de microambientes, producto de su heterogénea topografía y de su ubicación en la mitad meridional de la República, que se considera como una de las regiones florísticamente más ricas en el mundo (Rzedowski, 1979) y como centro de evolución de linajes vegetales (Rzedowski, 1991a).

La Reserva del Pedregal de San Angel es un área natural protegida, que en una superficie tan pequeña como son sus 146 has presenta 71 familias, 254 géneros y alrededor de 320 especies de flora vascular.

De las 71 familias, 66 son fanerogámicas, esta cifra representa el 30% del total de 220 reportadas para México por Rzedowski (1991b). Las familias que tienen mayor número de géneros en la Reserva del Pedregal de San Angel son: *Compositae* (41), *Gramineae* (25), *Leguminosae* (15) y *Orchidaceae* (11), éstas coinciden con las citadas por Rzedowski (1991b) como las mejor representadas en el país.

La combinación de elementos geográficos es una de las peculiaridades más significativas de la flora mexicana (Rzedowski, 1991a); sus principales afinidades fitogeográficas son principalmente neotropicales y neárticas, presenta también un porcentaje considerable de géneros endémicos y en menor proporción también comparte vínculos con otras regiones del mundo (Rzedowski, 1962, 1973, 1991b; Luna et al. 1989; Puig, 1989).

En la flora de los matorrales xerófilos de México las afinidades con el hemisferio sur son más importantes que con las del norte por lo que se les considera dentro del Reino Neotropical, particularmente de la Región Xerofítica Mexicana Rzedowski (1978).

ANTECEDENTES

Entre las publicaciones recientes sobre la flora del Pedregal destaca el estudio florístico y ecológico de Rzedowski (1954) y el inventario actualizado de la Reserva del Pedregal de San Angel de Valiente-Banuet y de Luna (1990).

Es finalidad de este trabajo determinar las relaciones geográficas actuales de los géneros de la flora de la Reserva del Pedregal de San Angel.

AREA DE ESTUDIO

La Reserva del Pedregal de San Angel se localiza en la Ciudad Universitaria, al sur de la Ciudad de México, a 2,250 m.s.n.m. La topografía del terreno es muy accidentada, producto de los movimientos del magma al enfriarse. Su edad aproximada se estima en 2,500 años.

La cantidad de suelo desarrollada es escasa por lo que presenta aridez fisiológica. La temperatura media anual oscila entre 14° y 15°C y la precipitación entre 700 y 950 mm anuales.

METODOLOGIA

La lista florística de la Reserva del Pedregal de San Angel utilizada en este trabajo, contiene un total de 254 géneros pertenecientes a 71 familias de flora vascular, puede considerarse completa. Proviene fundamentalmente del inventario de Valiente Banuet y de Luna (1990) al que se le agregaron 14 géneros de flora vascular no fanerogámica del listado de Rzedowski (1954) y 2 de la familia *Orchidaceae* Soto Arenas (com. pers.). Siguiendo el criterio de Cleef y Chaverri (1992) y Kappelle et al.(1992) se dividieron las afinidades por componente a nivel de familia y de género y por elemento únicamente para este último. Para conocer la distribución geográfica de las familias se consultó la obra de Cronquist (1981) y para la de los géneros se utilizaron los trabajos de Rzedowski y Rzedowski (1979, 1985, 1990) y de Willis (1988).

Conviene señalar que este análisis se hizo con base en datos de ausencia/presencia de los taxa y seguramente de realizarse un análisis cuantitativo los porcentajes de los diferentes elementos fitogeográficos se modificarían.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se distinguieron 3 componentes fitogeográficos (Fig. 1). A nivel de familia el mayor porcentaje, 52%, corresponde al componente tropical, 21% al templado y 27% al cosmopolita. A nivel de género el tropical aumenta a 70%, mientras que el templado y el cosmopolita disminuyen a 17% y 12% respectivamente.

En la Fig. 2. se muestran los 11 elementos fitogeográficos que se encontraron para la flora de la Reserva del Pedregal de San Angel, en ésta se observa que el elemento neotropical es el mejor representado, 19%; le siguen el americano con 17% y el tropical y subtropical con 16%, la del pantropical (9%) es poco importante y las relaciones con Africa y con Asia son bastante reducidas, 4% y 2%, respectivamente.

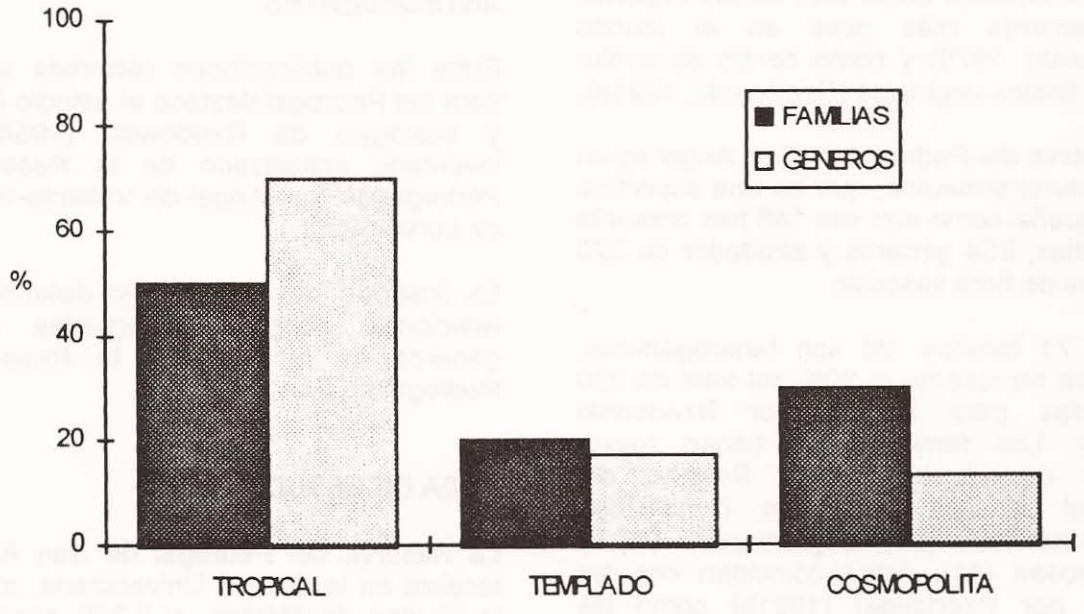


Fig. 1 Espectro fitogeográfico de los componentes para las 71 familias y los 254 géneros de la flora de la Reserva del Pedregal de San Angel, México, D. F.

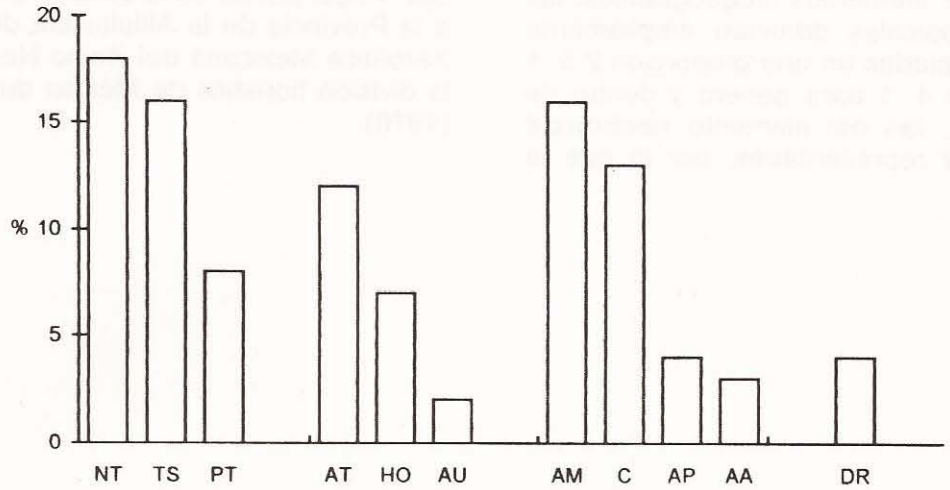


Fig. 2 Espectro fitogeográfico de los elementos para los géneros de la flora de la Reserva del Pedregal de San Angel, México, D. F. Los diferentes elementos fitogeográficos están indicados por: NT = neotropical, TS = tropical y subtropical, PT = pantropical, HO = holártico, AU = australantártico, AM = americano, C = cosmopolita, AP = anfipacífico, AA = anfiatlántico y DR = distribución restringida.

Dentro de las afinidades templadas el mayor porcentaje, 11%, pertenece al elemento ampliamente templado, el 7% del holártico es poco considerable y el australantártico es prácticamente inexistente.

En cuanto a los géneros de la flora de la Reserva del Pedregal de San Angel de distribución restringida a México se siguieron las divisiones del elemento endémico propuestas por Rzedowski (1991b), quien con el fin de poder detectar los endemismos verdaderos extendió las fronteras del país a las regiones naturales, definidas por condiciones ecológicas denominándolas de la siguiente manera: Megaméxico 1 cuando se incluyan las partes de las zonas áridas sonorense, chihuahuense y tamaulipeca que pertenecen a Estados Unidos; Megaméxico 2 cuando comprenda al territorio centroamericano hasta el norte de Nicaragua y Megaméxico 3 cuando abarque ambas extensiones. En la flora de la Reserva del Pedregal de San Angel el 4% corresponde al total de los géneros de distribución restringida a estas divisiones y de éstas, la mejor representada es Megaméxico 3, en la que se encuentran los siguientes géneros: *Carminatia, Crusea, Dichromanthus, Florestina, Milla, Pherotrichis* y *Pinaropappus* (Cuadro 1).

En la cuantificación por estrato por elemento, el estrato herbáceo es el predominante: (75%), en éste, el elemento neotropical es el más importante (18%); en el arbustivo, (15%), los elementos tropical y subtropical (20%) y neotropical (18%) están bien representados; en el rasante, (8%), el elemento americano alcanza el mayor porcentaje (37%), mientras que el arbóreo y el epifítico son muy escasos.

En la flora de la Reserva del Pedregal de San Angel se desarrollan géneros que según Rzedowski (1991b) pueden haberse originado en México y migrado hacia el sur, entre ellos, *Aegopogon, Bouteloua, Galinsoga* y *Tagetes*, así como géneros que en la Región Mesoamericana de Montaña presentan un importante centro de diversificación (Rzedowski, 1978) y que en la Reserva del Pedregal de San Angel están representados con un gran número de especies, entre ellos: *Muhlenbergia* (8), *Stevia* (6), *Senecio* (5) y *Salvia* (5).

Aunque el origen en la composición de la flora de la Reserva del Pedregal de San

Angel es muy diverso, ya que en ella intervienen 11 elementos fitogeográficos, las afinidades tropicales dominan ampliamente sobre las templadas en una proporción 2.5: 1 para familia y 4: 1 para género y dentro de las tropicales, las del elemento neotropical son las mejor representadas, por lo que la flora de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel puede considerarse perteneciente a la Provincia de la Altiplanicie de la Región Xerofítica Mexicana del Reino Neotropical en la división florística de México de Rzedowski (1978).

Elemento fitogeográfico	NT	AM	TS	C	AT	PT	HO	DR				AP	AA	AU
DIVISIONES								México	Megamexico 1	Megamexico 2	Megamexico 3			
ESTRATOS ARBOREO	*Bursera* *Schinus*					*Buddleia*	*Quercus*							
ARBUSTIVO	*Bouvardia* *Lagascea* *Montanoa* *Ricinus* *Stevia* *Tecoma* *Wigandia*	*Echeveria* *Malvaviscus* *Mendevilla* *Senna* *Trixis* *Verbesina*	*Calliandria* *Canavalia* *Croton* *Dodonaea* *Eupatorium* *Fuchsia* *Mimosa* *Nicotiana*	*Clematis* *Hibiscus*	*Asclepias* *Salvia* *Senecio* *Sida*	*Aloe* *Brickellia* *Cissus* *Passiflora* *Solanum*	*Baccharis* *Rosa* *Rubus* *Sedum*		*Eysendhartia*			*Kearnemalvastrum*	*Iresine*	
HERBACEO	*Aegopogon* *Agave* *Ageratum* *Arracacia* *Bletia* *Bouteloua* *Cirsium* *Cosmos* *Cuphea* *Cyclanthera* *Cyrtopodium* *Chaetium* *Dahlia* *Froelichia* *Galinsoga* *Gaudichaudia* *Gomphrena* *Govenia* *Lamourouxia* *Lopezia* *Lycurus* *Manfreda* *Mentzelia* *Phlebodium* *Physalis* *Priva* *Pseudoranthemum* *Sarcioglothis* *Tagetes* *Talinum* *Tigridia* *Triphora* *Villadia* *Zephyranthes* *Zinnia*	*Alternanthera* *Bommeria* *Bouchea* *Calochortus* *Cologania* *Dyssodia* *Gibasis* *Gonolobus* *Govenia* *Halimolobus* *Heterospermum* *Heterotheca* *Loeselia* *Matelea* *Maurandya* *Mirabilis* *Nemastilys* *Oenothera* *Opuntia* *Parthenium* *Polanisia* *Sanvitalia* *Schkuria* *Tradescantia* *Tridax* *Tripsacum* *Verbena* *Viguiera*	*Amaranthus* *Ambrosia* *Andropogon* *Anthorepalum* *Aristolochia* *Boerhaavia* *Buchnera* *Cynanchum* *Cyperus* *Cystopteris* *Cheilantes* *Datura* *Desmodium* *Dicliptera* *Eryngium* *Hydrocotyle* *Hypoxis* *Justicia* *Killinga* *Ophioglossum* *Phaseolus* *Portulaca* *Psilotum* *Quamoclit* *Sarcostema* *Schiedella* *Spillantes* *Stipa* *Thalictrum* *Zornia*	*Adiantum* *Asplenium* *Bidens* *Blechnum* *Coronopus* *Cuscuta* *Chenopodium* *Digitaria* *Dryopteris* *Eleocharis* *Eragrostis* *Erigeron* *Gnaphalium* *Habenaria* *Lobelia* *Malaxis* *Marsilea* *Oxalis* *Panicum* *Pellaea* *Plantago* *Polygala* *Polygonum* *Polypodium* *Setaria*	*Agrostis* *Aristida* *Aster* *Bromus* *Carex* *Conium* *Drymaria* *Galium* *Geranium* *Hordeum* *Lepidium* *Linum* *Lithospermum* *Medicago* *Melilotus* *Plumbago* *Poa* *Ranunculus* *Sisymbrium* *Sonchus* *Tripogon* *Valeriana*	*Acalypha* *Begonia* *Bomarea* *Bulbostilys* *Commelina* *Conyza* *Dioscorea* *Ipomoea* *Leptochloa* *Microchloa* *Paspalum* *Peperomia* *Phytolaca* *Piqueria* *Ponthieva* *Ruellia* *Sporobolus*	*Allium* *Castilleja* *Eruca* *Marrubium* *Muhlenbergia* *Nastartium* *Penstemon* *Reseda* *Rumex* *Taraxacum*	*Sprekelia*		*Dithyridanthus*	*Carminatia* *Crusea* *Dichromanthus* *Florestina* *Milla* *Pherotrichis* *Pinaropappus*	*Callisia* *Cardiospermum* *Nothoscordum* *Simsia* *Tinantia* *Tithonia* *Tripogandra*	*Cynodon* *Leonotis* *Rynchelitrum* *Sicyos* *Trachypogon*	*Sisyrinchium*
RASANTE	*Mammillaria* *Nierembergia* *Sabazia*	*Argemone* *Dalea* *Dichondra* *Evolvulus* *Guilleminae* *Pectis* *Richardia*	*Crotalaria* *Sellaginella*	*Corrigiola* *Erythraea* *Euphorbia*	*Trifolium*		*Arenaria* *Minuartia*					*Anthericum*		
EPIFITICO	*Tillandsia*	*Epidendrum*												

AGRADECIMIENTOS

Damos las gracias al Dr. Jorge Meave del Castillo por sus valiosos comentarios al manuscrito y al Dr. Alfonso Valiente-Banuet por la revisión de éste.

LITERATURA CITADA

Cleef, A. M. y A. Chaverri P. 1992. Phytogeography of the páramo flora of Cordillera de Talamanca, Costa Rica. In: Páramo. An Andean ecosystem under human influence. H. Balslev & J. L. Luteyn (Eds.) Academic Press. Harcourt Brase Jovanich Publ. 45-60.

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia Univ. Press. 1262 pp.

Kappelle, M., A. Chaverri y A. M. Cleef 1992. Phytogeography of Talamanca montane Quercus forests, Costa Rica. J. Biogeography. 299- 315.

Luna, I., L. Almeida y J. Llorente. 1989. Florística y aspectos fitogeográficos del bosque mesófilo de montaña de las Cañadas de Ocuilan, Mor. Méx. An. Inst. Biol. Méx. UNAM, Ser. Bot. 5: 63-87.

Puig, H. 1989. Análisis fitogeográfico del bosque mesófilo de Gómez Farías. BIOTAM 1: 34-53.

Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Angel, (Distrito Federal, México). An. Esc. Nac. Cien. Biol. 8 (1-2): 59-129.

Rzedowski, J. 1962. Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México. I. Algunas consideraciones acerca del elemento endémico de la flora mexicana. Bol. Soc. Bot. Méx. 27: 52-65.

Rzedowski, J. 1973. Geographical relationships of the flora of Mexican dry regions. In: Vegetation and vegetational history of northern Latin America. A. Graham (Ed.) Elsevier Scientific Company. Amsterdam. 61-72.

Rzedowski, J.1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.

Rzedowski, J. 1979. Introducción. In: Flora fanerogámica del Valle de México. J. Rzedowski y G. C. de Rzedowski (Eds.) Vol. 1, Ed. CECSA, Mexico: 11-60.

Rzedowski, J. 1991 a. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. Acta Bot. Mex. 47-64.

Rzedowski, J. 1991 b. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Bot. Mex. 14: 3-21.

Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski. 1979. Flora fanerogámica del Valle de México, Vol. I. CECSA, México. 403 pp.

Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski. 1985. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. II. Publ. No. 15 Esc. Nal. Cienc. Biol. e Instituto de Ecología, A. C. México. 674 pp.

Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski. 1990. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. III. Instituto de Ecología. Pátzcuaro, Mich. 494 pp.

Valiente-Banuet, A. y E. de Luna. 1990. Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Angel, México, D.F. Acta Bot. Mex. 9: 13-30.

Willis, J. C. 1988. A dictionary of the flowering plants and ferns. 8th Ed. Cambridge Univ. Press. London. 1245 pp.

Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Angel

Jorge Meave[1], Julia Carabias[1], Vicente Arriaga[1] y Alfonso Valiente-Banuet[2].

1) Laboratorio de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México 04510, D.F., México;
2) Centro de Ecología, UNAM, Ap. Postal 70-275, México, D. F.

RESUMEN

Durante un año se realizaron observaciones fenológicas bisemanales de 19 especies de plantas abundantes en la comunidad de matorral xerófilo en El Pedregal de San Angel, D.F., México. A pesar del carácter claramente caducifolio de esta comunidad, algunas especies dominantes presentaron hojas durante todo el año. A nivel de la comunidad, la floración tuvo su máximo en la época lluviosa, aunque algunas de las especies que florecen en la temporada seca son muy abundantes. El número de especies fructificando alcanzó un pico al final de la estación lluviosa. La combinación de los patrones de floración y fructificación permitió establecer grupos de especies con estrategias fenológicas semejantes, los cuales en algunos casos parecen estar asociados a otras características de las especies. Este estudio reveló la existencia de lagunas en el conocimiento de los aspectos dinámicos de esta comunidad, y refuerza la necesidad de realizar nuevas investigaciones en este campo.

PALABRAS CLAVE: Estacionalidad, Fenología, Floración, Foliación, Fructificación, Matorral xerófilo, Pedregal de San Angel, Ritmos biológicos.

INTRODUCCION

Las observaciones fenológicas constituyen uno de los enfoques más útiles para conocer la dinámica de las comunidades de plantas, y para acercarse al entendimiento de los factores que influyen en los ritmos biológicos (Smythe, 1970; Frankie, Baker y Opler, 1974; Gentry, 1974; Opler, Frankie y Baker, 1976; Davies, 1976; Foster, 1982, entre otros).

En el caso de comunidades vegetales que se desarrollan sobre ambientes muy heterogéneos, por ejemplo sobre corrientes de lava, el estudio de patrones fenológicos presenta particular interés por la posibilidad de que dicha heterogeneidad (que en el caso de los pedregales está determinada por su compleja topografía), influya significativamente sobre el desempeño de las plantas y por lo tanto determine la existencia de una gran variabilidad en las respuestas fenológicas.

En este artículo se presentan observaciones fenológicas cualitativas realizadas en un periodo anual sobre los ritmos de foliación, floración y fructificación de especies vegetales abundantes en la comunidad de matorral xerófilo en el Pedregal de San Angel.

SITIO DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la reserva biológica del Pedregal de San Angel, al sur del Distrito Federal (México), a una altitud aproximada de 2300 m s.n.m. El matorral xerófilo que constituye la vegetación predominante de esta zona y la flora que lo caracteriza fueron descritos en detalle por Rzedowski (1954). Posteriormente se han publicado listados actualizados de la flora de esta comunidad (Alvarez et al., 1986; Valiente-Banuet y de Luna García, 1990). Todos estos trabajos han sido reproducidos en este volumen.

Aunque esta comunidad está ubicada en la parte más húmeda de la Cuenca de México (Rzedowski, 1979a), es notable la pobreza del desarrollo del suelo; por esta razón, la capacidad de retención de agua, y por consecuencia la disponibilidad de este recurso para las plantas, es mucho más baja que en sitios aledaños. Esto puede tener implicaciones sobre el comportamiento fenológico de las plantas, ya que posiblemente

éstas tienen una dependencia más directa de la cantidad de agua recibida en forma de lluvia en las distintas épocas del año. Otras características del suelo citadas por Rzedowski (1954: 66), tales como una textura arenoso-limosa y pobreza en nitrógeno y fósforo, sugieren un ambiente desfavorable para el crecimiento vegetal, aunque esto puede estar compensado por la existencia de un gran porcentaje de materia orgánica.

Rzedowski (1979a) describió el régimen climático de la parte sur de la cuenca de México, y en particular del área que corresponde al Pedregal de San Angel (Rzedowski, 1954). La zona se caracteriza por una estacionalidad térmica poco marcada, aunque se distingue una época de temperaturas más elevadas durante marzo, abril y mayo, antecedida por una época relativamente fría en diciembre, enero y febrero. En contraste, el patrón de la precipitación presenta una estacionalidad muy marcada; la época de lluvias se inicia en forma moderada en mayo y tiene un máximo entre junio y septiembre. En octubre la precipitación desciende notablemente y permanece con valores muy bajos de noviembre a abril. El promedio total anual es de alrededor de 800 mm (Rzedowski, 1979a). La combinación de las variaciones de temperatura y humedad durante el año permitieron dividirlo en tres épocas para fines de la descripción de los patrones fenológicos: lluvias (mayo - octubre), secas de invierno (noviembre - febrero), y secas de primavera (marzo y abril).

METODOS

La selección de especies se basó en un muestreo de la vegetación realizado previamente por estudiantes de un curso de Ecología Vegetal de la Facultad de Ciencias durante la estación lluviosa (datos no publicados). Se decidió incluir especies abundantes representativas de varias formas de vida y estratos, suponiendo que esto permitiría tener una visión aproximada del comportamiento fenológico global de la comunidad. La muestra incluyó 19 especies pertenecientes a 11 familias, aunque ocho especies son Compositae (Tabla 1). La nomenclatura de las especies está de acuerdo con los tres volúmenes de la *Flora Fanerogámica del Valle de México*, en particular a las secciones cuyas referencias se incluyen en la Tabla 1. Como todas las especies pertenecen a géneros distintos (aunque algunos de esos géneros tienen otros representantes en la zona de estudio), y con el fin de ser breves, de aquí en adelante las especies serán nombradas únicamente por el epíteto genérico.

A pesar de que todas estas especies están bien representadas en la vegetación, algunas pueden considerarse como verdaderas dominantes estructurales y fisonómicas. Tal es el caso de *Buddleia, Cissus, Eupatorium, Montanoa, Muhlenbergia, Senecio, Schinus* y *Verbesina*. Esta última especie no sólo es muy abundante en el Pedregal de San Angel, sino que parece ser la especie más abundante en toda la cuenca del Valle de México (Sánchez Sánchez, 1979).

En el campo se marcaron diez individuos por especie, procurando seleccionar aquellos que tuvieran un aspecto sano y que por su tamaño y/o por su estado fenológico fuera probable o seguro que hubieran alcanzado la madurez reproductiva. Para algunas especies el tamaño muestral se redujo posteriormente debido a la muerte de algunos individuos o por problemas logísticos; en esos casos los patrones se describieron con base en los individuos remanentes.

Las observaciones tuvieron una periodicidad bisemanal, iniciándose en la primera semana de diciembre de 1980, y se continuaron hasta principios de enero de 1982. En cada fecha de observación se examinaron los individuos marcados para determinar la presencia de las tres estructuras de interés: hojas, flores y frutos. Para cada estructura se distinguieron tres estadíos de desarrollo: juvenil, maduro y senil. Se consideraron como hojas juveniles aquellas cuyas láminas no se habían expandido totalmente, y como hojas seniles aquellas con aspecto marchito o las que habían perdido una parte considerable de su superficie. El momento de la antesis permitió distinguir entre flores juveniles y maduras; como flores seniles se consideraron las que tuvieran signos de marchitamiento y en las

Tabla 1. Especies seleccionadas para el estudio de patrones fenológicos en el matorral xerófilo del Pedregal de San Angel, México, agrupadas por forma de crecimiento.

Especie (Familia)	Referencia
Arboles de talla mediana	
Buddleia cordata HBK. (Loganiaceae)	Vargas Nicasio (1985)
Bursera cuneata (Schl.) Engl. (Burseraceae)	Arreguín Sánchez (1979)
Schinus molle L. (Anacardiaceae)	Marroquín (1985a)
Plantas arborescentes	
Wigandia urens (Ruiz & Pavón) HBK. (Hydrophyllaceae)	Ochoa Gaona (1985)
Senecio praecox (Cav.) DC. (Compositae)	García Pérez (1985)
Arbustos y subarbustos	
Eupatorium petiolare Moc. ex DC. (Compositae)	Espinoza Garduño (1985a)
Lagascea rubra HBK. (Compositae)	Rzedowski (1985)
Montanoa tomentosa Cerv. (Compositae)	Rzedowski (1985)
Verbesina virgata Cav. (Compositae)	Rzedowski (1985)
Trepadoras herbáceas o leñosas (Aunque sea parcialmente)	
Cardiospermum halicacabum L. (Sapindaceae)	Marroquín (1985b)
Cissus sicyoides L. (Vitaceae)	Calderón de R. (1985)
Dioscorea galeottiana Kunth (Dioscoreaceae)	Sánchez Colón (1990)
Metastelma angustifolium Turcz. (Asclepiadaceae)	Stevens (1985)
Hierbas perennes (Incluyendo suculentas y gramonoides)	
Echeveria gibbiflora Cav. (Crassulaceae)	Calderón de R. (1979)
Muhlenbergia robusta (Fourn.) Hitchc. (Graminae)	Herrera y Rzedowski (1990)
Piqueria trinervia Cav. (Compositae)	Espinoza Garduño (1985b)
Rhynchelitrum repens (Willd.) Hubb.	Herrera y Rzedowski (1990)
Hierbas anuales	
Florestina pedata (Cav.) Cass. (Compositae)	Rzedowski (1985)
Tagetes lunulata Ort. (Compositae)	Rzedowski (1985)

que probablemente ya se había producido la fecundación. En ocasiones éstas últimas se contaban como frutos juveniles, aunque en otros casos en éstos ya habían desaparecido los vestigios de los verticilios florales externos. Como frutos maduros se contaron aquellos que tenían el tamaño y la coloración definitivos, pero en los que no se había realizado la dispersión. Los frutos carnosos parcialmente comidos, así como los frutos secos después de la dehiscencia, fueron contados como frutos seniles. Con frecuencia la categoría senil no se observó para algunas estructuras, y de hecho el valor de la inclusión de este estadío radicó en la posibilidad de verificar la ocurrencia del estadío maduro, especialmente cuando éste no se registró por haberse presentado entre dos observaciones.

Durante la toma de datos se hizo una ponderación de la representación relativa de cada estadío para cada estructura. Sin embargo, la descripción que se presenta a continuación se basa completamente en la transformación de esta información a datos de presencia/ausencia (ver Apéndice).

RESULTADOS

1. Foliación

La presencia de hojas es constante en esta comunidad vegetal, con una disminución en

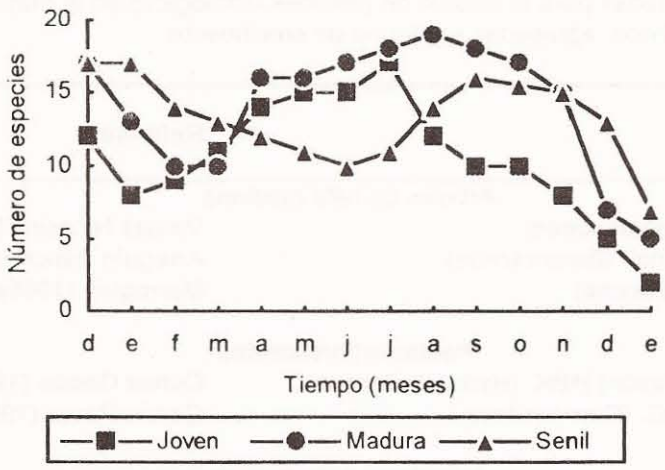


Figura 1. Patrón fenológico de la foliación de 19 especies abundantes en la comunidad de matorral xerófilo en el Pedregal de San Angel, México.

la época de secas, una reactivación al inicio de las lluvias y un máximo en la segunda mitad de las lluvias (Fig. 1). El comportamiento durante las secas invernales de 1980 difirió grandemente con respecto a la misma temporada de 1981; en el primer año la disminución de hojas fue mucho menor que en el segundo año de observación. Se presentó una clara alternancia entre el estadío juvenil, el cual predominó al inicio de las lluvias, y el de hojas seniles, cuya presencia aumentó al final de las lluvias.

Este patrón general resulta de la combinación de los comportamientos individuales de las especies, de los cuales se reconocieron tres grupos:

a) El primer grupo incluye especies perennifolias que presentan hojas maduras todo el año, o bien que pierden las hojas maduras en algún mes, pero que al ocurrir esto de manera sincrónica con la producción de hojas jóvenes, la planta nunca pierde totalmente el follaje (Fig. 2). Ejemplos de las primeras son *Wigandia*, *Eupatorium* y *Montanoa*, y entre las segundas están *Buddleia*, *Lagascea*, *Cardiospermum*, *Verbesina* y *Echeveria*. Todas estas especies producen hojas jóvenes durante todo el año, aunque

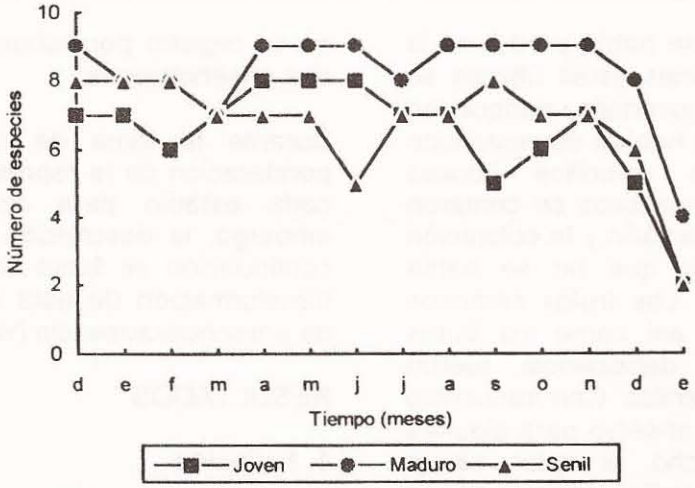


Figura 2. Patrones de foliación de especies perennifolias durante un periodo anual en el Pedregal de San Angel.

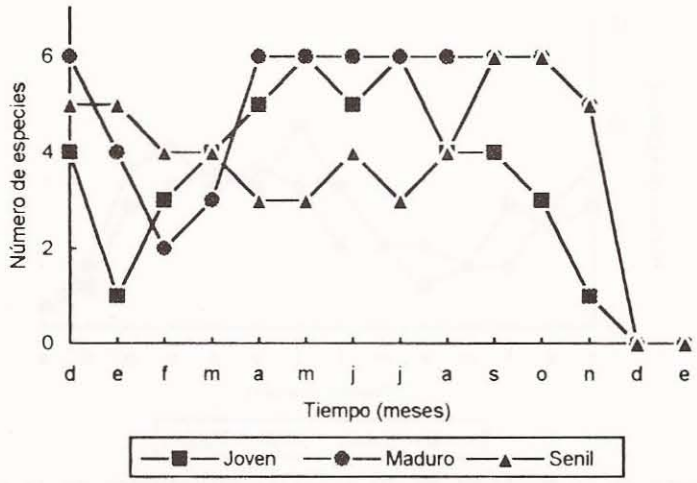


Figura 3. Patrones de foliación de especies brevemente deciduas durante un periodo anual en el Pedregal de San Angel.

en *Lagascea* esto ocurre con menor intensidad durante las lluvias y secas de invierno.

b) Otro grupo está constituido por especies brevemente deciduas, las cuales tiran las hojas en las secas de invierno y lo renuevan en las secas cálidas (Fig. 3). Estas quedan desprovistas de follaje por periodos muy cortos de uno o dos meses cuando mucho. En este grupo se encuentra *Rhynchelitrum, Muhlenbergia, Piqueria, Senecio* y *Cissus*.

c) Un tercer grupo, el más estacional, comprende especies deciduas por periodos largos, es decir, que pierden las hojas por seis o más meses (Fig. 4). En este grupo se ubican cuatro especies: *Bursera*, que tiene hojas durante la época de secas cálidas y las lluvias; *Dioscorea*, que sólo las presenta durante tres meses al inicio de las lluvias; y *Tagetes* y *Florestina*, las cuales tienen hojas durante toda las estación lluviosa. Cabe aclarar que esta última es una planta anual.

2 . Floración

La fig. 5 muestra los comportamientos de la floración de las 19 especies analizadas. Hay un claro aumento en la época de lluvias, particularmente de flores jóvenes al inicio de este periodo y de maduras hacia el final del mismo. La menor cantidad de flores ocurre en la época de sequía; sin embargo, durante todo el año fue posible encontrar alguna

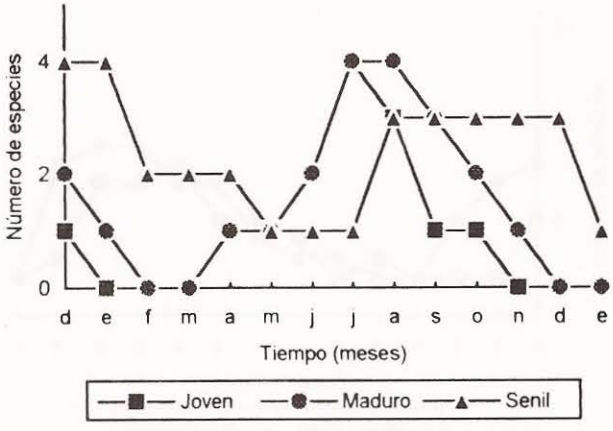


Figura 4. Patrones de foliación de especies deciduas durante un periodo anual en el Pedregal de San Angel.

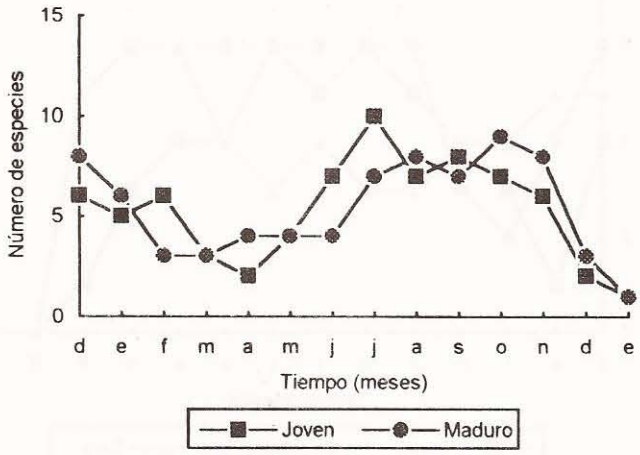


Figura 5. Patrón fenológico de la floración de 19 especies abundantes en la comunidad de matorral xerófilo en el Pedregal de San Angel, México.

especie con flor. Al igual que en el caso de las hojas, el número de especies floreciendo en las secas de invierno de 1980 - 1981 fue mayor que en las del periodo correspondiente a 1981 - 1982.

En la Tabla 2 se presentan los comportamientos individuales de la floración para cada especie. El patrón general está dado por la secuencia de grupos de especies con diferentes comportamientos, de la siguiente manera: un primer grupo florece en las secas (*Senecio* y *Eupatorium*), y éste es seguido por otros que lo hacen al inicio de las lluvias (*Bursera* y *Cissus*), durante las lluvias (*Buddleia*, *Cardiospermun, Florestina, Montanoa, Rhynchelitrum* y *Dioscorea*), al final de esta estación (*Tagetes, Muhlenbergia* y *Piqueria*, aunque en esta última la floración se prolongó en 1980), al final de las lluvias e inicio de secas invernales (*Lagascea* y *Verbesina*), durante las secas de invierno (*Wigandia* y *Echeveria*), y durante las secas de primavera y lluvias (*Metastelma* y *Schinus*, aunque en ambas especies las flores jóvenes aparecieron desde la secas invernales).

3. Fructificación

En la Fig. 6 se presenta el comportamiento de la fructificación del conjunto de especies. La mayor actividad ocurrió hacia el final de las lluvias y principio de las secas invernales. Nuevamente se hizo evidente la diferencia de una mayor presencia de frutos en el primer periodo de observación de las secas invernales (1980 - 1981) que en el segundo (1981 - 1982).

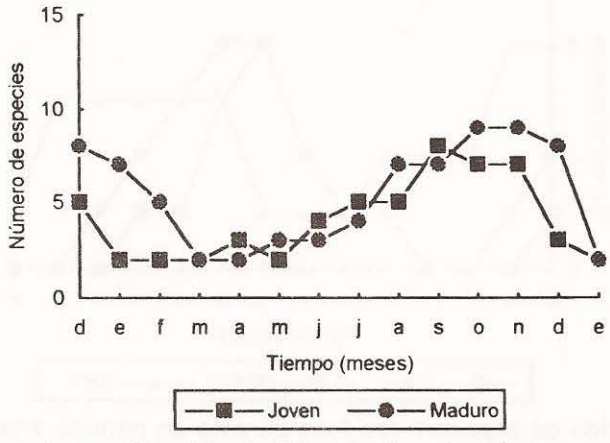


Figura 6. Patrón fenológico de la fructificación de 19 especies abundantes en la comunidad de matorral xerófilo en el Pedregal de San Angel, México.

Tabla 2. Grupos de especies formados con base en las semejanzas en su fenología floral. En la parte de abajo se muestra la secuencia de floración para las especies más abundantes. Simbología: j = sólo se observaron flores en estadío juvenil (botón); m = sólo se observaron flores en estadío maduro; x = se observaron flores en ambos estadíos.

	1980						1981						1982	
Especie	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E
Todas las especies														
Senecio praecox			j	m	m	m								
Eupatorium petiolare		j	x	m	m									
Bursera cuneata						x	x	j						
Cissus sicyoides						j	x	x						
Buddleia cordata								j	x	x	m	m	m	
Cardiospermum halicacabum	j	j	j				j	x	x	x	x	x		
Florestina pedata	m	m						x	x	x	x	m		
Montanoa tomentosa								j	x	m	m			
Rhynchelitrum repens	m	m					j	x	m	m	m			
Dioscorea galeottiana								j	x					
Tagetes lunulata	x	m								j	x	x		
Muhlenbergia robusta										j	x	m		
Piqueria trinervia	m									j	x	m		
Lagascea rubra	x									j	x	x	m	
Verbesina virgata	m										j	x	x	
Wigandia urens	x	x	x									x		
Echeveria gibbiflora	x	m										j	x	x
Metastelma angustifolium		j	j	j	x	x	x	x	x	x				
Schinus molle	j	x	x	x	x	x	x	x	x					
Secuencia para las especies más abundantes														
Schinus molle	j	x	x	x	x	x	x	x	x					
Eupatorium petiolare		j	x	m	m									
Senecio praecox			j	m	m	m								
Cissus sicyoides						j	x	x						
Buddleia cordata								j	x	x	m	m	m	
Montanoa tomentosa								j	x	m	m			
Verbesina virgata	m										j	x	x	

En la Tabla 3 se presenta la fructificación de cada especie. Al igual que en el caso de la floración, se reconoció una secuencia de comportamientos representados por distintos grupos de especies. Así, existen especies características de las secas de primavera (*Eupatorium, Senecio* y *Wigandia*), de lluvias (*Metastelma, Bursera, Cissus* y *Schinus*), de fin de lluvias, generalmente prolongándose hasta las secas de invierno (*Cardiospermum, Florestina, Rhynchelitrum, Montanoa, Buddleia, Tagetes, Lagascea, Piqueria* y *Muhlenbergia*), y de secas invernales (*Echeveria, Verbesina* y *Dioscorea*).

DISCUSION

A pesar de que la descripción de patrones fenológicos se basó en una fracción pequeña de la flora de la comunidad (ca. 6%), la gama de formas de vida representadas y el hecho de que éstas sean las especies más abundantes en sus distintas categorías, apoyan la idea de que los patrones descritos reflejan

Tabla 3. Grupos de especies formados con base en las semejanzas en su fenología de fructificación. Simbología: j = sólo se observaron frutos en estadío juvenil; m = sólo se observaron frutos en estadío maduro; x = se observaron frutos en ambos estadíos.

	1980						1981						1982	
Especie	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E
Eupatorium petiolare				x	m									
Senecio praecox					x	x								
Wigandia urens			j	j	j	m								
Metastelma angustifolium					j	j	j	j	x	x				
Bursera cuneata						x	x	x	m	m				
Cissus sicyoides							x	x	m	x	m			
Schinus molle							x	x	x	x	x			
Cardiospermum halicacabum	m							x	x	x	x	x		
Florestina pedata	x	x							x	x	x	x		
Rhynchelitrum repens	x	x	x						x	x	x	m	m	
Montanoa tomentosa										x	m	m		
Buddleia cordata	m	m	m							x	m	m	m	
Tagetes lunulata											x	x	m	
Lagascea rubra	x	m	m	m							x	x	x	
Piqueria trinervia	x	m	m								j	x	m	
Muhlenbergia robusta												x	m	
Echeveria gibbiflora												j	x	x
Verbesina virgata	x	m	m										x	x
Dioscorea galeottiana	m	m											m	m

más o menos fielmente el comportamiento fenológico general de la comunidad. Sin embargo, es probable que una descripción basada en la totalidad de las especies, o en una muestra mucho más grande, revelaría nuevos patrones y aportaría información ecológica valiosa, por ejemplo en la evaluación de la disponibilidad de las plantas como recurso para los animales.

A nivel de la comunidad, un resultado interesante de este estudio es la presencia de hojas en las distintas épocas del año. Rzedowski (1954: 73) enfatizó el carácter caducifolio de esta comunidad, estimando que 95 de cada 100 visitantes del Pedregal se llevan la impresión de que es un sitio yermo en la prolongada temporada de sequía. Si bien los datos aquí presentados refuerzan esta idea, no se puede pasar por alto que incluso en la época de secas de invierno, la de menor presencia de hojas, algunas especies tienen hojas maduras, es decir, el carácter caducifolio de esta comunidad no es tan marcado como el de otras comunidades de zonas tropicales secas.

Un fenómeno semejante se encontró para el caso de la floración. Las gráficas de comportamiento general de la comunidad muestran claramente que este evento tiene una intensidad diferencial a lo largo del año, con un pico muy marcado en la estación lluviosa. Sin embargo, este pico solo indica que muchas especies están floreciendo, pero no necesariamente provee información sobre la cantidad de flores disponibles para animales consumidores de "productos" florales. Es innegable que el verano lluvioso es una época de intensa floración en esta comunidad; no obstante, las especies que florecen durante las secas (*Eupatorium, Senecio, Cissus, Buddleia, Montanoa, Verbesina*) son muy abundantes, de modo que una ponderación de la floración con la abundancia relativa de las especies podría llevar a la conclusión de que la disponibilidad de flores para la fauna que depende de ellas quizá no sea tan baja en los meses en los que el número de especies en flor es pequeño (Tabla 2, parte baja).

La observación combinada de la temporalidad de la floración y la fructificación (Tablas

2 y 3) sugiere la existencia de grupos de especies que comparten patrones de fenología reproductiva. En algunos casos, las especies de un grupo comparten otras características ecológicas. Por ejemplo, *Senecio* y *Eupatorium*, ambas de la familia de las compuestas y con síndrome de dispersión anemócora, conforman un grupo cuya reproducción, incluyendo tanto la floración como la fructificación, ocurre totalmente durante la época caliente y seca de la primavera. De manera similar, *Bursera* y *Cissus* representan una estrategia que consiste en presentar la floración al inicio de las lluvias, y la fructificación durante las lluvias. Esto podría estar relacionado con adaptaciones a un ambiente mucho más cálido, ya que se ha sugerido que ambas especies parecen ser reliquias de épocas con un clima más cálido que el presente (Rzedowski, 1979b), además de que ese comportamiento ha sido descrito con frecuencia para especies de comunidades tropicales secas (Baker, Frankie y Opler, 1974; Arriaga, 1991).

La pareja formada por *Lagascea* y *Verbesina*, ambas pertenecientes también a la familia Compositae, con síndrome de polinización entomófilo y dispersión anemócora, florecen y fructifican en un periodo corto que va del final de las lluvias al inicio de las secas de invierno. Otro grupo más está representado por *Tagetes, Muhlenbergia* y *Piqueria*, todas ellas especies que completan su reproducción al final de las lluvias (aunque en *Piqueria* la fructificación se prolonga un poco más, hasta el periodo seco).

En contraste, existe al menos un grupo más o menos bien definido fenológicamente, pero cuyas especies no parecen compartir otras características ecológicas, morfológicas o taxonómicas; tal es el caso de *Buddleia, Cardiospermum, Florestina* y *Rhynchelitrum*, las cuales florecen en la estación lluviosa y fructifican desde el inicio de las lluvias hasta la época fría de secas de invierno. Aparte de tener todas ellas diásporas dispersadas por viento, estas especies no tienen mucho en común en términos de sus síndromes de polinización, preferencias de microhábitat o relaciones biogeográficas.

En general, en virtud de la información disponible en este momento, parece que una conclusión sobre si estas características constituyen una causa de la semejanza fenológica, o si no tienen relación con ésta, sería prematura. Por otra parte, estos resultados sí permiten concluir de manera más o menos clara que muchas especies con un mismo síndrome de polinización o dispersión (p. ej. las especies entomófilas o las anemócoras) pueden tener patrones fenológicos muy desfasados en el tiempo, lo que sugiere que el acoplamiento con el régimen climático no es tan estrecho. La asincronía entre la maduración de diásporas anemócoras y la presencia de vientos fuertes no es un fenómeno exclusivo de este tipo de comunidad, ya que ha sido también observado en una selva húmeda de baja altitud (Foster, 1982) y en una comunidad tropical de dunas costeras (Castillo y Carabias, 1982).

Las observaciones fenológicas realizadas durante el periodo de estudio permiten vislumbrar grandes diferencias de comportamiento fenológico entre años subsecuentes. Esto se desprende de que los patrones fenológicos durante diciembre y enero, meses que fueron muestreados dos veces, son absolutamente distintos. Aparentemente el invierno de 1980 - 1981 se caracterizó por una actividad vegetal mucho más intensa que el invierno de 1981 - 1982. El análisis de las variables climáticas (temperatura y precipitación) particulares para el periodo de estudio no arrojó información que permitiera explicar estas enormes diferencias, de modo que por el momento sus causas permanecen como una incógnita. Desafortunadamente el estudio fue interrumpido antes de tener réplicas del comportamiento fenológico para otras épocas del año, lo que hubiera permitido determinar la constancia de dichas diferencias. Esto es relevante porque 1981 fue un año particularmente lluvioso, acumulándose en total 1033 mm de lluvia, mientras que en 1980 el total anual fue de 772 mm, valor más cercano al promedio anual. No solamente la diferencia fue por la cantidad de lluvia, sino también por su distribución temporal; en 1981 no se registró ningún mes de sequía absoluta (incluso en marzo hubo algunos eventos de lluvia), y la precipitación de junio, que fue el

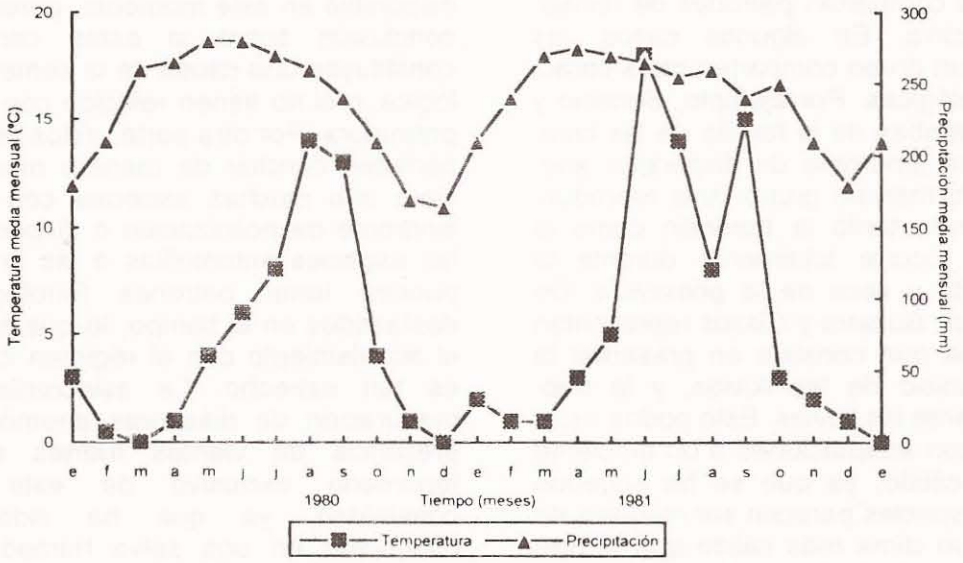


Figura 7. Climograma para el Pedregal de San Angel correspondiente al periodo enero 1980 - enero 1982.

mes más lluvioso, triplicó el valor registrado en el mismo mes el año anterior (Fig. 7).

A pesar de los indicios de estas diferencias y a nivel muy general, es notable la buena coincidencia entre los patrones fenológicos encontrados en este trabajo con los descritos por Rzedowski (1954: 79) décadas antes. Este autor indica que la actividad de las plantas se inicia a fines de mayo, y que durante los tres meses siguientes aumenta continuamente el número de especies en desarrollo. La época de mayor reproducción la ubica en septiembre y octubre, época en la que empieza a decrecer sensiblemente la actividad fotosintética, pero para algunas especies la producción de frutos puede prolongarse durante noviembre, diciembre y enero. La falta de actividad vegetal desde febrero hasta mayo sólo encuentra una excepción importante en la reproducción de muchos árboles y arbustos en esta época, de lo cual *Senecio* constituye el ejemplo más conocido en este estudio.

La obra florística de Sánchez Sánchez (1979) sobre el Valle de México incluye información sobre la fenología floral para un gran número de especies. En general, los periodos de producción de flores observados en el presente estudio son más cortos que los indicados por él, quizá porque sus datos de alguna manera incorporan la variabilidad interanual de este proceso. Además, hay dos puntos interesantes que vale la pena resaltar. En primer lugar, muchas de las especies para las que dicho autor no provee información se reproducen durante la época de sequía, ya sea en el invierno o en la primavera (p. ej. *Eupatorium, Echeveria*). En este sentido, este trabajo permite complementar algunos de los huecos de información en esa obra.

El otro punto es que para las especies de las que sí indica un periodo de floración, las observaciones sobre la temporalidad de este evento realizadas en este estudio en ocasiones no coinciden con las indicadas por este autor. Por ejemplo, según sus anotaciones, *Wigandia* florece de julio a septiembre, mientras que en este estudio se determinó que su floración ocurrió entre diciembre y febrero. (En realidad él distingue dos especies: *Wigandia caracasana* HBK. y *W. kunthii* Choisy, que tienen el mismo comportamiento fenológico, pero el tratamiento sistemático más reciente considera a ambos nombres como sinónimos de *W. urens* (Ruiz & Pavón) HBK; Ochoa Gaona, 1985). De manera similar, él menciona que *Schinus* florece de marzo a mayo, pero aquí se registró un periodo mucho más largo de floración para esta especie.

Reconociendo el gran valor de las descripciones generales gruesas de la fenología de la comunidad vegetal del Pedregal de San Angel que se habían realizado anteriormente (p. ej. Rzedowski, 1954 y trabajos citados por él), este trabajo constituye el primer intento de ofrecer una descripción más formal y sistemática de estos procesos. Sin embargo, es evidente que la información aquí presentada no es suficiente todavía, y que hace falta dedicar más esfuerzos para este tipo de estudios. Así se podrían entender mejor las relaciones entre la dinámica de la vegetación en este sitio y los factores que la controlan, además de que ese tipo de datos constituirían una base más sólida para diferentes estudios sobre aspectos dinámicos, en particular de las poblaciones de animales que dependen de las plantas que crecen en esta comunidad.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias a la valiosa colaboración de varias personas durante el trabajo de campo. Agradecemos especialmente a Javier Alvarez, Dolores Nava, Fuensanta Rodríguez y Carolina Tovar.

REFERENCIAS

Alvarez Sánchez, F.J., J. Carabias, J. Meave, P. Moreno-Casasola, D. Nava Fernández, C. Tovar y A. Valiente (1986) *Proyecto para la Creación de una Reserva en el Pedregal de San Angel.* 2a reimp. Cuadernos de Ecología No. 1. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

Arreguín Sánchez, M.L. (1979) Burseraceae. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen I* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 374-376, Compañía Editorial Continental, México D.F.

Arriaga, V. (1991) *Fenología de doce especies de la Montaña de Guerrero: elementos para su manejo en una comunidad campesina.* Tesis (Biólogo), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

Calderón de Rzedowski, G. (1979) Crassulaceae. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen I* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 238-254, Compañía Editorial Continental, México D.F.

Calderón de Rzedowski, G. (1985) Vitaceae. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen II* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 52-55, Instituto de Ecología, México D.F.

Castillo, S. y J. Carabias (1982) Ecología de la vegetación de dunas costeras: fenología. *Biótica*, 7: 551-568.

Davies, S.V. (1976) Studies of the flowering season and fruit production of some arid zone shrubs and trees in Western Australia. *Journal of Ecology*, 64: 665-687.

Espinoza Garduño, J. (1985a) Eupatorium. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen II* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 467-468, Instituto de Ecología, México D. F.

Espinoza Garduño, J. (1985b) Piqueria. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen II* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 450-465, Instituto de Ecología, México D.F.

Foster, R. (1982) The seasonal rhythm of fruitfall of Barro Colorado Island. *The ecology of a Tropical Forest. Seasonal Rhythms and Long-term Changes* (eds. E.G. Leigh, A. Stanley Rand y D.M. Windsor), pp. 151-172. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.

Frankie, G.W., H.G. Baker y P. A. Opler (1974) Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 62: 881-920.

García Pérez, J. (1985) Senecio. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen II* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 596-614, Instituto de Ecología, México D.F.
Gentry, A.H. (1974) Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica*, 6: 64-68.

Herrera, Y. y J. Rzedowski (1990) Graminae. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen III* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 34-173, Instituto de Ecología, Pátzcuaro, Mich.

Ochoa Gaona, S. (1985) Hydrophyllaceae. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen II* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 262-263, Instituto de Ecología, México D.F.

Opler, P.A., G.W. Frankie y H.G. Baker (1976) Rainfall as a factor in the release, tuning and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography*, 3: 231-236.

Marroquín, J.S. (1985a) Anacardiaceae. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen II* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 36-38, Instituto de Ecología, México D.F.

Marroquín, J.S. (1985b) Sapindaceae. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen II* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 44-46, Instituto de Ecología, México D.F.

Rzedowski, J. (1954) Vegetación del Pedregal de San Angel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela de Ciencias Biológicas I.P.N. México*, 8: 59-129.

Rzedowski, J. (1979a) Clima. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen I* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 27-36, Compañía Editorial Continental, México D.F.

Rzedowski, J. (1979b) Relaciones geográficas y posibles orígenes de la flora. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen I* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 37-41, Compañía Editorial Continental, México D.F.

Rzedowski, J. (1985) Compositae. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen II* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 429-641, Instituto de Ecología, México D.F.

Sánchez Sánchez, O. (1975) *La Flora del Valle de México*. 5a ed., Herrero, México, D.F.

Sánchez Colón, S. (1990) Dioscoreaceae. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen III* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 321-323, Instituto de Ecología, Pátzcuaro, Mich.

Smythe, N. (1966) Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a Neotropical forest. *American Naturalist*, 104: 25-35.

Stevens, W.D. (1985) Asclepiadaceae. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen II* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 228-241, Instituto de Ecología, México D.F.

Valiente-Banuet, A. y E. de Luna García (1990) Una lista actualizada para la reserva del Pedregal de San Angel, México D.F. *Acta Botánica Mexicana*, 9: 13-30.

Vargas Nicasio, A.A. (1985) Loganiaceae. *Flora Fanerogámica del Valle de México, Volumen II* (eds. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski), pp. 212-215, Instituto de Ecología, México D.F.

APENDICE. Observaciones fenológicas para 19 especies en el matorral xerófilo del Pedregal de San Angel. La información se presenta desglosada por estructura (H = hojas; F = flores; Fr = frutos) y por estadío de desarrollo (j = juvenil; m = maduro; s = senil). Los asteriscos indican escasa presencia de la estructura en el estadío correspondiente.

Buddleia cordata

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	e
Hj	x	x	x	x	x	*	*	x	x	x	x	x	x	x
Hm	x	x	x	x	x	x	x	*	x	x	x	x	x	x
Hs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	*	*	*	*
Fj	*							x	x	x	*	*		
Fm	*	*							x	x	x	x	*	
Fs	x	x	x	x						x	x	x	x	
Frj	*	*	*							x				
Frm	x	x	x	*						x	x	x	x	*
Frs	x	x	x	x	x	x	*					x	x	x

Cissus sicyoides

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	e
Hj	x				x	x	x	x	x	x				
Hm	x	*			x	x	x	x	x	x	x	x		
Hs	x	x							*	x	x	x		
Fj						x	x	x						
Fm							x	x						
Fs							x	x	x	x	x			
Frj							x	x	*	x				
Frm							x	x	x	x	x	*		
Frs										x	x	*		

Bursera cuneata

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	e
Hj					x	x	x	x						
Hm	x				x	x	x	x	x	x				
Hs	x	x							x	x	x	x	x	x
Fj					*	x	x	x						
Fm					*	x	x	*						
Fs							x	x	x					
Frj						*	*	*						
Frm						*	*	*	*	*				
Frs										*	*			

Dioscorea galeottiana

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
Hj							x	x	x				
Hm							x	x	x				
Hs	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x
Fj								x	x				
Fm									x				
Fs	x	x	x					x	x	x	x		
Frj									*				
Frm	x	x											
Frs		x	x	x	x	x	x	x	x	x			

Cardiospermun halicacabum

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	e
Hj	x	x	x	x	x	x	x	x	*	*	*	*	x	
Hm	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Hs	*		*	*			x	x	x	x	x	x	x	
Fj	x	x	x				x	x	x	x	x	x		
Fm							*	x	x	x	x	x		
Fs								x	x	x	x			
Frj	*							x	x	x	x	x		
Frm	x	*						x	x	x	x	x		
Frs	x	x	x	x	x	x		x	x	x	*	*		

Echeveria gibbiflora

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	e
Hj	x	x	*	*	*	x	x		x		x	x	*	*
Hm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fj	x	*										x	x	x
Fm	x	x											x	x
Fs	*	x	x	x	x	x	x	x					x	x
Frj												x	x	x
Frm													x	x
Frs														x

Eupatorium petiolare

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
Hj	x	x	x	*	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hs	x	x	x	x	x	x	*	x	x	x	x	x	x
Fj		x	x										
Fm			x	x	x								
Fs				x	x	*							
Frj				x	*								
Frm				x	x								
Frs				x	x	x	x	x	x				

Metastelma angustifolium

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	e
Hj	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Hm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Hs		x	x	x						x	x			
Fj		x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Fm				x	x	x	x	x	x					
Fs					*			x	x	x				
Frj				x	x	x	x	x	x					
Frm							*	x	x					
Frs	x	x	x	*			*	*	x	x	x			

Florestina pedata

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
Hj								x	x				
Hm								x	x	x	x		
Hs	x	x							x	x	x	*	
Fj								x	x	x	x		
Fm	x	x						x	x	x	x	x	
Fs	x	x	x						x	x	x	x	
Frj	x	x							x	x	x	x	
Frm	x	x							x	x	x	x	
Frs	x	x	x										

Montanoa tomentosa

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
Hj	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hs	x	x	x	*		x	*	x	x	x	x	x	x
Fj								x	x	*			
Fm									x	x	x	*	
Fs	*	*						x	x	x	x	x	
Frj										x	*	*	
Frm										x	x	x	
Frs	x	x	x	*						x	x	x	x

Lagascea rubra

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
Hj	*	*	*	x	x	x	x	*	*	*	*	*	*
Hm	x	x	x	*	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hs	x	x	x	x	x	*	x	x	x	x	x	x	x
Fj	x								*	x	x	x	*
Fm	x								*	*	x	x	x
Fs	x	x	x	x	x					*	x	x	x
Frj	x									*	x	x	x
Frm	x	x	x	x	*					*	x	x	x
Frs			x	x	x	x	x					x	x

Muhlenbergia robusta

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	e
Hj		*	x	x	x	x	x	x	*	x	x			
Hm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	*	
Hs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fj										x	x			
Fm											x	x		
Fs	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
Frj											*	x		
Frm											*	x	x	
Frs			x	x	x	x	x					x	x	x

Piqueria trinervia

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	e
Hj	x	*	*	x	x	x	x	x	x	x	x			
Hm	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x		
Hs	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Fj										x	x			
Fm	x										x	x		
Fs	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x
Frj	x										x	x	*	
Frm	x	x	x									x	x	
Frs	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x

Senecio praecox

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
Hj	x		x	x	x	x	*	x	x	*			
Hm	x		*	x	x	x	x	x	x	x	x		
Hs	x						x	x	x	x	x	x	x
Fj			x	x		x							
Fm				x	x	x							
Fs					x	x							
Frj						x	x						
Frm						x	x						
Frs						x	x						

Rhynchelitrum repens

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	e
Hj	*	*	*	*	*	x	x	x	*		*			
Hm	x	x	*		x	x	x	x	x	x	x	x		
Hs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fj							x	x	*					
Fm	x	x						x	x	x	x	*		
Fs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Frj	x	x	x						x	x	x			
Frm	x	x	x						x	x	x	x	x	
Frs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tagetes lunulata

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	e
Hj	x							x	x	x	x	*		
Hm	x	x						x	x	x	x	x		
Hs	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	
Fj	x	*								x	x	x		
Fm	x	x									x	x	*	
Fs	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	
Frj											x	x		
Frm											x	x	x	*
Frs	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x

Schinus molle

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	e
Hj	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hs	x	x	x	x	x	x								
Fj	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Fm		x	x	x	x	x	x	x	x					
Fs		x	x				x	x						
Frj							x	x	x	x	x			
Frm							x	x	x	x	x			
Frs								x	x	x				

Verbesina virgata

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	e
Hj		*	*	x	x	x	x	x	x	*	*	x		
Hm	x	x	*		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hs	x	x	x	x	x	x			*	x	x	x	x	x
Fj	*										x	x	x	
Fm	x											x	x	
Fs	x	x	x	x	x	x	x	x					x	x
Frj	x											*	x	x
Frm	x	x	x										x	x
Frs	x	x	x	x	x	x							x	x

Wigandia kunthii

	d	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n
Hj	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fj	x	x	x									x
Fm	x	x	x									
Fs	x	x	x	x	x	x						
Frj			x	x	x							
Frm						x						
Frs							x					

Investigación Petrológica en las lavas del Pedregal de San Angel

por Eduardo Schmitter†, 1953.

INTRODUCCION

Varios estudios[1] teniendo como tema el Pedregal de San Angel, anteceden bien documentados al que hoy se presenta en ocasión de celebrar el Cuarto Centenario de nuestra Universidad, pero aun cuando fueran muchos más los trabajos ya presentados, es natural que los aspectos por tratar en relación con ese fenómeno volcánico, y los que se derivan de su influencia sobre la vida en nuestra bella cuenca, son inagotables. Por ser en parte el cimiento de nuestra futura Ciudad Universitaria que simbólicamente purificará su espíritu en un lago de lava, parece justificado el tema escogido. Por primera vez el agreste paisaje se alegra y tal vez la tradición se está cumpliendo: sobre las ruinas del templo de Cuicuilco se están levantando otros templos...

AGRADECIMIENTOS

Para las señoritas Honoria González y química Ruth Rojas; los señores, químico Ariel Hernández Velasco, dibujante Lauro Ramírez, Dr. Carl Fries Jr., Ing. A. R. V. Arellano, Ing. Teodoro Flores, estudiantes José Carrillo Felipe Méndez, Alberto Ferreiro, Sr. Manuel Mata y otras personas más que con su colaboración y critica hicieron posible la presentación de este trabajo.

SITUACION

El Pedregal de San Angel, o sea el conjunto de corrientes de lava hoy petrificada, que arrojó el volcán Xictli,[2] ocupa un área en parte correspondiente a las faldas septentrionales del volcán del Ajusco y en menor parte a los terrenos bajos que bordeaban hacia el SW. el antiguo lago. En el rincón sudoccidental de la actual cuenca de México, dicho pedregal hizo contacto hacia el NW. con las estribaciones del volcán del Ajusco, mismas que continúan al NW. con el nombre de Sierra de las Cruces. Las principales poblaciones que se han establecido junto a los límites del Pedregal de San Angel, son las siguientes: Coyoacán, Villa Obregón y Contreras, al NE, N, y NW respectivamente; Tlalpan al SE. (véanse los planos núms. 1 y 2 dibujados de dos fotografías obtenidas por la Compañía Mexicana Aerofoto.

COMUNICACIONES

Al Pedregal de San Angel se puede llegar fácilmente. La comunicación principal con el centro de la Ciudad de México, se puede efectuar a través de la Ave. Insurgentes, misma que atravesando una parte del Pedregal, alcanza la población de Tlalpan y se continúa poco después por el camino que conduce al puerto de Acapulco. La otra comunicación que le sigue en importancia, es la Calzada de Tlalpan que en parte bordea el extremo oriental y sureste del Pedregal de San Angel. En el extremo sur de la Ave. Insurgentes y antes de que esta atraviese el Pedregal, dicha avenida se conecta con la pequeña carretera que hacia el suroeste bordea también en esa parte las lavas, hasta llegar al pueblo de Contreras, en donde se aparta del Pedregal para seguir por la barranca del mismo nombre. Un poco al norte del monumento al Gral. Alvaro Obregón, la Av. Insurgentes se conecta con la calzada de Tlalpan mediante la Avenida Taxqueña, que también bordea buena parte del extremo norte de las lavas. Los trenes eléctricos que conducen desde el Zócalo de la ciudad de México hasta las poblaciones de Tlalpan y Villa Obregón, son otro medio de comunicación fácil con las orillas del Pedregal de San Angel. El ferrocarril que de la estación de Buena Vista se dirige a la población de Balsas, en el Estado de Guerrero, es el mejor medio para recorrer el Pedregal de San Angel en su parte alta y central. Una estación de bandera llamada

Joco, es un lugar elevado desde donde con relativa facilidad se puede alcanzar la base del cono piroclástico del Xictli, aprovechando una fácil vereda de poca pendiente que, desde la vía hasta el pie del cono, tiene una longitud aproximada de 2.5 Km. Finalmente, existe un punto elevado de la carretera entre México y Tres cumbres (carretera México-Acapulco), una desviación hacia el pequeño pueblo del Ajusco. Es un camino de tierra que en tiempo de secas se puede transitar con facilidad hacia un punto hacia el sur del cono piroclástico, distante de ese unos 1,250 metros.

HISTORIA

Estudios anteriores a los realizados por Kirk Bryan,[3] A. R. V. Arellano[4] y Helmut De Terra,[5] asignan para la edad del Pedregal de San Angel hasta más de 10,000 años.[6]

PETROLOGIA

En 1946 el autor, interesado en utilizar métodos petrográficos para determinar la edad del Pedregal de San Angel, presentó al Segundo Congreso de Ingeniería de Minas y Geología reunido en Río de Janeiro, el trabajo titulado: "Determinaciones Geológico-petrográficas para fijar la edad de las lavas del Pedregal de San Angel". La síntesis de posibilidades para tal objeto, es la siguiente: a) Investigación petrográfica de las cenizas y arenas del Xictli, con el propósito de localizarlas *in situ*, ya sea en la desembocadura de los arroyos hacia el antiguo lago y en el seno de éste (las también transportadas por el aire), diferenciándolas de otras procedentes de otros volcanes; b) con el levantamiento de un plano, localizar los puntos más apropiados para hacer perforaciones o utilizar el material cuidadosamente conservado de algunas de las ya hechas, para hacer posible la investigación petrográfica; c) con dicha investigación, determinar el ritmo de sedimentación posterior a la erupción del Xictli, de preferencia en el seno del lago, a continuación calcular la edad para dichas arenas y cenizas. Se tomaron en cuenta para calcular el limite superior de sedimentación, los datos de estaciones de aforo, nivelaciones topográficas, la evidencia de que el nivel del lago estuvo ligeramente más bajo que la base de la corriente de lava (ausencia de suficiente tetzontle), las fluctuaciones que dicho nivel experimentó por la intervención del hombre prehispánico y la actual aportación anual de sedimentos. Para reforzar tales posibilidades, también se consideró evidente que la aportación de sedimentos durante la época de la erupción, fue notable; por lo mismo, el horizonte cinerítico del Xictli en el centro del lago puede identificarse con relativa facilidad. Durante la preparación de dicho trabajo y para completarlo con datos estratigráficos recientes, el autor, ayudado por el Ing. Rolando Martínez Ruiz, pudo confirmar la existencia de las formaciones Tacubaya, Becerra y Totolzingo, infrayacentes a las lavas del Pedregal de San Angel. Por lo tanto, teniendo en cuenta la edad que se le considera a la formación Totolzingo (la más reciente de las tres anteriores) se estimó tentativamente una edad máxima para dichas lavas de 5000 años y una mínima (la más probable) de 2500 años.

Con las investigaciones modernas del carbono 14, y aprovechando el estudio de restos vegetales carbonizados por las lavas del Pedregal de San Angel, que los doctores Helmut de Terra y Manuel Maldonado Koerdell han colectado, será tal vez posible la resolución del problema, utilizando estos métodos más elegantes y sencillos.

Por otra parte, la historia más reciente, presente y futura de las lavas del Pedregal de San Angel, ha sido y el autor cree que seguirá siendo de grandes beneficios: dique poderoso contra la erosión de las tierras que se encuentran arriba de él sobre las faldas elevadas del Ajusco; vaso colector de aguas potables; amplio campo de estudio para la espeleología que el autor sugiere tome bajo su cuidado la Universidad, iluminándolos y poniendoles sus puertas de acceso controlado, para evitar el deterioro de sus modestas piroestalactitas, piroestalacmitas, pirocarámbanos y gotas de lava; justificado motivo de estudio para saber mas sobre el vulcanismo reciente de la cuenca en donde nuestra capital sigue viviendo...; fuente inagotable de piedra para la construcción y últimamente asiento de nuestra Ciudad

Universitaria, lo mismo que de una interesante colonia residencial. Su fauna y su flora no deben ser poco interesantes y bajo austero manto de sus lavas, en un tiempo incandescentes, aún se conservan para el antropólogo, muchos sepulcros y misterios de nuestros hombre antiguos.

Por encontrarse el Xictli dentro de la zona Neo-volcánica de México, como uno de los olcanes adventicios del Ajusco, el autor considera muy oportuno transcribir parte de algunos capítulos que Howel Williams[7] cita en su trabajo *Historia Prevolcánica*. "De acuerdo con los mapas paleogeográficos preparados por Kellum (1944), casi toda la zona neo-volcánica de México..." "Fue una tierra seca durante los tiempos Pérmico, Triásico y Jurásico Inferior". "Por otra parte, de acuerdo con Robles (1943), los mares del Geosinclinal cubrieron a Michoacán en forma intermitente desde el tiempo Triásico hasta cerca del término del tiempo Cretácico". "De acuerdo con Kellum, un canal marino conectó el Océano Pacífico con un antiguo Golfo de México más amplio que el actual..." "Cubriendo el borde oriental de la Zona Neo-volcánica durante los tiempos del Jurásico Superior y del Cretácico Inferior". Estudio efectuados por el Dr. Carl Fries Jr. y Carl Bauman (estudiante de la Universidad de Columbia), en la región donde el autor[8] localizó la especie mineralógica Portlandita, confirman la presencia de calizas y lutitas correspondientes al Cretácico Medio y Superior, por ejemplo, en la pequeña serranía que se encuentra a unos 10 Km al oriente de la ciudad de Cuernavaca "Un amplio combamiento del continente durante el tiempo Creácico Superior, dice Kellum, marca el principio de la Revolución Laramide que alcanza su máxima intensidad después del tiempo Maestrichiano y continuó con vigor decreciente en el principio del Terciario". "Durante la época del Cretácico Superior, los mares que cubrían la región del Paricutín, probablemente desde el tiempo Triásico, seguramente desde el tiempo Jurásico Superior, fueron desalojados por grandes levantamientos acompañados de instrucciones ígneas en grande escala".

"la zona Neo-volcánica de México", "Todavía permanece incierto el tiempo preciso con el que principió la actividad volcánica en la Zona Neo-volcánica". "Con excepción de pocas áreas, aún se mantiene dudosa la sucesión de los varios tipos de lava".

"Robles (1943) establece que las lavas más antiguas son generalmente las andesitas, dacitas y riolitas del Eoceno, pero entre ellas incluye las lavas del Tancítaro, que como se indica más adelante, son mucho más jóvenes". "Basado en las supuestas erupciones del Eoceno, de acuerdo con Robles, las andesitas y los basaltos son de edad Pliocénica; después siguen las latitas, andesitas y basaltos del Pleistoceno y finalmente los basaltos de olivino de la edad Reciente". "De la O. Carreño (1943) presenta una sucesión ligeramente diferente, principiando con diabasas en los primeros tiempos del Cenozoico, seguidas por andesitas propilitizadas en el Mioceno, andesitas y riolitas en el Plioceno y finalmente en el Pleistoceno y Reciente, corrientes de basalto". "Concordando con Ordóñez, él asigna a los grandes conos del Tancítaro, Orizaba, Nevado de Toluca, Nevado de Colima e Iztaccíhuatl, la época Pliocénica."

"Robles (1943) cita a Ordóñez con el propósito de indicar que las lavas del Eoceno son principalmente andesitas de hornblenda y que algunas de edad Pliocénica incluyen andesitas de hornblenda y piroxena y basaltos, en tanto que las lavas del Tiempo Reciente son latitas, andesitas basálticas y basaltos". "De acuerdo con Blázquez (1946), en el Estado de Tlaxcala las primeras erupciones que siguieron a la emergencia del área en lugar del mar Cretácico, fueron andesíticas y no hubo erupciones de basalto sino hasta el tiempo Pleistocénico".

"Del sumario anterior, es aparente que se mantiene mucha incertidumbre en relación con la edad y la secuencia de las lavas Terciarias y sólo hasta que se estudien las floras y faunas fósiles de tobas las intercaladas, las dudas se podrán disipar". "La impresión general entre los geólogos mexicanos es de que las primeras erupciones del Terciario fueron dominantemente andesíticas y algunas de las últimas principalmente basálticas". "Esto puede

parecer correcto en general para la Zona Neo-volcánica, como lo que sucede en Nicaragua, pero tal cosa es cierta solamente en un tosco sentido, para lo que se refiere a la región que rodea al Paricutín".

Finalmente, los últimos párrafos que Howel Williams[7] escribe de su exposición general acerca de la formación Zumpinito, dicen: "Probablemente la formación Zumpinito es equivalente a la gran masa de lavas predominantemente andesíticas que caracterizan la escabrosa fisonomía de la comarca entre Morelia y Zitácuaro y también se le presume correlativa con las rocas volcánicas primarias que bordean el Valle de México".

"Para los que están familiarizados con la Sierra de las Cascadas en los Estados Unidos, la formación Zumpinito les hará recordar las rocas volcánicas que desde el Eoceno hasta el Mioceno se encuentran representadas en las Cascadas Occidentales, así como los volcanes jóvenes de la región del Paricutín, los conos del Plioceno, Pleistoceno y Reciente de las altas Cascadas".

En cuanto al volcán del Ajusco, fue opinión del maestro Aguilera que su formación es anterior a la del Iztaccíhuatl, probablemente de los tiempos del Mioceno. La roca de aquel volcán está clasificada como Andesita de hornblenda e hiperstena. Un cono adventicio del Ajusco perteneciente al volcán de cráter doble llamado el cerro del Conejo, que fue rodeado por las primeras lavas del Xictli (véase plano Núm. 2), tiene una roca que ha sido clasificada como andesita de hornblenda. El plano geológico y petrográfico de la parte SW. de la cuenca de México, por los Ings. Antonio del Castillo y Ezequiel Ordóñez (1893), la registra también como andesita de hornblenda.[9] Por otro lado, los estudios de A. R. V. Arellano[3,4,5] permiten asignarle edad pliocénica. Aparte de las tobas andesíticas pliocénicas según,[3,4,5] de los cerros de Zacatepetl y del Vivero, bien conocidas como rodeadas también por las lavas del Xictli, el autor estudió ejemplares correspondientes a un probable basalto andesítico de olivino y augita que se encuentra rodeado y casi cubierto por dicha lava precisamente en el puerto que se forma entre los dos cerros mencionados. A esta roca se le puede considerar tentativamente como de edad pleistocénica. La presencia de minerales secundarios en las pocas y pequeñas amígdalas que presentan los ejemplares estudiados, ayudan a suponer un nivel hidrostático bajo cuya acción fue posible la mineralización de la roca. De lo anterior se deduce que cuando menos, hubo tres procesos eruptivos anteriores a la erupción del Xictli y que en la misma región tuvieron lugar desde el tiempo Miocénico hasta el tiempo Reciente (contando la erupción del Xictli). Por consiguiente, parece que se ha confirmado una vez más que en una parte de la Zona Neo-volcánica, las erupciones basálticas han tenido lugar en tiempos más recientes. Sin embargo, el autor está de acuerdo con lo que dice Howell Williams,[7] pues en realidad existe alguna incertidumbre en lo que se refiere a la edad y la secuencia de nuestras lavas terciarias, por eso considera de mucha importancia los estudios emprendidos para la cuenca de México[3,4,5] y los que se continúen por igual camino; así como la necesidad de establecer definitivamente una clasificación cuantitativa de nuestras rocas ígneas y desarrollar bastante nuestra petrografía sedimentaria. Considera que la incertidumbre en la frecuencia de nuestras lavas terciarias, se ha debido principalmente a que una gran mayoría de nuestras clasificaciones petrográficas no cuenta con suficientes datos analíticos químicos cuantitativos. En su mismo trabajo Howell Williams, indica la dificultad que en ocasiones se ha tenido para establecer una clasificación puramente microscópica para ciertos tipos de lavas basálticas y andesítico-basálticas. Con los datos del análisis químico cuantitativo se pueden ajustar muchas de nuestras clasificaciones que han sido hechas por el simple estudio de una lámina en el microscopio. En ocasiones, no son suficientes el estudio microscópico y el químico, sobre todo no sólo es necesaria la clasificación de la roca sino de uno de sus raros constituyentes. Tal es el caso de una roca "alcalina" de la Cuenca de México que el autor ha estado estudiando durante muchas horas. El primer ejemplar fue colectado por el Ing. Ramiro Robles y uno de los subsecuentes, colectado por el autor está siendo estudiado por la

señorita J. J. Glass, petróloga del U.S.G.S., a través de los magníficos oficios de nuestro amigo y colaborador Carl Fries, Jr. Con reciente comunicación dicha señorita nos informa que el problema será estudiado en el espectrógrafo y con rayos X... Es necesario que nuestras autoridades científicas procuren la dotación oportuna del equipo y los elementos humanos especializados que están urgiendo en muchos de nuestros laboratorios... si existe el sincero deseo de que en nuestro país se haga más amplia la investigación. En cuanto a nuestros geólogos, que palpen la urgente necesidad de contar entre sus compañeros de investigación, con físicos y químicos analistas especializados, sin considerarlos como simples máquinas para hacer análisis, sino profesionistas interesados en los problemas geológicos, colocándolos a su misma altura dentro de lo material y espiritual y dotando también a sus laboratorios de suficiente equipo. A este respecto el autor hace constar que la oficina de mineralogía y petrología del Instituto Geológico, cuenta por primera vez para su servicio exclusivo, con la señorita química Ruth Rojas, quien actualmente se está especializando en el análisis químico cuantitativo de las rocas ígneas, gracias al convenio de colaboración establecido entre la Secretaría de Recursos Hidráulicos y la Universidad, a través del Departamento Geológico de la primera, con el Instituto Geológico de la segunda. Dicha señorita está siendo asesorada muy ampliamente por los señores Hermión Larios, petrólogo de Petróleos Mexicanos y Rodolfo Corral, jefe de laboratorio de dicho instituto.

TRABAJOS DE CAMPO

El autor aprovecha la experiencia adquirida durante algunas excursiones realizadas en el pasado, al Pedregal de San Angel, acompañando entre las primeras al maestro Leopoldo Salazar Salinas y entre las últimas al Ing. Ezequiel Ordóñez. Recuerda también algunos de los brillantes conceptos que sobre este fenómeno volcánico expresaba el maestro José Guadalupe Aguilera en su cátedra de Mineralogía y Elementos de Geología para la Escuela Nacional de Ciencias Químicas. Más tarde, el autor experimenta satisfacción al descubrir en 1934 el pequeño cráter junto a la base occidental del cono piroclástico del Xictli y comenta su, para él y en aquel entonces, tal descubrimiento con el maestro Aguilera y el Ing. Rafael Ortíz Mena; después con el Ing. Ordóñez, el Ing. Ramiro Robles R., el doctor Carl Fries, Jr., y el Ing. A. R. V. Arellano, haciéndoles notar que ninguno de los planos topográficos actuales, exceptuando los dibuja-dos con datos aerofotográficos, indican las curvas de nivel correspondiente a dicho cráter. La carta corográfica del D. F. hecha bajo la dirección del Ing. I. Molina, en el año de 1899, dibujada y grabada magistralmente y considerada por el Ing. Arellano como la mejor que se ha levantado del Distrito Federal, tampoco registra el accidente topográfico. (La fotografía aérea hoy nos lo muestra con bastante claridad, véase el plano Núm. 2).

En su tiempo, el maestro Salazar Salinas nos enseñaba, al Ing. Rafael Pérez Silíceo, al autor y a otros alumnos que le acompañábamos parados en el borde septentrional del cráter piroclástico del Xictli, la escotadura en arco que con un ángulo de aproximadamente 120° corta dicho borde, y relacionaba tectónicamente el accidente con las fracturas y fallas que había estudiado en las regiones del Cerro de la Estrella, la Sierrita de Santa Catarina, la Barranca de Contreras, las Lomas de Santa Fe, etc. Precisamente siguiendo el arco de la fractura que interrumpe el círculo del cráter piroclástico del Xictli, se alinean sensiblemente del sureste al oeste-noroeste, las otras bocas que el autor descubrió al estudiar la fotografía aérea con la que se dibujó el plano Núm. 2. El maestro Salazar Salinas nos enseñaba también la masa de roca alterada por la acción fumarólica que yace en el fondo del cráter piroclástico del Xictli como un pequeño tapón. Dicho cráter tiene aproximadamente 455 metros de diámetro y 115 metros de profundidad, con el vértice del embudo desviado hacia el noreste y a unos 10 metros más arriba del fondo del cráter descubierto por el autor; cráter que a su vez se encuentra caracterizado por una fractura que también lo atraviesa en el fondo sensiblemente de sureste a noroeste. Este cráter o boca con el borde ovalado, en dirección de la fractura, tiene un diámetro medio de 170 metros y una

profundidad de 55 metros. Un punto en el sur del borde también está cortado por una fractura con apariencia de falla. La porción sur-suroeste del borde correspondiente al cráter piroclástico, es la más alta, lo que parece indicar que el volcán arrojó en esa dirección sus últimas cargas explosivas (pequeñas bombas de forma característica).

El autor formó parte de algunas excursiones durante las que se visitaron las grutas del "Gorrión" y de "Pedro el Negro"; en las que tuvo la oportunidad de colectar pequeños ejemplares de piroestalactitas, piroestalacmitas y pirocarámbanos y gotas de lava, así como de estudiar algo sobre la morfología de las grutas que más adelante discute. Con el propósito de ilustrar algunas de las típicas estructuras superficiales que acordonadas y corrugadas se observan en las lavas del Pedregal de San Angel, se tomaron fotografías y se aprovecharon otras que bondadosamente facilitó al autor, el Ing. Teodoro Flores. Especialmente se hizo un muestreo de un corte de lava de una altura aproximada de 4 metros que se localiza en los terrenos donde se construye la Escuela Nacional de Ingenieros en la Ciudad Universitaria. Acompañado de algunos alumnos, el autor visitó el curso de una pequeña corriente de lava con aspecto muy parecido a las que ha estado arrojando el Paricutín, es decir de muy poca fluidez. Dicha corriente se localiza muy bien en la fotografía aérea que el autor adquirió para su estudio, en la Compañía Mexicana Aerofoto. Como se indica en capítulo anterior, el autor, acompañado del Ing. Rolando Martínez Ruiz, pudo identificar las formaciones Tacubaya, Becerra y Totolzingo infrayacentes al Pedregal de San Angel.

SUPERFICIE

El Pedregal de San Angel ocupa una superficie de aproximadamente 72 kilómetros cuadrados; el área del dicha lava afecta la forma de una elipse cuyo eje mayor tiene una orientación noreste-suroeste. Una parte de su borde sureste interrumpe la forma elíptica del área, constituyendo un entrante del terreno antiguo en donde se encuentra ubicada la población de Tlalpan. (Compárese la superficie de la lava con la que ocupa en la actualidad la ciudad de México, plano Número 1).

SECUENCIA DE LAS CORRIENTES DE LAVA Y ASPECTOS FISIOGRAFICOS

Sobre la secuencia de las principales corrientes de lava, el autor presenta en esta ocasión un estudio tentativo que se podrá mejorar con el concurso de un buen plano topográfico y la observación estereoscópica de un mosaico aerofotográfico del Pedregal de San Angel. Lo que sí es evidente, es que las primeras corrientes de lava fueron relativamente pequeñas y que se derramaron hacia el sureste, sur y suroeste del aparato volcánico: unas veces hacia el pequeño valle que se formó entre el Ajusco y dicho aparato; otras hacia el rincón que forman el Ajusco y sus estribaciones y otras más hacia el oriente, rodeando el volcán del Conejo. Estos últimos derrames posiblemente muy fluidos pero de escaso volumen, llegaron hasta la zona que hoy ocupa la población de Tlalpan. Después del derrame de esas corrientes, el aparato volcánico aumentó notablemente el volumen de su lava y cambió la dirección de las corrientes que eran arrojadas por varias bocas, aprovechando definitivamente la pendiente natural que hacia el norte se ofrecía y fue entonces cuando una de estas bocas, posiblemente la que se encuentra junto a la base oriental del cono piroclástico, derramó la corriente que había de limitar el sur de la zona que ocupa la población de Tlalpan es decir, dicha corriente cruzó cubriendo la corriente de lava que había bajado rodeando el mencionado cerro del Conejo. Con poco intervalo de tiempo, el cráter o boca junto a la base poniente del cono piroclástico, derramaba hacia el norte otra impetuosa corriente de lava que a su vez cubrió la estructura de un antiguo y probable cráter, que en apariencia hoy se manifiesta a través de la lava como un gran circo de 2 Km. de diámetro. Sin haber podido definir la secuencia con suficiente claridad, el autor interpreta otra corriente de lava salida de una boca no identificada, la cual pudo haberse encontrado al norte y junto a la base del cono piroclástico, por donde el volcán arrojó la más importante de sus corrientes, cuyo enorme volumen no pudieron represar las antiguas formaciones constituidas por los cerros del

Vivero, del Basalto Antiguo, del Zacatepetl y sus estribaciones noroeste, pues por estas últimas que actuaron como un vertedor de demasías, la corriente de lava pasó fluida y en extensa lámina de poco espesor hacia los terrenos más bajos y por consiguiente más cercanos a las orillas del antiguo lago. El puerto constituido entre las formaciones citadas, por encontrarse a mayor altura que las estribaciones noroeste del Zacatepetl, sólo permitió el paso de muy reducidas corrientes, ya que no pudieron invadir el monumento de Cuicuilco no obstante su cercanía (observación del Ing. Arellano). Como antes se indica, la secuencia de esta gran corriente con respecto a las dos antes citadas, no es clara, aunque el autor la supone anterior a ellas. Seguramente que de las tres poderosas corrientes se produjeron bifurcaciones y que otras, tal vez menos copiosas, fueron cubiertas, pero de ellas no se observó evidencia alguna. Todavía en períodos probablemente muy posteriores y aprovechando los estuches que habrían de constituir más tarde las cavernas que se han ido descubriendo, estuvieron corriendo por sobre la superficie de las grandes corrientes relativamente frías, otras de pequeño volumen semejantes a la que el autor visitó acompañado de un grupo de alumnos. En resumen, como resultado de los diferentes derrames que seguramente se superpusieron con gran profusión, el antiguo paisaje fisiográfico cambió notablemente en algunos puntos y en otros pocos se alteró de su pendiente original.

Observando la orientación general de las actuales barrancas que se han formado en las faldas de la serranía que se encuentra hacia el noroeste del Pedregal de San Angel, no es difícil presumir la existencia de algunas de ellas, con igual orientación abajo de dicha lava, aunque también es posible que la formación de tales barrancas haya sido posterior al fenómeno volcánico, en cuyo caso sólo se podrá creer en una principal que necesariamente había cuando nació el volcán. En la actualidad, dicha barranca desviada hacia la orilla noroeste del Pedregal, inicia su formación hacia el suroeste de dicha lava en el rincón que forman el volcán del Ajusco y sus primeras estribaciones en ese límite de la Cuenca de México. Es posible que la zona ocupada por la población de Tlalpan sea una parte del abanico aluvial formado por dicha barranca. Estas hipótesis sobre el relieve sepultado, complican bastante el cálculo aproximado que el autor pudo haber hecho del espesor medio de las lavas. Deja para futura investigación dicho cálculo que intentará durante la continuación de este trabajo.

El autor interpreta como aspectos fisiográficos anteriores a la erupción, la presencia de un grupo de pequeñas elevaciones, entre las que se cita el cerro del Vivero, el del Basalto Antiguo y el de Zacatepetl, con sus estribaciones hacia el noroeste. Es posible que alguna de tales elevaciones se encuentre prolongada hacia el suroeste y unida con las estribaciones del Ajusco, encajonando la antigua barranca cuyas aguas depositaron el posible abanico aluvial que ya se cita. Parece también posible que de no haber habido tal prolongación, existieran valles y hondonadas entre la parte que ocupa el cráter hipotético cubierto por la lava y las antiguas formaciones del cerro del Vivero, Zacatepetl, etc.

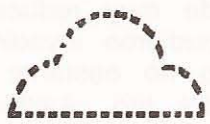
En contraste con los aspectos primitivos del paisaje fisiográfico, el área ocupada por el Pedregal de San Angel se puede dividir en cinco zonas: la primera localizada en el propio aparato volcánico constituído por el cono cinerítico, el cráter al poniente de éste y las diferentes bocas que ocupan la parte más elevada; la segunda localizada en la vertiente meridional de dicho aparato; la tercera de fuerte pendiente localizada en la vertiente septentrional del mismo aparato; la cuarta situada inmediatamente al norte de la tercera, con menor pendiente, rellenando barrancas y hondonadas y por último, la quinta, localizada en las tierras bajas cercanas a las orillas del antiguo lago. En el concepto del autor y para futuro interés espeleológico, la tercera y cuarta zonas, son las más propicias para localizar nuevas grutas. Además de los dos cráteres y las cuatro bocas de lava que el autor localiza en plano Núm. 2, abiertas como ya indica a lo largo de una posible fractura, existieron a niveles inferiores, hornitos y fuentes de lava. Entre estas últimas es notable la que se localiza en la parte central del extremo norte de la tercera zona o sea en

la terminación de la fuerte pendiente y precisamente hacia el norte del cono piroclástico. Dicha fuente hoy se encuentra caracterizada por grandes hundimientos y grietas, rodeados por una estructura de lava sensiblemente circular. Otra fuente parece haberse formado en el extremo occidental de la tercera zona, caracterizada también por un pequeño hundimiento. De tales grietas y hundimientos, existen en la misma zona algunos más, orientados de sur a norte. En la cuarta zona se localiza una gran depresión que el autor no tuvo la oportunidad de estudiar con detalle. Finalmente, en la quinta zona, el aspecto estructural de la superficie de las lavas, es notablemente diferente al de las cuatro primeras, lo cual se cree fue debido a un movimiento lento y divagante de las lavas cuando se extendían en esta zona de mínima pendiente.

Al pie del pequeño corte de cuatro metros en donde el autor colectó las principales muestras para su estudio petrográfico y petroquímico, junto al perímetro que ocupará la Escuela Nacional de Ingenieros en la Ciudad Universitaria, existe un amontonamiento de bloques andesíticos que el autor considera fueron transportados hasta ese lugar a lo largo de una posible barranca, hoy ocupada por las lavas, cuando aquella, a nivel muy superior del actual, profundizaba su cauce. Precisamente abajo de algunos de los cortes de lava que limitan hacia el norte el perímetro de la Ciudad Universitaria, el terreno sedimentario correspondiente a formaciones superyacentes a las de Tacubaya y Becerra, se encuentra fuertemente calcinado con un color café rojizo de ladrillo, lo que para el autor es índice de fuerte oxidación, favorecida por una condición de humedad que dicho terreno tenía cuando fue cubierto por las lavas. No se puede explicar de otro modo la formación de una mezcla arcillosa de limonita y hematita que es la que tiene ese color característico. El autor propone, en futuros estudios, hacer la petrografía sedimentaria de tales formaciones.

ASPECTOS ESTRUCTURALES

Con amplio detalle, el interesante trabajo de los doctores Waitz y E. Wittich[10] sobre los tubos de explosión del Pedregal de San Angel, describe diferentes aspectos que presenta la lava en su estructura. En esta ocasión el autor se refiere a ciertas estructuras de las grutas que visitó. Tanto en la gruta del Gorrión, como la de Pedro el Negro, la sección de las bóvedas expone una curvatura que recuerda el estilo morisco. (Véase el esquema adjunto). Con el aspecto de túneles sin paredes verticales, dichas grutas tienen pasos muy estrechos que comunican los amplios espacios cuya altura llega a ser hasta de 6 metros y con ancho hasta de 10 metros. Las bóvedas en donde no se han producido derrumbes por contracción o dislocamiento, se encuentran soportadas por un piso de lava ondulante, en general de suave pendiente, en el que se observa con claridad el rumbo y dirección que tuvo la corriente de lava. A estos conductos el maestro Aguilera les llamaba "estuches de lava". A la combinación de arcos que constituyen la bóveda, el autor la interpreta como la manifestación de un proceso de refusión experimentado por el piso de un estuche durante el paso de una corriente de lava más copiosa y por lo tanto de mayor capacidad térmica. Ocasionalmente se ven, como en la gruta del Gorrión, corrientes de lava superpuestas que pudieron causar un efecto parecido. De vez en cuando se observan pendientes de las bóvedas, en mayor o menor profusión, pequeñas piroestalactitas y pirocarámbanos de lava que alcanzan longitudes hasta de 15 centímetros. En el piso de las grutas, en un tiempo en movimiento, también se observan piroestalacmitas pero en menor proporción. A todas estas pequeñas estructuras se les observa en donde probablemente el calor de convección fue más intenso. Las piroestalactitas propiamente dichas, son pequeños cilindros huecos, muy frágiles, con un diámetro exterior medio de unos 5 milímetros y paredes de fracciones de milímetro cuando su conducto interior es de forma tubular; otras, de paredes más gruesas, son las que tienen el conducto en forma de un rosario de vesículas. Tanto las piroestalactitas, como los pirocarámbanos, rematan en una burbuja o



racimo de burbujas. Las piroestalacmitas (grupos de gotas soldadas entre sí), se formaron cuando la lava que las constituye tuvo su mínima viscosidad. Afectan el aspecto de una superposición de gotas de parafina que se escurrieron en los bordes de una vela encendida; en casos de mayor viscosidad, se parecen al amontonamiento de una majada de borrego y en otros mas, los amontonamientos son como de gotas estiradas, tal vez por una condición de viscosidad mayor, por un impulso neumatolítico que las desprendió de la bóveda, o porque representan fragmentos de pirocarámbanos que se estuvieron desprendiendo de un mismo sitio. Volviendo a tratar de las piroestalactitas, el autor presume que su formación se debió a una ligera acción de succión que como trompa de vacío pudieron tener los estuches, cuando la lava pasó por los estrechos conductos. Bajo ese efecto los gases que se conservan en la masa de lava de las bóvedas, fueron succionados en parte y hechos pasar a través de ciertos pirocarámbanos que mantenían su viscosidad adecuada. El estado termodinámico en que se encontraba la lava que constituye las piroestalactitas favoreció notablemente el desarrollo de muy interesantes agrupamientos de cristales que, como en el caso de las drusas, tapizan casi siempre los conductos tubulares y en rosario, lo mismo que las paredes interiores de las burbujas de lava. Entre esos grupos de pequeños cristales se observan agujas de Iddingsita, filamentos blancos, amarillentos y rojizos de un material vitreo y placas exagonales de hematita. No es exagerado afirmar que en todas las piroestalactitas y vesículas de los pirocarámbanos, lo mismo que en las correspondientes de las piroestalacmitas, existe esa mineralización digna de una investigación cristalográfica especial. No es menos interesante observar la superficie exterior de todas esas pequeñas estructuras que en general se encuentra cubierta por una pátina azulada y gris como si estuviera pavonada. Pequeños cristales de magnetita también se encuentran tapizando grandes porciones de tales superficies en las que se nota una muy fina estructura ondulante que demuestra la acción intermitente durante el desarrollo de dichas estructuras. Al estudiar en el microscopio las microtexturas de los pirocarámbanos y piroestalactitas, se observó un desarrollo de cristales eutécticos de ilmenita y magnetita.

Dado el relativo corto tiempo transcurrido desde que se congelaron las lavas del Pedregal de San Angel, la erosión no ha impreso aún huellas profundas en su superficie. Sin embargo, sólo un agente biológico que en este caso es el hombre, le ha producido una corrosión bastante importante, sobre todo en la mayor parte de los lugares donde la lava hace contacto con las zonas que aquél habita. En varios lugares donde la lava no alcanzó gran espesor, el hombre ha podido recuperar pequeñas extensiones de suelo que hoy utiliza para sus necesidades agrícolas. El interés de tal recuperación, combinado con el de adquirir piedra para la construcción, facilitó también el aprovechamiento de tales extensiones de suelo, entre los que es oportuno citar aquellos donde se levanta la Ciudad Universitaria.

Precisamente en el lugar por donde pasó la corriente de lava que invadió los terrenos bajos cercanos al antiguo lago, hoy se constituye la colonia llamada "Jardines del Pedregal". Hacia el suroeste de dicha colonia se encuentra cortada totalmente la corriente de lava, como se puede observar en el plano Núm. 2. El Ing. Arellano hace notar que de dicha corriente había una cantidad regular hasta hace poco tiempo, junto al extremo norte del cerro de Zacatepetl. En el plano Núm. 2 también se pueden observar grupos alineados de esos pequeños terrenos recuperados, cuya peculiar situación puede ser debida a las condiciones que tenía el relieve sepultado. Una zona en las lavas del Pedregal de San Angel, cuya erosión puede considerarse de las más intensas que ha experimentado, sin el notable concurso del hombre, es la que está situada hacia los lados sur, sureste, este y noroeste del cerro del Conejo. En el plano Núm. 2 puede observarse que en dicha zona hay notable intercalación de terrenos probablemente recuperados entre las corrientes de lava que en esa parte se derramaron sobre una fuerte pendiente. Es posible que dichas corrientes no alcanzaron a cubrir la superficie de aquellos terrenos que en tal caso dan una falsa impresión de haber sido recuperados

para la agricultura. De cualquier manera, la orilla de las corrientes indica una más intensa erosión. Por otra parte, la relativa mayor antigüedad de esas corrientes que salieron de una boca situada al sur y junto a la base del cono piroclástico, parece ser otra causa de su mayor erosión. En la zona que ocupa la población de Tlalpan se observan claras evidencias de que el hombre ha eliminado una buena parte de los frentes de lava, algunos de los cuales se extendían como lenguas hasta donde hoy es el centro de dicha población. Finalmente, en la aerofotografía que sirvió para dibujar el plano Núm. 2, se puede observar con claridad la mayor parte de los límites originales de la lava, anteriores al desarrollo de grandes canteras que el hombre ha venido explotando desde los tiempos de la colonia. En cuanto al cono piroclástico del Xictli, la vegetación que le cubre le ha defendido bastante de la erosión.

PETROGRAFIA

Como se indica con anterioridad, un corte de lava de 4 metros, fue el escogido para colectar la primera serie de ejemplares con el que el autor inicia el estudio petrográfico de detalle en el Pedregal de San Angel. Dada la extensión de las lavas que arrojó el Xictli, el autor no pretende, con el estudio de seis ejemplares, haber hecho una clasificación definitiva, de dichas lavas, sobre todo cuando el estudio de esas únicas muestras, ha podido confirmar cierta diferenciación en dichas lavas; por consiguiente, la clasificación que deduce de tal estudio es únicamente tentativa. Para futura oportunidad el autor propondrá a la Dirección del Instituto de Geología, un programa de trabajos en el que, cuando menos, se sugerirá la conveniencia de verificar entre 50 y 75 análisis químicos cuantitativos de otras tantas muestras, con el correspondiente estudio microscópico. El corte indicado de 4 metros presenta megascópicamente dos aspectos estructurales: con un espesor aproximado de 2 metros a partir del piso, la roca se observa compacta con muy poca proporción de vesículas en su masa. En los otros 2 metros el carácter vesicular se va haciendo más conspicuo hasta la superficie, cerca de la cual la roca, adquiere la típica estructura. Los dos aspectos corresponden a dos láminas de lava superpuestas, cuya separación apenas se distingue a lo largo de un plano poco perceptible, que en el corte se manifiesta como una fina y sinuosa lámina de pequeñas vesículas unidas todas entre sí.

Teniendo en cuenta que tanto la base como la superficie de una corriente de lava se encuentran sujetas a condiciones diferentes de alteracion de las que prevalecen en el centro de la masa de dicha corriente, el autor decidió iniciar el muestreo precisamente en la base y continuarlo cada 80 cm hasta alcanzar una muestra estrictamente superficial. Con el propósito de investigar el desarrollo de los cristales en la masa de la roca y la evidencia de una microtextura fluidal para determinar microscópicamente la dirección que la corriente llevaba en donde se colectaron los ejemplares mencionados, se fijaron en el campo y más tarde en el laboratorio, las orientaciones de cada uno de los ejemplares, utilizando para el caso una brújula Brunton. Entonces, refiriendo la muestra a un plano horizontal y a una misma visual de orientación que fue dirigida hacia el punto culminante del cono piroclástico de Xictli (S 12° W magnéticos), se tuvieron los elementos necesarios para efectuar en cada ejemplar tres cortes para las correspondientes láminas: uno que se designó como horizontal, otro vertical de orientación y el tercero vertical transversal. Después del estudio microscópico, se hizo necesario practicar un cuarto corte vertical con un rumbo aproximado N 57° E magnéticos, pues el segundo y tercer cortes no indicaron notables diferencias. Con el cuarto corte se pudo deducir que las corrientes de lava invadieron el punto desde una dirección aproximada al S 60-80 W. Este corte se designó como vertical direccional. Como era de esperarse, respectivamente al fondo y techo de las dos corrientes de lava superpuestas, indicaron notable alteración de la roca que se traduce en la transformación muy avanzada de la augita en óxidos de fierro y otros minerales secundarios, lo mismo que en una parcial corrosión de los cristales de plagioclasa. Fue curioso observar que dichas alteraciones se verificaron de manera diferente a la forma como circularon los fluidos oxidantes: en el fondo reemplazando zonas cristalinas horizontales, es decir,

paralelas a la base, como indicando cierta permeabilidad orientada favorecida por una sedimentación de cristales en el seno del licor madre y en el techo reemplazando zonas cristalinas verticales o sea perpendiculares a dicha base, como aprovechando también cierta permeabilidad orientada, pero en este caso favorecida por el desprendimiento de los gases durante el enfriamiento de la lava. Lo anterior es evidente si se observa en las seis láminas el grado de translucidez que presentaron, no obstante que todas fueron preparadas con un espesor estándar de tres centésimos de milímetros: la lámina horizontal de la muestra Núm. 1 es muy opaca, la lámina horizontal de la muestra Núm. 6, es bastante translúcida. Obsérvese la contraria situación en las otras cuatro láminas verticales. Por otra parte, en las seis láminas horizontales se hizo patente una mesostasis debido al desarrollo tabular de algunos cristales de plagioclasa, lo que indica su carácter secundario, un principio de sedimentación de esos cristales en el seno de su licor madre y por consiguiente, la evidencia de una cristalización fraccionada. El pequeño número de ejemplares colectados en el corte de 4 metros, no permitió al autor verificar sus observaciones con más detalle. Algunos cristales tabulares muestran un débil crecimiento zonal. En cuanto a los óxidos de alteración, presentan agrupamientos dendríticos de sus cristales, lo que parece demostrar que dicha alteración tuvo lugar durante el enfriamiento de la lava. El autor considera de suerte haber podido hacer tales estudios, aprovechando la condición holocristalina de la roca cuya microtextura es en lo general sub-ofítica. Finalmente, el carácter uniforme de los cristales, en cuanto a su arreglo fluidal, indica que las dos láminas de lava superpuestas no se cruzaron. Posiblemente se trató de una sola corriente cuyas dos láminas de deslizaron con diferentes velocidades.

Se identificaron en la roca como constituyentes esenciales y accesorios: plagioclasa predominante, augita, olivino y apatita. La plagioclasa es un labradorita cuyo promedio de composición en las seis muestras estudiadas es de ab_{45} an_{56}; sus cristales tabulares son más sódicos. La augita no presentó ángulos de extinción menores de 40° en la dirección Z=c y en cuanto al olivino tiene en lo general el carácter ópticamente negativo con una proporción de Mg:Fe = 76:24. Los contituyentes secundarios principales son magnetita titanífera, hematita e iddingsita.

PETROQUIMICA

De cada una de las seis muestras orientadas, se hicieron los análisis cuyos resultados acompañados de los pertenecientes a otras cinco muestras colectadas en diferentes lugares del pedregal, se exponen a continuación con los correspondientes valores de Niggli.

CONSTITUYENTES	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
SiO2	52.00	49.88	49.14	49.44	48.74	49.60
TiO2	0.96	1.00	1.40	1.00	1.10	1.00
Al203	21.83	23.96	19.36	21.80	22.36	22.00
Fe203	2.50	2.60	3.85	3.80	1.22	0.63
Fe0	7.11	7.11	6.53	7.00	7.18	7.90
Mn0	0.10	0.10	0.13	0.14	0.14	0.09
Mg0	1.48	1.77	4.63	1.21	3.83	3.25
Ca0	9.36	7.97	9.02	9.25	8.58	8.52
Na20	3.42	3.61	3.63	3.08	3.59	4.03
K20	h	h	0.72	0.49	0.97	0.83
H20 (+)	h	h	h	h	h	h
H20 (-)	h	h	h	h	h	h
P205	0.80	0.75	0.84	0.93	0.90	0.76
Totales	99.56	98.75	99.25	98.14	98.61	98.61

Valores de Niggli.

si	143	136	121	135	121	129
al	35	38	28	35	33	33.6
fm	28	29	38	29	32	31.2
c	28	23	24	27	25	23.7
alk	9	10	10	9	10	11.5
k	.....	.....	.119	.091	.147	.121
mg	.22	.25	.45	.17	.45	.41
gz	+7	-4	-19	-1	-19	-17

CONSTITUYENTES	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*
SiO2	49.85	47.30	51.42	53.45	50.74
TiO2	.....	1.47	1.64	3.04	2.17
Al203	20.20	18.27	18.03	14.57	16.30
Fe203	2.62	2.24	2.54	4.40	1.55
Fe0	5.69	6.95	7.15	7.25	7.96
Mn0	0.09	.....	0.13	0.29	.....
Mg0	7.20	6.78	5.39	4.03	8.15
Ca0	9.20	7.95	7.98	6.51	7.92
Na20	3.00	5.99	3.87	4.12	3.04
K20	0.64	1.00	1.23	1.55	1.68
H20 (+)	h				
H20 (-)	h				
P205	0.89	1.61	0.47	0.50	0.57
Totales	99.38	99.56	99.85	99.71	100.08

Valores de Niggli

si	117	109	133	148	121
al	28	25	24.7	24	22.8
fm	41	40	43.7	43	47.5
c	23	20	19.7	19	20.1
alk	8	15	11.9	14	9.6
k	.127	.102	.173	.195	.248
mg	.62	.57	.50	.39	.61
gz	-15	-51	-16	-8	-17

1. Corte a 0.10 mts. del suelo. Terreno E. N. de I. Ruth Rojas, analista.
2. " " 0.90 " " " " " " "
3. " " 1.70 " " " " " " "
4. " " 2.50 " " " " " " "
5. " " 3.30 " " " " " " "
6. " " 4.10 " " " " " " "

7. Cantera de Oxtopulco, Coyoacán. Ruth Rojas, analista.

8. Pedregal de Tlalpan. P. Krais, analista.

9. Roca de las cercanías de un tubo de explosión. Carlos Castro, analista.

10. Roca de las paredes de un tubo de explosión. Carlos Castro, analista.

11. Roca del relleno de un tubo de explosión. Carlos Castro, analista.

El autor utilizó los diagramas de Howel Williams para hacer la comparación de las lavas del Xictli con las que menciona en su trabajo, encontrando que éstas presentan un parecido con las lavas de la zona del canal de Panamá y de Nicaragua. Los altos valores en alúmina que se presentan en la mayor parte de los análisis, se deben a la presencia de dicho radical en la composición especial de la augita. Por otra parte el análisis Núm. 8" promedio de dos determinaciones indica un carácter alcalino de la roca, probablemente basanita.

CONCLUSIONES

Los estudios petrográficos y petroquímicos demuestran que en las lavas del Xictli se verificó una notable diferenciación por cristalización fraccionada.

Siguiendo el sistema de Howel Williams, basado en los valores de qz y en la mínima presencia de cuarzo normativo, las lavas del Xictli se clasifican provisionalmente como basalto de olivino con afinidad alcalina, derivadas de un magma gabbrodiorítico. Conforme al sistema de clasificación de S. J. Shand,[12] el promedio del símbolo de las 6 rocas estudiadas es: D - S - m^8 - (37) que corresponde a un tipo de roca discristalina, saturada (?), metaluminada, con An>Or, An>Ab y con índice de color = 37 (o sea % de constituyentes con gravedad específica mayor que 2.8).

Futuras investigaciones que el autor se propone realizar facilitarán la interpretación de la dicha afinidad alcalina y un estudio más detallado del magma que dio orígen a las lavas del Pedregal de San Angel.

NOTAS

1 AGUILERA, J. G., E. ORDOÑEZ, Bosquejo Geológico de México, Bol. Inst. Geol. Mex. núms. 4-6 1896, págs. 242-269; E. Ordóñez, El Pedregal de San Angel. Apuntes para la petrografía del Valle de México, Bol. Soc. Cient. A. Alzate núm. 4 1890-91, págs. 113-6.

2 PEÑAFIEL, A., Nombres Geográficos de México. Catálogo alfabético de los nombres de lugares pertenecientes al idioma Náhuatl, 1885, págs. 234.

3 ARELLANO, A. R. V. Datos geológicos sobre la antigüedad del hombre en la cuenca de México, 2º. Congreso Mexicano de Ciencias Sociales V. 1946, pág. 217-219.

4 BRYAN, K., Aplicación del criterio edafológico a la determinación de la edad de los volcanes de la cuenca de México. Bol. Soc. Geol. Mex., tomo XIII 1948, págs. 14-19

5 DE TERRA, H., Tepexpan Man., 1949 pág. 30.

6 GAMIO, M., Las excavaciones del Pedregal de San Angel y la Cultura Arcaica del Valle de México, American Anthropologist, (N. 5), Vol. 22, núm. 2, April-June, 1920.

6a ARNOLD Y LIBLEY, Radiocarbon Datings, No. 200, 1950.

7 WILLIAMS, H., Volcanoes of the Paricutín Región México, U. S. G. S. Bull, 965 P. 1950, págs. 169-173, 271, figs. 90, 94.

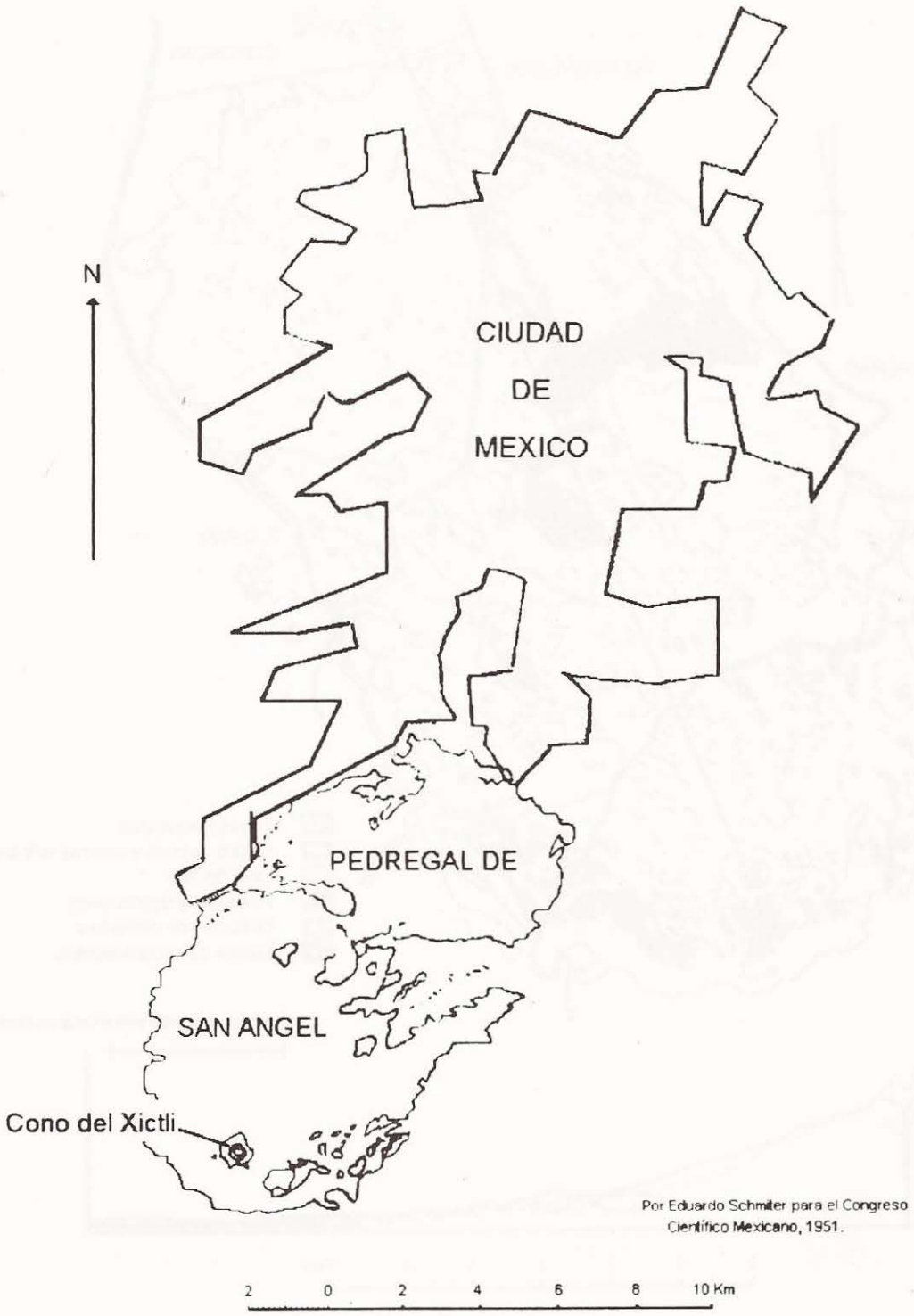
8 FAUST, G., E. SCHMITTER, C. FRIES Jr., Nota sobre Portlandita en Morelos, México, American Mineralogist, Vol. 35, 1950, págs. 614.

9 ORDOÑEZ E., Las rocas eruptivas del S. O. de la cuenca de México, Bol. 2. Inst. Geol. Mex. 1895, págs. 46, fig. 6

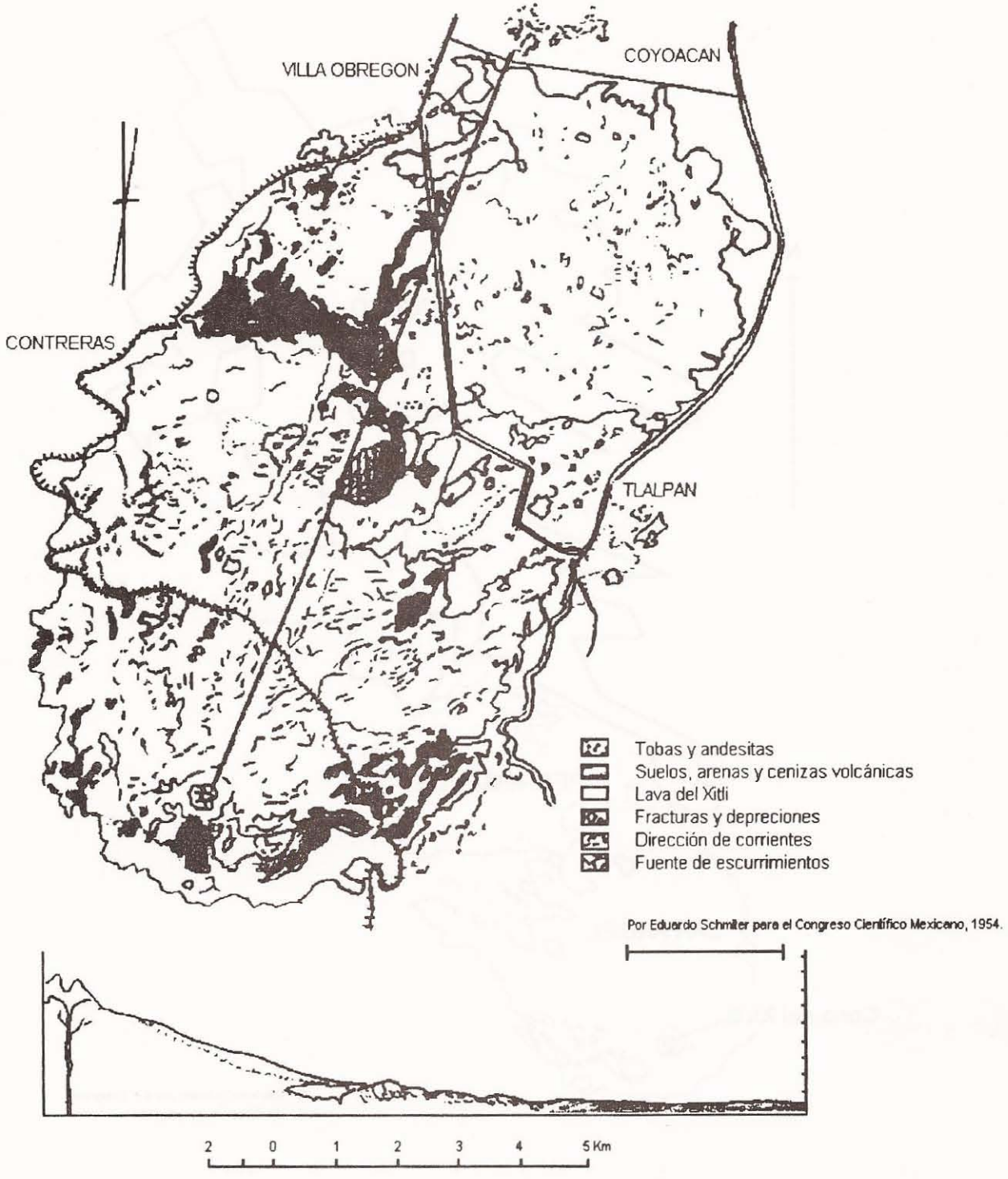
10 WAITZ, P., E. WITTICH, Tubos de Explosión en el Pedregal de San Angel, Bol. Soc. Geol. Mex., tomo VII, 1911, págs. 169-186.

11 ARELLANO, A. R. V., La composición de las rocas volcánicas en la parte sur de la cuenca de México, Bol. Soc. Geol. Mex. tomo XIII, análisis No. 8, 1948, pág. 82.

12 SHAND, S. J., Eruptive Rocks., 3th ed., 1947, págs. 225-245



Plano Núm. 1
Pedregal de San Angel y Ciudad de México


VILLA OBREGON
COYOACAN
CONTRERAS
TLALPAN
Tobas y andesitas
Suelos, arenas y cenizas volcánicas
Lava del Xitli
Fracturas y depreciones
Dirección de corrientes
Fuente de escurrimientos
Por Eduardo Schmiter para el Congreso Científico Mexicano, 1954.
2 0 1 2 3 4 5 Km

Plano Núm. 2

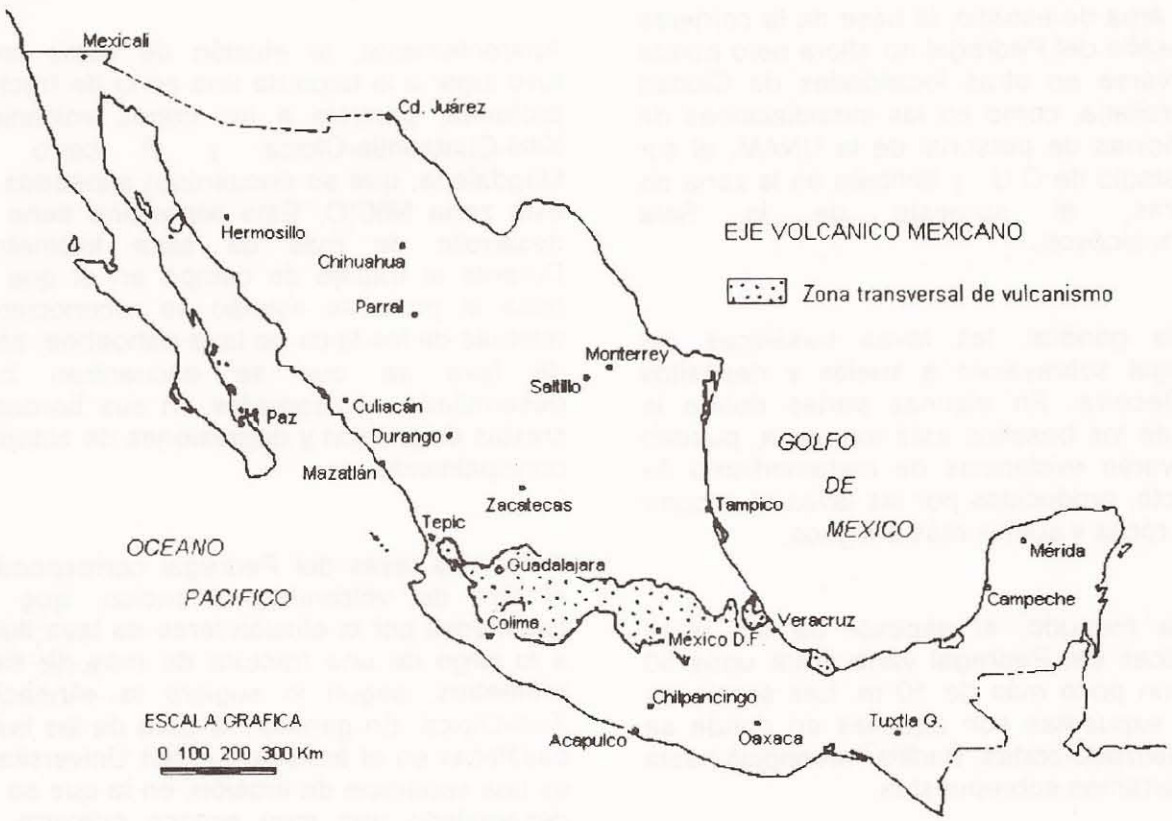
Las lavas de el Pedregal

Por: Salvador Enciso de la Vega

El área basáltica de Ciudad Universitaria ha sido objeto de diversos estudios desde 1884. A continuación presentamos un breve recuento de ellos.

GEOMORFOLOGIA

Fisiográficamente, el área basáltica de Ciudad Universitaria forma parte del Valle de México y pertenece a la zona basáltica conocida como Pedregal de San Angel. Geomorfológicamente corresponde a un malpais. La zona del Pedregal cubre una extensión irregular de unos 40 kilómetros cuadrados, la cual abarca desde las faldas del Ajusco hasta los alrededores de Huipulco. El desarrollo urbano de la ciudad de México en esta parte ha disminuido el área aflorante de basalto. En el área de Ciudad Universitaria de la UNAM, la superficie del Pedregal está intensamente quebrada, es irregular y corresponde al tipo de solidificación pahoehoe o dermolítico principalmente. Este tipo de solidificación de lava presenta una serie de formas superficiales caprichosas, tales como costeras acordonadas, fragmentos torcidos de lava y surcos acordonados, y vesicularidades y oquedades. En el área de Ciudad Universitaria también se presentan derrames compactos, masivos y vesiculares en la parte superior. Pequeñas chimeneas y tubos de explosión son comunes. En el área adyacente a la Sala Nezahualcóyotl están expuestas algunas formas dómicas,



Mapa tomado de la Carta Geología condensada de la República Mexicana del Instituto de Geología de la UNAM (1976) y modificada por el autor

conocidas como *tumulus*. En general, las partes más superficiales de estas lavas presentan pequeñas cavidades irregulares de orientación preferentemente horizontal, o otras más grandes con incipientes desarrollos de lava-estalactitas y lava-estalagmitas. Las fracturas en esta zona son principalmente de compresión y su apertura superficial es hasta de unos 2 m, disminuyendo a profundidad. Este sistema de fracturas tiene longitudes hasta de 40 m y está asociado principalmente a crestas de presión. Durante el presente estudio se reconocieron otras estructuras como lavas *plateaux*, las cuales son superficies casi planas de lava de estructura acordonada, depresiones de colapso, que son hondonadas cerradas, irregulares localmente, de forma semicircular, con bordes asociados a crestas de presión y cavernas *lava caves*; estas depresiones llegan a alcanzar unos 3 m de profundidad.

GEOLOGIA

En el área de estudio, la base de la corriente de basalto del Pedregal no aflora pero puede observarse en otras localidades de Ciudad Universitaria, como en las inmediaciones de las oficinas de personal de la UNAM, al sur del Estadio de C.U., y también en la zona de canteras, al suroeste de la Sala Nezahualcóyotl.

Por lo general, las lavas basálticas del Pedregal sobreyacen a suelos y depósitos post-Becerra. En algunas partes donde la base de los basaltos está expuesta, pueden observarse evidencias de metamorfismo de contacto, producidas por las lavas al escurrir sobre rocas y suelos más antiguos.

Muy a menudo, el espesor de las lavas basálticas del Pedregal varía entre unos 50 cm y un poco más de 10 m. Las secciones mejor expuestas son aquellas en donde se han realizado cortes. Badilla[3] reconoció hasta tres derrames sobrepuestos.

Este autor ha colectado de la parte inferior restos de plantas y pasto. Con frecuencia las corrientes lávicas del Pedregal sobreyacen a depósitos lacustres y suelos de las unidades Becerra y Nochebuena[4]. Aparentemente, la dirección general de flujo de las lavas del Pedregal es N60°E. Se pueden observar flujos locales de diferente orientación. Con seguridad dichas direcciones estuvieron condicionadas por la inclinación preexistente del terreno, en particular por los cauces de antiguos arroyos. En cuanto al origen de las lavas del Pedregal, se considera que fueron extravasadas por el Xitle, pero parece poco probable que un cono volcánico de unos 250 m de diámetro eyecte el enorme volumen de lava que actualmente forma el Pedregal. Conviene mencionar a este respecto que, por ejemplo, el Paricutín, cuyo diámetro es aproximadamente 3 veces mayor que el del Xitle o Cictli, cubrió de lava una superficie de 24.8 kilómetros cuadrados a lo largo de 9 años de erupciones.[2] Además, el Xitle no presenta evidencias de algún canal de escurrimiento abierto en dirección noreste, la cual corresponde a la orientación general de los flujos de lava del Pedregal.

Aparentemente, la efusión de estas lavas tuvo lugar a lo largo de una zona de fractura profunda, paralela a los conos volcánicos Xitle-Cuatzontle-Oloica y el cerro La Magdalena, que se encuentran alineados en esta zona N60°O. Esta alineación tiene un desarrollo de más de siete kilómetros. Durante el trabajo de campo en el que se basa el presente estudio se reconocieron, además de los tipos de lava pahoehoe, otros de lava aa que se encuentran bien desarrollados y asociados en sus bordes a crestas de presión y depresiones de colapso, principalmente.

Quizá, las lavas del Pedregal correspondan al tipo de volcanismo islándico, que se caracteriza por la efusión lenta de lava fluida a lo largo de una fractura de más de siete kilómetros, según lo sugiere la alineación Xitle-Oloica. En general, la cima de las lavas basálticas en el área de Ciudad Universitaria es una superficie de erosión, en la que se ha desarrollado una muy escasa cubierta de suelo vegetal (de 5 cm de espesor en algunos lugares). La mayor parte de la

superficie lávica está desprovista de suelo, por lo que la vegetación tiende a desarrollarse en zonas de fracturas.

HORIZONTES CULTURALES

Conviene mencionar la Significación cronológica de los basaltos del Pedregal en la historia y estratigrafía del Valle de México. Ordóñez[15] y Waitz y Wittich[19] reportaron la existencia de restos de cerámica que indicaban la presencia de culturas indígenas en el Valle de México, antes de la erupción de las lavas del Pedregal. En 1917, Gamio[8] llevó a cabo algunas excavaciones en la cantera de Copilco, que colinda con la Colonia del Carmen, en San Angel, para comprobar la existencia de cerámica fragmentada y otros vestigios culturales conocidos en esa localidad, y concluyó que los objetos encontrados en el Pedregal pertenecieron a la cultura arcaica, quizá la más antigua en el Valle de México, y propuso el nombre de cultura subpedregalense para denominar dichos vestigios culturales. Las edades de radiocarbono que reportaron Fergusson y Libby[18] sugieren una edad de 1536 ± 65 años para la erupción del volcán Xitle, cuya lava se supone rodeó Cuicuilco. Otras muestras procedentes de esta misma zona proporcionaron otras edades: 2 422 ± 250 años, 2 040 ± 200 y 1 430 ± 200 años. Estas corresponden, por lo general, al Preclásico Temprano, fase Tlalpan.

PETROGRAFIA Y ANALISIS QUIMICOS DE LAS LAVAS DEL PEDREGAL

En términos generales, las lavas del Pedregal se han analizado desde el punto de vista químico. Hasta ahora se han realizado pocos estudios acerca del origen, generación y paragénesis de los minerales que constituyen dichas lavas y de su petroquímica.

Entre los principales autores que han reportado análisis químicos completos de las lavas del Pedregal, figuran Félix y Lenk, 1890. Arellano[1] reportó un valor de Na_2O aparentemente alto; el valor que Schmitter[16] le da, similar al anterior, es de 5.99% de (NO_2) en una muestra del Pedregal de Tlalpan. Recientemente, otros investigadores como Gunn[9] y Negendank[13] realizaron análisis químicos completos de estas lavas, de los cuales presentamos dos de éstos (tabla I).

Según Schmitter,[16] petrográficamente las lavas del Pedregal de Ciudad Universitaria corresponden a un basalto de olivino con augita y apatita como minerales predominantes. La plagioclasa corresponde a labradorita, cuya composición aproximada es de albita 45/anortita 56. Los cristales tabulares de plagioclasa, por lo general, son más sódicos. Aparentemente el olivino tiene una relación de Mg: Fe = 76 : 24; el mismo autor señala que los constituyentes secundarios fueron magnetita titanífera, hematita, e iddingsita. Dicho autor no discute si la iddingsita corresponde a alteraciones de olivino. Recientemente, Badilla,[3] con base en estudios petrográficos, también clasificó a las lavas del Pedregal como basalto de olivino y piroxena. Este mismo autor, reconoció en algunos ejemplares las texturas intersertal, porfídica y pilotaxítica. Paradójicamente, Negendank[13] clasificó una muestra de basalto de Ciudad Universitaria como andesita de olivino, sin tomar en consideración el índice de color (30.7). Mooser et al.[12] realizaron algunas determinaciones paleomagnéticas en las lavas del Pedregal.

TABLA I
ANALISIS QUIMICOS COMPLETOS DE
BASALTOS DEL PEDREGAL

	1	2	3
SiO_2	51.02	50.65	49.60
TiO_2	1.77	1.30	1.00
Al_2O_3	15.69	16.45	22.00
Fe_2O_3	10.00	0.75	0.63
FeO	0.00	8.00	7.90
MnO	0.14	0.23	0.09
MgO	8.49	9.26	3.25
CaO	7.68	7.56	8.52
Na_2O	3.63	3.90	4.03
K_2O	1.17	1.35	0.83
P_2O_5	0.10	0.25	0.76
H_2O	0.00	0.26	-
H_2O-	-	0.10	-
Total:	99.69	100.06	98.61

1. Análisis químico del basalto de Ciudad Universitaria.[9]
2. Análisis químico del basalto de Ciudad Universitaria.[13]
3. Análisis químico del un basalto de Ciudad Universitaria.[16]

RECONOCIMIENTOS

El presente trabajo se realizó por sugerencia del licenciado Joaquín Sánchez McGregor, de la Coordinación de Humanidades de la UNAM.

El doctor Zoltan de Cserna Gombos revisó el manuscrito final. Agradezco también las sugerencias y facilidades que me proporcionó el ingeniero Diego A. Córdoba M., Director del Instituto de Geología de la UNAM.

BIBLIOGRAFIA

1. Arellano, A. R. V., "La composición de las rocas volcánicas en la parte sur de la cuenca de México". Bol. Soc. Geol. Mexicana t. XIII, 1948, p. 81.

2. Arellano, A. R. V., "Estratigrafía de la cuenca de México". Mem. Cong. Cient. Mexicano t. 3, 1953, p. 172.

3. Badilla-Cruz, Ramón, "Estudio petrológico de la lava de la parte noreste del Pedregal de San Angel". bol. Soc. Geol. Mexicana, t. XXXVIII, núm 1, 1977. p. 40.

4. Bryan, E., "Los suelos complejos y fósiles de la altiplanicie de México en relación a los cambios climáticos". Bol. Sec. Geol. Mexicana, t. XIII, 1948, pp. 120.

5. Fries, C., Jr., Bosquejo geológico de la región entre México, D. F. y Taxco, Guerrero. XX Cong. Geol. Internacional, México, libreto guía. Excs. A-4 y C-2, 1956, 32 pp.

6. Fries, C., Jr., Bosquejo geológico de la región entre México, D. F. y Taxco, Guerrero XX Cong. Geol. Internacional, México, Excs. A-9 y C-12, 1956, 53 pp.

7. Fries, C., Jr., Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero. Región central meridional de México. UNAM, Instituto de Geología, vol. 60, 1960, 236 pp.

8. Gamio, Manuel. "Las excavaciones del Pedregal de San Angel y la cultura arcaica". American Anthropologist, núm. 22, p. 127, 1920.

9. Gunn, B. M. y Mooser, F., "Geochemistry of Volcanics of Central Mexico". Bull. Volc. Assoc. Inter. Volc. Chim. Int. Terre, t. 34, fasc. 2, 1971, pp. 577-616

10. Mooser, F., "Los ciclos de vulcanismo que formaron la cuenca de México". Vulcanología del Cenozoico, XX Cong. Geol. Internacional, México, vol. II 1957, pp 337-348.

11. Mooser, F., Bosquejo geológico del extremo sur de la Cuenca de México. XX Cong. Geol. Internacional, México, Libreto-Guía, Exc. C-9, 1962.

12. Mooser, F., Nairn, A. E M, Negendank, J. F. W., "Paleomagnetic Investigations of the Tertiary and Quaternary Igneous Rocks: A Paleomagnetic and Petrologic Study of Volcanics of the Valley of Mexico" Geologische Rundschau, vol. 63, núm. 2, 1974, pp. 451-483.

13. Negendank, J. F. C;., "Volcanics of The Valley of Mexico". N-Jb. Miner. Abh, núm. 1163, 1972, pp. 308-320.

14. Ordóñez, E., "El Pedregal de San Angel. Apuntes para petrografía del Valle de México". Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate, México, vol. IV, 1890, p. 15.

15. Ordóñez, E., "Las rocas eruptivas del suroeste de la cuenca de México". Inst. Geol. México, Bol. 2, 1895, 46 pp.

16. Schmitter, E., "Investigación petrológica en las lavas del Pedregal de San Angel". Mem. Congr. Cient. Mexicano, t. III, 1953, pp. 218-237

17. Schlaefer, C., Resumen de la geología de la hoja México, Distrito Federal y Estados de México y Morelos. Serie Carta Geológica de México, 1:100,000, Inst. Geol., UNAM, México, 1968.

18. Valencia, Josefina y Fries, Jr., "Compendio de edades de radiocarbono de muestras mexicanas de 1962 a 1964". Parte 3, Inst. Geol., Bol. 73, UNAM, 1965, p. 135.

19. Waitz, P. y Wittich, E., "Tubos de explosión en el Pedregal de San Angel". Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. VII, 1911, p. 169.

20. Wentworth, K. C. y MacDonald, A. G., "Structures and Forms of Basaltic Rocks in Hawaii" Geol. Survey Bull., núm. 994, 1953, 90 pp.

21. Wilcox, R. E., "Petrology of Paricutin Volcano, Mexico". U. S. Biological Survey Bull. núm. 965-C, 1954, pp. 281-354.

Ecología hipotética de la Reserva del Pedregal de San Angel

Por Jorge Soberón M., Ma. de la Cruz Rosas M. y Gabriela Jiménez C.

El estudio de esta reserva tiene gran importancia científica y cultural para la conservación de las áreas naturales. Asímismo, la reserva puede servir de modelo para el estudio de la sucesión y los procesos de extinción de las especies, entre otros temas

La zona de Los Pedregales del sur del valle de México se originó por la erupción del volcán Xitle y conos adyacentes, hace aproximadamente 2,500 millones de años.[1] Como resultado del proceso de sucesión subsecuente, aparecieron una serie de comunidades biológicas con un gran interés ecológico.[2] El crecimiento de la ciudad causó una disminución drástica de estas comunidade.[3] En particular, la comunidad denominada por Rzedowski[2] *Senecionetum praecocis*, una de las más interesantes, se vio reducida de aproximadamente 40 km^2 iniciales a una pequeña zona de 1.47 km^2 dentro del área de la Ciudad Universitaria. La importancia de conservar la zona siempre fue clara para los naturalistas que la conocieron, pese a lo cual no fue hasta el año de 1983, a consecuencia principalmente del trabajo de alumnos y profesores de la Facultad de Ciencias, cuando las autoridades universitarias decretaron la creación de la reserva ecológica del Pedregal de San Angel. Muy recientemente (20 de agosto de 1990), la reserva fue ampliada de 124 ha a 146.89 ha, y con la ampliación se definieron las actividades que pueden realizarse en sus diferentes zonas (figura 1).

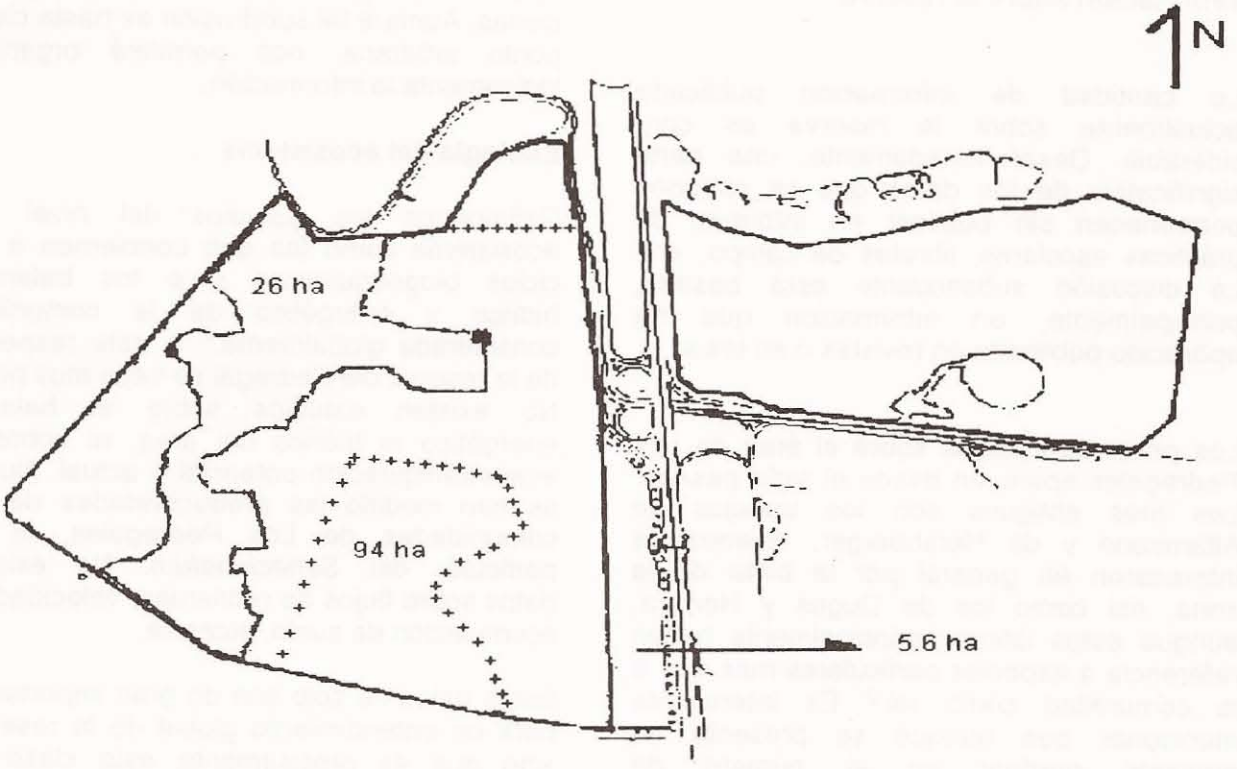


Fig. 1 Límites actuales de la reserva del Pedregal de San Angel. La zona delimitada por una línea ancha es la reserva. Los polígonos de línea delgada, dentro de la reserva, indican la zona de uso restringido en donde se encuentran diferentes dependencias de la UNAM o zonas escénicas o jardinadas, pero no silvestres. La línea punteada señala las áreas que se incluyeron recientemente a la reserva.

En la actualidad, se cuenta con una gran cantidad de información sobre la reserva, principalmente florística y faunística. Sin embargo, el trabajo apenas se inicia y es mucho todavía lo que falta por hacer para llegar a entender al Pedregal como una unidad, en cuanto a su estructura, dinámica y composición, y en cuanto a su inserción en la dinámica general de la cuenca del valle de México. Dada la importancia biológica de la reserva y su enorme potencial como un modelo para el estudio de la ecología de comunidades y de la conservación, resulta muy importante sistematizar el conocimiento actual, así como discutir las lagunas que existen sobre su investigación. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es organizar, desde un punto de vista ecológico, la información que ya existe, subrayando los principales aspectos que faltan por investigar y proponiendo, cuando sea posible, hipótesis con respecto a estos puntos.

Información sobre la reserva

La cantidad de información publicada actualmente sobre la reserva es considerable. Desafortunadamente, una parte significativa de los datos que se obtienen permanecen sin publicar en informes de prácticas escolares, libretas de campo, etc. La discusión subsecuente está basada, principalmente, en información que ha aparecido publicada en revistas o en tesis.

Los primeros trabajos sobre el área de Los Pedregales aparecen desde el siglo pasado. Los más antiguos son los trabajos de Altamirano y de Harshberger, quienes se interesaron en general por la biota de la zona, así como los de Duges y Herrera, aunque estos últimos principalmente hacen referencia a especies particulares más que a la comunidad como tal.[2] Es interesante mencionar que aunque se presentó un aumento gradual en el número de publicaciones por año desde fines del siglo pasado hasta el decenio de los setenta, en la actualidad el índice de publicaciones acerca del Pedregal de San Angel ha tendido a disminuir (figura 2).

La información con la que se cuenta en la actualidad es principalmente taxonómica, y en menor proporción ecológica, geológica, climatológica, etc. (Véanse figura 2 y cuadro 1). Es notable el predominio de trabajos de índole zoológica y la falta de estudios botánicos o florísticos; únicamente conocemos tres estudios florísticos sobre la región del Pedregal y tres sobre biología vegetal.

Existen unos cuantos trabajos propiamente ecológicos, con un marcado predominio de las descripciones de interacciones interespecíficas directas (herbivorismo, polinización). Los trabajos publicados sobre ecología de comunidade se reducen al clásico de Rzedowski[2]. No conocemos un solo estudio publicado sobre la ecología de ecosistemas del Pedregal de San Angel.

Para ocuparnos del estado actual de nuestro conocimiento sobre la ecología del Pedregal, enfocaremos diferentes niveles de organización ecológica, de ecosistemas a poblaciones. Aunque tal subdivisión es hasta cierto punto arbitraria, nos permitirá organizar lógicamente la información.

Ecología del ecosistema

Definiremos los estudios del nivel del ecosistema como los que conciernen a los ciclos biogeoquímicos y a los balances hídrico y energético de la comunidad considerada globalmente.[4] A este respecto, de la reserva del Pedregal se sabe muy poco. No existen estudios sobre el balance energético ni hídrico del área, ni sobre la evapotranspiración potencial o actual. Nunca se han medido las productividades de las comunidades de Los Pedregales, ni en particular del *Senecionetum*. No existen datos sobre flujos de nutrientes, velocidad de acumulación de suelo, etcétera.

Estos datos no sólo son de gran importancia para un entendimiento global de la reserva, sino que es precisamente esta clase de información la que nos permitiría evaluar objetivamente el papel del Pedregal en el ambiente del sur de la Ciudad de México. Por ejemplo, ¿contribuye la reserva significativamente a la recarga de acuíferos del valle de

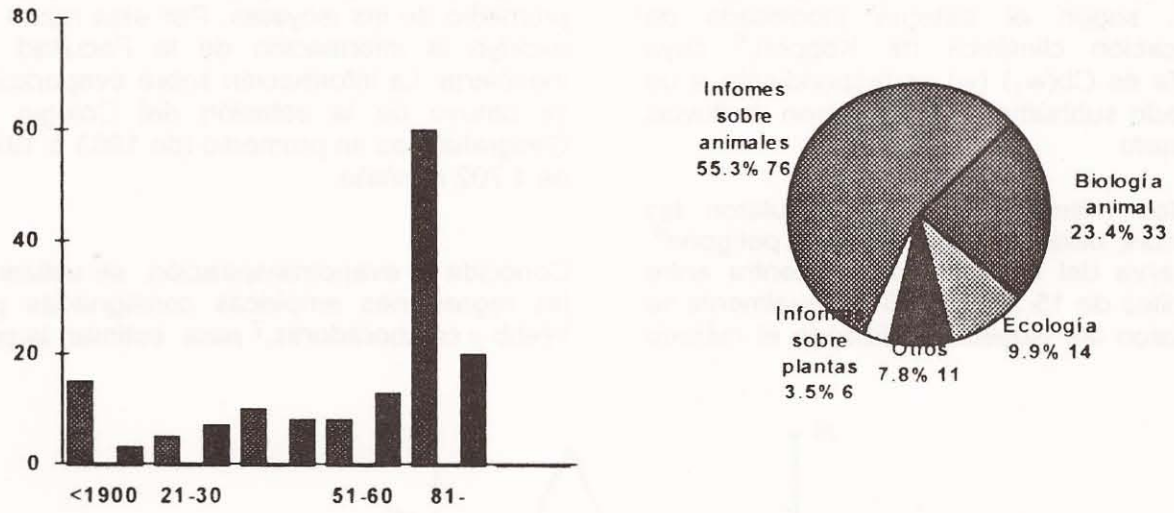


Figura 2. El diagrama de barras muestra el número de publicaciones que hacen referencia a aspectos de la reserva del Pedregal. El diagrama de pastel muestra los principales contenidos de las publicaciones

Cuadro I. Tipo de información sobre la reserva del Pedregal de San Angel.

Tipo	Núm. de Public.	Referencias
Listado de animales	13	21, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 83
Informes sobre animales	9	53, 54, 55, 56, 57, 58, 84, 85, 86
Biología de animales	10	36, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67
Listado de plantas	3	2, 16, 68
Informes sobre plantas	-	-
Biología de plantas	3	19, 69, 70
Interacciones	15	26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 71, 72, 73, 74, 75, 76
Otros	8	1, 3, 77, 78, 79, 80, 81, 82

México? ¿Se atemperan las fluctuaciones de temperatura de la zona circundante gracias a su presencia? ¿Se da algún efecto mensurable de limpiado de la atmósfera del valle gracias a la reserva?, etc. El muy reducido tamaño de la zona nos induce a considerar que la respuesta a estas preguntas debe ser negativa, pero en realidad no se sabe.

Por otra parte, se cuenta con los datos de temperatura, precipitación y evaporación de la zona, por lo que es posible aventurar algunas hipótesis sobre los valores de ciertas variables ecosistémicas del Pedregal.

Con los datos de temperatura y precipitación de siete estaciones: Ajusco-Tlalpan (de 1981 a 1987), Desviación Alta (de 1967 a 1986), presa Anzaldo (de 1954 a 1986; tomados de la Dirección de Hidrología, Departamento de Cálculo Hidrométrico y Climatológico de la SARH), de la presa Mixcoac (de 1954 a 1986), Tarango (de 1981 a 1987) y vivero Peña Pobre (de 1955 a 1970, y de 1981 a 1985; tomados del Sistema Meteorológico Nacional, Tacubaya, México, D. F.) y del Colegio de Geografía, Ciudad Universitaria, UNAM (de 1963 a 1989; tomados de Ortiz[5] y datos no publicados), se determinó por

delimitación el clima del Pedregal de San Angel, según el sistema modificado de clasificación climática de Koppen,[6] cuya fórmula es $Cb(w_1)$ (w) correspondiente a un templado subhúmedo con régimen de lluvias de verano.

Con los mismos datos se calcularon las isotermas, utilizando el método del polígono[6]. la reserva del Pedregal se encuentra entre los límites de 15.3°C y 15.6°C. Igualmente se calcularon las isoyetas, utilizando el método del gradiente,[6] y cuyos límites para la zona son de 814.7 mm y 925.7 mm como límite superior e inferior, con un promedio de 870.2 mm anuales.

De acuerdo con el tipo de clima, a la zona del Pedregal le corresponde una fórmula de régimen de lluvias de 2t+28. En la gráfica ombrotérmica correspondiente (véase figura 3), se puede apreciar que la época de secas es de octubre a mayo y la de lluvias es de mayo a octubre.

Según García,[6] la precipitación media anual en la Facultad de Ingeniería es de 691 mm/año, la que difiere notablemente de la del Colegio de Geografía (862 mm al año), y del promedio de las isoyetas. Por esta razón se excluyó la información de la Facultad de Ingeniería. La información sobre evaporación se obtuvo de la estación del Colegio de Geografía y es en promedio (de 1963 a 1979) de 1 702 mm/año.

Conocida la evapotranspiración, se utilizaron las regresiones empíricas consignadas por Webb y colaboradores,[7] para estimar la productividad primaria aérea neta anual (véanse figura 4 y cuadro 2), que en promedio es de 96 gramos/m^2 (d.s.=18g/m^2), o del orden de una tonelada por hectárea al año.

Esta cifra, basada en una correlación del clima con la productividad para ecosistemas de Norteamérica, pasa por alto un punto fundamental de la ecología de la reserva, que es que su suelo difícilmente puede soportar un crecimiento vegetal acorde con las características climáticas. Por tanto, es de esperarse que la cifra de una tonelada por hectárea sea más bien una cota superior del valor real.

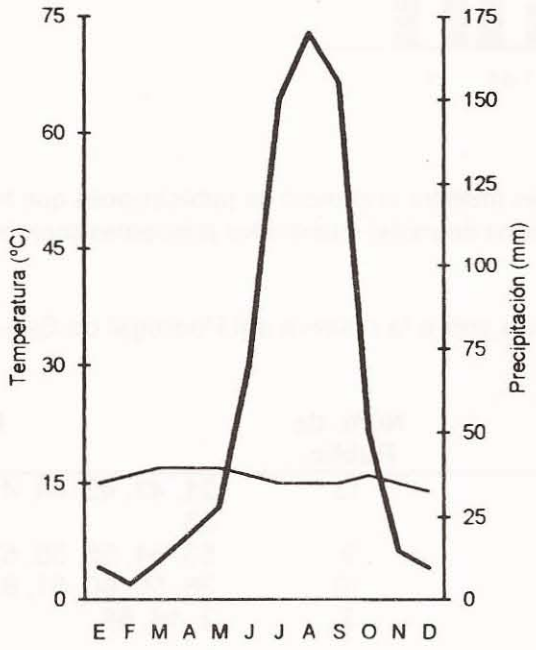


Figura 3. Diagrama ombrotérmico de la reserva del Pedregal. Información sobre las estaciones metereológicas consultadas en el texto.

Ahora bien, aceptando dicha cifra como base hipotética, podemos recurrir a la correlación encontrada por Mac-Naughton y colaboradores,[8] entre la producción primaria aérea y la producción y la biomasa secundaria para ecosistemas terrestres de todo el mundo (véanse ecuaciones (3) y (4) del cuadro 2). Para las conversiones entre kJ y g de peso se utilizaron los factores empíricos enunciados por Peters[9] y Golley.[10]

Con las ecuaciones (3) y (4) del cuadro 2 se puede, entonces, estimar la biomasa (BH) y la productividad de herbívoros (PSN) en el Pedregal.

$$PSN = 9.88 \times 10^{-2} \text{ g m -2 año}^{-1}$$
$$BH = 4.59 \times 10^{-2} \text{ g m}^{-2}$$

Estos valores nos parecen excesivamente pequeños. Medio kilo por hectárea de biomasa de herbívoros no coincide con la experiencia ni con los datos preliminares de investigadores o estudiantes que trabajan en la reserva.[11,12]

Un cálculo de la biomasa de mamíferos herbívoros basado en estimaciones teóricas de su densidad de población (véase el apartado **Ecología de poblaciones**) indica valores del orden de 1.5 gm^{-2} (15 kg/ha). La discrepancia entre los dos valores es de cerca de un orden de magnitud y por tanto, las estimaciones resultan dudosas. Será de mucho interés conocer los resultados de los estudios sobre productividad primaria y de biomasa de diferentes especies de herbívoros que actualmente se están llevando a cabo, para poder evaluar, con los datos del Pedregal, los métodos utilizados para estimar la productividad secundaria.

Otro parámetro de gran interés que se puede calcular conociendo la productividad primaria es la producción de oxígeno en la reserva. Si la productividad teórica del Pedregal es del orden de 1×10^3 kg por hectárea al año, es posible calcular el consumo de CO_2 y la cantidad de O_2 que produce,[13] suponiendo que la productividad se relaciona principalmente con la producción de carbohidratos, lo cual se sabe implica un error de alrededor de 1% a 10%.[14] La reserva absorbería entonces alrededor de 1.46×10^3 kg de CO_2 y generaría unos 1.06×10^3 kg de O_2, lo cual proporciona oxígeno a 754 personas, si cada persona consume 240 kg de O_2 al año, aproximadamente.[13]

Resulta entonces que, aparentemente, el beneficio directo que la reserva tiene sobre el ambiente de la ciudad es muy bajo. Su importancia es, entonces, principalmente cultural.

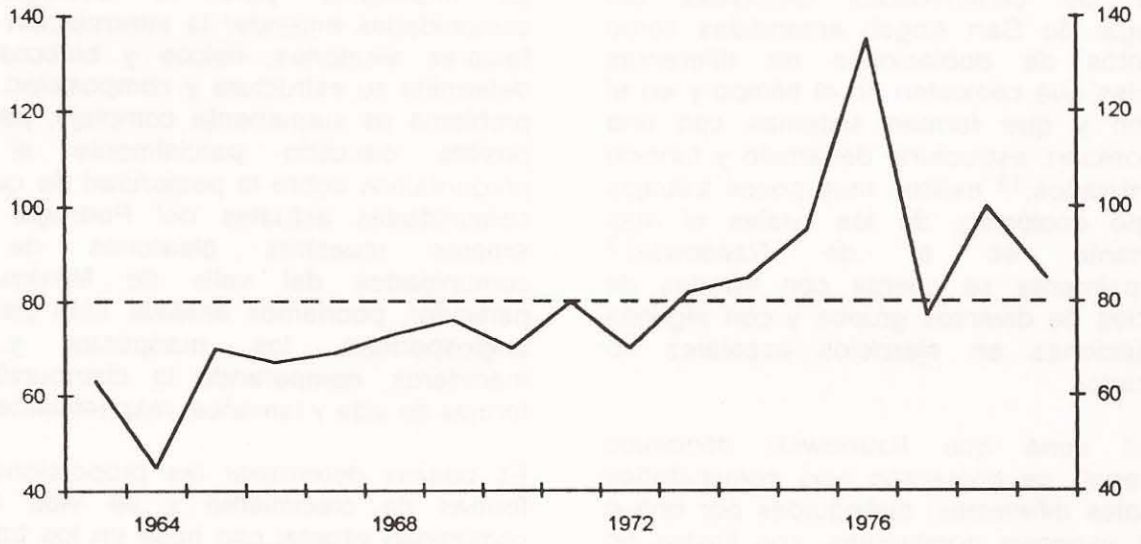


Figura 4. Productividad Primaria Neta aérea estimada indirectamente sobre datos de evaporación (véase el texto)

	Ecuación número
Δ (mm año^{-1}) = evaporación - precipitación	(1)
PPN (gm^{2}año^{-1}) = 1 900(.00067Δ -.34) $e^{-.00177\Delta}$	(2)
PSN (kJ m^{2}año^{-1}) = 6.52 x 10^{-4} XPPN^{11}	(3)
BS (kJ m^2) = 4.46 x 10^{-5} XPPN $^{1.52}$	(4)
H (Km^{-2}; W en Kg) = 214 x W$^{-.61}$	(5)
C (Km^{-2}; W en Kg) = 36 x W$^{-1.14}$	(6)
b (años^{-1}; W en Kg) = 1.26 x W$^{-.33}$	(7)
r (años^{-1}; W en Kg) = 0.9 x W$^{-.266}$	(8)
d = b - r	(9)
γ (años^{-1}) = $\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=i}^{N} 2/j(jxV_a+r) \prod_{k=i}^{j-1} (kxV_a+r) / (kxV_a-r)$	(10)

PPN = Producción Primaria Neta aérea[7] (r^2 = 0.82)
PSN = Producción Secundaria Neta aérea[8] (r^2 = 0.36)
BS = Biomasa Secundaria aérea[8] (r^2 = 0.58)
H = Densidad de Herviboros[9] (Cuadro Xa; ecuación 8; r^2 = 0.62)
C = Densidad de Carnívoros[9] (Cuadro Xa; ecuación 12; r^2 = 0.81)
b = Indice de natalidad[9] (Cuadro VIIIc; ecuación 31; r^2 n.d.)
r = Indice de crecimiento[9] (Cuadro VIIIc; ecuación 4; r^2 = 0.87)
γ = Tiempo esperado para la extinción[40]
N = Densidad máxima esperada (H y C arriba)
V_a = (véase texto)
Los Kg en las ecuaciones (5), (6), (7) y (8) son de peso húmedo
KJ $\approx$ 4.55 x 10^{-2}g de peso seco[9]

Cuadro 2

Ecología de la comunidad

Sobre las comunidades biológicas del Pedregal de San Angel, entendidas como conjuntos de poblaciones de diferentes especies que coexisten en el tiempo y en el espacio y que forman sistemas con una composición, estructura, desarrollo y función determinados,[15] existen muy pocos trabajos de tipo ecológico, de los cuales el más importante es el de Rzedowski.[2] Principalmente se cuenta con listados de especies de diversos grupos y con algunas descripciones en ejercicios escolares no publicados.

En la zona que Rzedowski denominó "Pedregal" se presentan seis comunidades vegetales diferentes, distinguidas por una o varias especies dominantes, con límites no muy bien definidos, de composición mixta. La reserva se encuentra en la comunidad llamada *Senecionetum praecocis*.

Estructura de la comunidad

Es importante para la ecología de comunidades entender la interrelación entre factores aleatorios, físicos y bióticos que determina su estructura y composición. Este problema es sumamente complejo, pero es posible discutirlo parcialmente si nos preguntamos sobre la posibilidad de que las comunidades actuales del Pedregal sean simples muestras aleatorias de las comunidades del valle de México. En particular, podríamos analizar esto para las angiospermas, las mariposas y los mamíferos, comparando la distribución de formas de vida y tamaños, respectivamente.

Es posible determinar las proporciones de formas de crecimiento y de vida de la comunidad vegetal con base en los trabajos de Rzedowski[2] y Valiente-Banuet y Luna-García.[16] Las herbáceas representan la forma de crecimiento más abundante (77%),

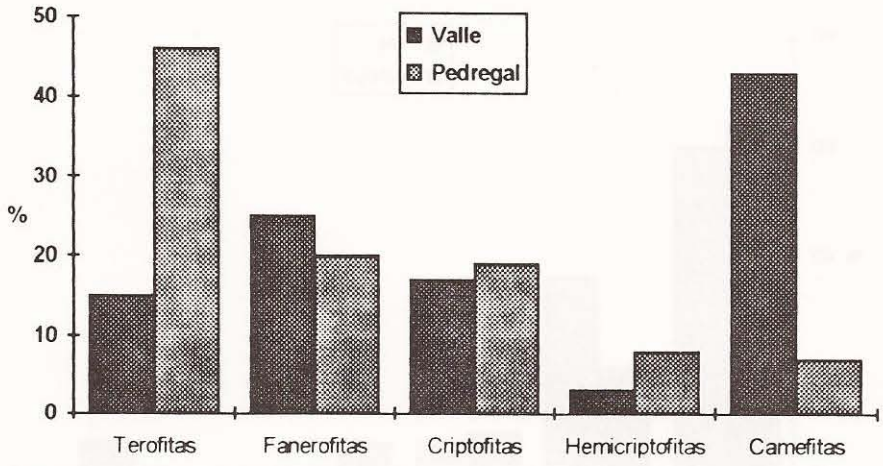


Figura 5. Distribución de las formas de vida en el Valle de México y la reserva del Pedregal

mientras que los arbustos y los árboles representan un porcentaje minoritario.

Utilizando la clasificación de Raunkier,[15] las terofitas representan casi 50% de las formas de vida, mientras que las fanerofitas y las geofitas representan el 20% y 18%, respectivamente.[17] (véase figura 5). Para probar la hipótesis de que el espectro de Raunkier del Pedregal es una muestra aleatoria del valle de México, se tomó una muestra aleatoria de 100 plantas del mismo, y se efectuó una comparación de las dos distribuciones. La hipótesis se rechaza con un alto grado de significancia (X^2=251, p<<0.001). Existe en el Pedregal un exceso de terofitas (esto es, plantas que pasan la época difícil como semillas) y una deficiencia de camefitas (herbáceas perennes) con respecto al valle de México. Esto es consistente con la presencia de una marcada temporada de sequía, aunada a un sustrato pobre y muy poroso que determina una comunidad xérica.

Si bien no existe un análogo de la clasificación de Raunkier para animales, se pueden obtener las distribuciones de frecuencia con respecto a parámetros de importancia para ciertos grupos. Por ejemplo, el tamaño es una variable de gran contenido ecológico especialmente para los mamíferos. Con respecto al tamaño, la comunidad de mamíferos del Pedregal parece ser una muestra aleatoria de la comunidad del valle (Kolmogorov-Smirnoff, T=0.19, p>0.1. Véase figura 6). Nótese que el pequeño tamaño de la muestra contribuye a la falta de diferencias significativas, puesto que los mamíferos más grandes del valle están ausentes del Pedregal. Pese a que el tamaño no es tan importante en insectos como en mamíferos, resulta interesante notar que tampoco se puede rechazar la hipótesis de que las mariposas representan una muestra aleatoria de la comunidad del valle (Kolmogorov-Smirnoff, T=0.04, p>0.1), tal como se ilustra en la figura 7. Obviamente, es perfectamente posible que con respecto a otras variables las comunidades de mamíferos y mariposas de la reserva no sean muestras aleatorias de las del valle. Por ejemplo, tal vez la distribución de hábitos alimenticios de los mamíferos del valle y del Pedregal difieran, o la distribución de los patrones de coloración de las mariposas. Sin embargo, ésta última tampoco resultó significativamente distinta (X^2=11.18, p>0.75). Para comparar los patrones de coloración se utilizó una clasificación propuesta por De la Maza y De la Maza.[18]

Es muy interesante que ni la distribución de tamaños, que al menos en los mamíferos es de una gran importancia ecológica,[9] ni la de patrones de coloración de las mariposas, se distingan significativamente de la del valle. Pareciera como si el "filtro ecológico" que tan claramente diferencia las formas de vida de las plantas no tuviera su contrapartida en el caso de algunos grupos animales.

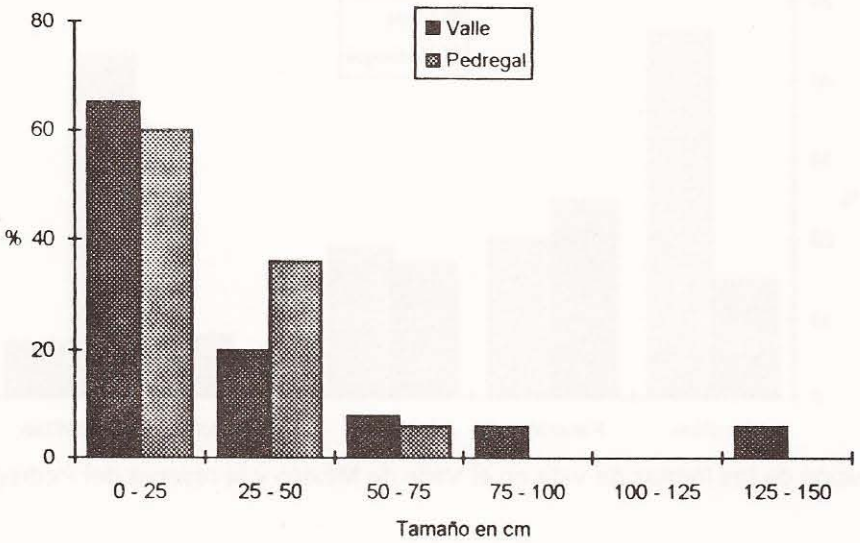


Figura 6. Distribución de los tamaños de los mamíferos en el valle de México y en la reserva del Pedregal.

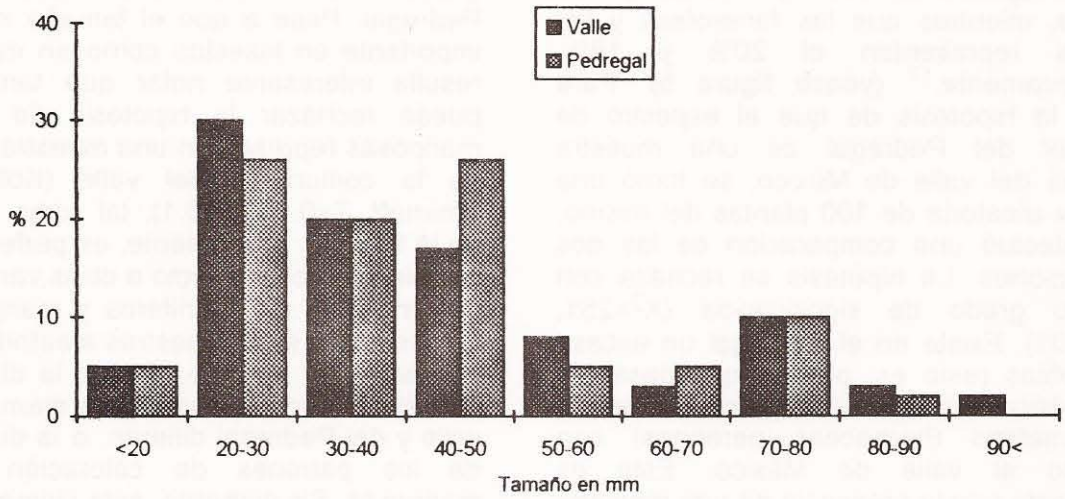


Figura 7. Distribución de los tamaños de las mariposas en el Valle de México y en la reserva del Pedregal.

Sucesión y fenología

Con relación a la dinámica temporal de la comunidad existen pocos trabajos. Rzedowski,[2] analiza la sucesión afirmando que en el Pedregal se encuentra relacionada con la acumulación de suelo y con la destrucción de la roca, fenómenos en los que interviene la vegetación misma. Afirma que es muy posible que el Pedregal se encuentre ocupando una etapa sucesional intermedia entre comunidades pioneras de helechos xerofiticos y posibles comunidades dominadas por *Schinus mole* o *Quercus rugosa*, entre otras. Subraya que este punto en la etapa sucesional se demuestra por especies características de primeras etapas sucesionales como *Wigandia urens*,

Dodonaea viscosa, Phytolaca icosandra, etc. Sin embargo, es importante aclarar que son hipótesis que necesitan una corroboración más sistemática.

La fenología es igualmente analizada por Rzedowski[2] y por Hernández.[19] Ambos coinciden en que el periodo vegetativo empieza a fines de mayo; y durante junio, julio y agosto va en aumento el número de especies que reanudan su desarrollo, así como el volumen total de la vegetación y la cantidad de organismos en reproducción. En septiembre y octubre se da un máximo de formas en flor y fruto, pero en octubre decrece mucho la intensidad de la fotosíntesis. En noviembre, diciembre y enero todavía se reproducen muchas especies a pesar de que la actividad vegetativa se restringe prácticamente a las leñosas y suculentas. De febrero a mayo se presentan muy pocas formas activas, pero hay reproducción de casi todos los árboles y de muchos arbustos de talla elevada.

Hernández,[19] hace un análisis de la variación estacional del banco de semillas. En los meses de junio, julio y agosto hay más especies que en el resto del año, siendo éstas alrededor de 60. Relacionando el banco de semillas con aspectos de relieve, observó que los hoyos tienen más especies que las zonas planas; sin embargo, éstas últimas acumulan el mayor número de especies anuales.

Estructura de interacciones

Utilizando listas de varios grupos taxonómicos y algunos aspectos sobre su biología, nos fue posible elaborar un diagrama hipotético de la comunidad en el que se resumen, principalmente, las posibles relaciones tróficas entre diversos grupos, así como algunas de las principales interacciones en sus poblaciones (véase figura 8).

Número total de especies

El diagrama anterior se basa en los listados publicados de alrededor de 500 especie existentes en el momento de la publicación original de éste artículo, en el Pedregal. Podríamos preguntarnos sobre cuál es el total de especies que existen actualmente en la reserva. En ausencia de un muestreo intensivo de todos los grupos, se puede especular sobre este número con base en dos líneas de argumentación. La primera consiste en utilizar los resultados obtenidos por Briand y Cohen[20] sobre la invariancia de la razón del número de consumidores primarios al número de especies totales en cadenas tróficas. Este valor, cuya mediana es de 0.165 (percentil 10=0.073; percentil 90=0.32), se ha obtenido del análisis de 113 cadenas tróficas que tienen desde cuatro hasta 40 trofoespecies (esto es, grupos de especies que se alimentan de lo mismo y son depredadas por lo mismo). Si suponemos que la invariancia en la estructura se mantiene para cadenas mayores, y suponemos que las 302 especies de plantas registradas en el Pedregal son trofoespecies (en otras palabras, todas las especies de plantas del Pedregal difieren al menos en una especie de herbívoro), entonces se estimaría un total de 302/0.165, o alrededor de 1 800 trofoespecies totales. Este cálculo depende crucialmente de la validez de la hipótesis de la invariancia (con el número de especies) de la estructura trófica.

La segunda argumentación para estimar el número total de especies en el Pedregal se basa en suponer que las proporciones, en orden de magnitud, de los diferentes grupos de especies animales descritas en el mundo se conservan para el Pedregal. En primer lugar, para estimar el total de especies de insectos tomaremos como base el de los lepidópteros. Se tienen 42 especies de lepidópteros diurnos residentes en el Pedregal. Este número se calculó con base en las listas de Katthain[21] y Beutelspacher,[22] y corrigiendo para las especies cuya planta de alimentación no aparece registrada en la lista de Valiente-Banuet y De Luna-García.[16] Ahora bien, en México existen alrededor de 1700 especies de *Papilionoidea* y *Hesperioidea* diurnas descritas,[23] y se estima unas 10 000 especies de polillas y mariposas nocturnas.[24] Por tanto, en el Pedregal habrá unas 42 x 10,000/1,700 especies de nocturnas, o alrededor de 300 especies totales de lepidópteros. Las razones de los principales

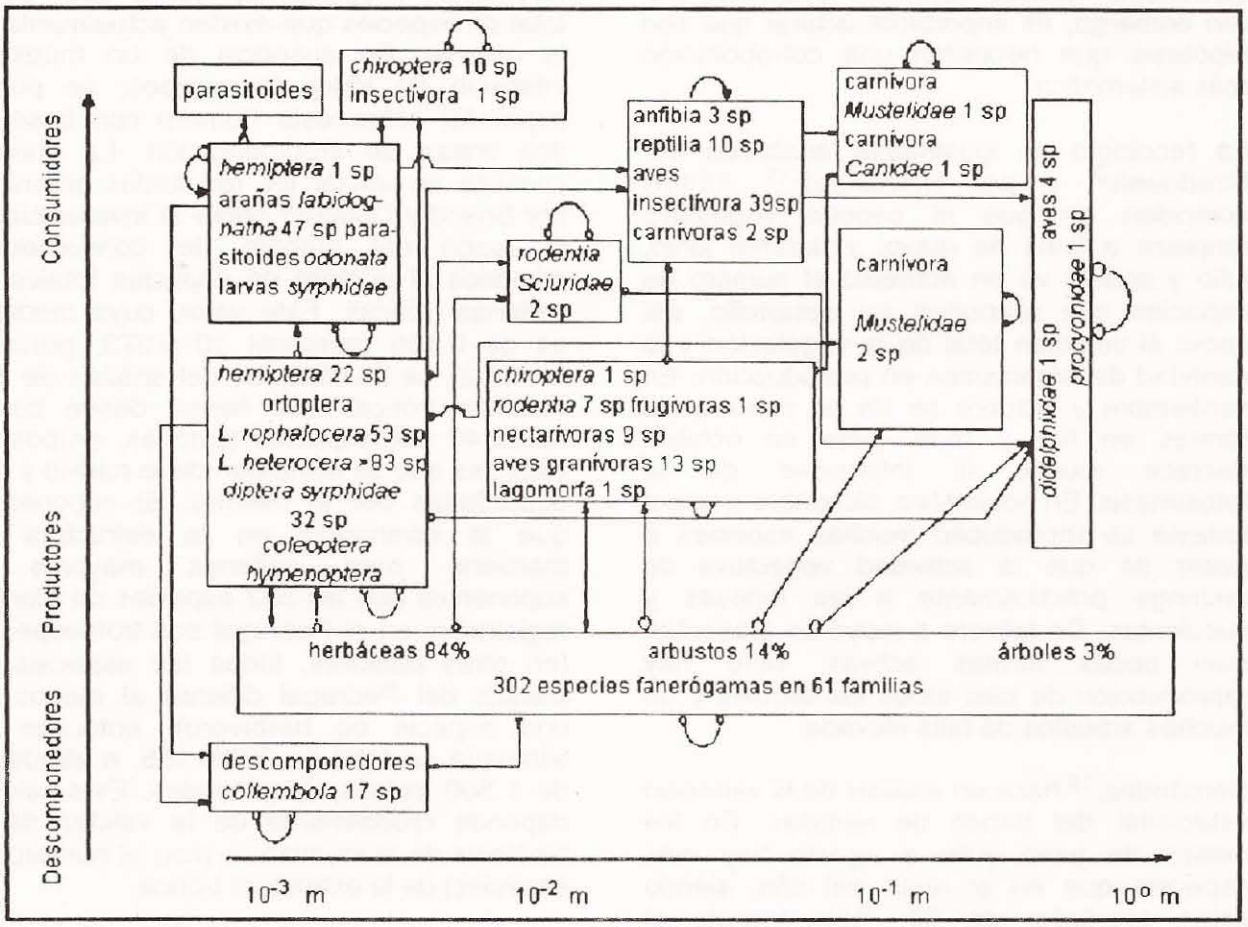


Figura 8. Estructura hipotética de ls principales interacciones en la comunidad de la reserva del Pedregal. Basada en las listas de especies consignadas

grupos de especies de insectos a los lepidópteros aparecen en el cuadro 3.

Sumando las especies ya consignadas (cerca de 490) con las calculadas hipotéticamente, se obtiene un total de 2 500 especies. Este valor supone a) que las proporciones mundiales de especies descritas se mantienen *grosso modo* en el Pedregal. Esta suposición es falsa para los grupos asociados a hábitats muy diferentes del Pedregal, por ejemplo, acuáticos, selváticos. etc.. y tiende a sobrestimar el verdadero valor, y b) que el número de especies descritas es aproximadamente el de especies existentes. Esta suposición seguramente no es correcta, en especial para grupos como los ácaros y los nemátodos, y tiende a subestimar el valor real.

Con todo, ambos métodos rinden estimados similares en orden de magnitud, por lo que proponemos la hipótesis de que el número total de especies en el Pedregal de San Angel está entre 1 500 y 3 000.

Especies clave

Existen en la comunidad algunas especies que parecen desempeñar un papel clave en el mantenimiento de la riqueza y diversidad de la misma. Entre éstas se encuentran especies como *Dahlia coccinea* que reciben en sus inflorescencias a más de 25 especies diferentes de insectos, entre los cuales dominan órdenes como *coleoptera, hymenoptera, diptera y lepidoptera.* Similarmente, *Buddleia cordata*, el tepozán, no sólo parece estar a punto de convertirse en la especie dominante en el Pedregal, sino que es perenne y planta de alimentación de un gran

Grupo	OM	P	R	T
Lepidópteros diurnos	10^5	1	42	300
Coleópteros	3×10^5	3	--	900
Himenópteros	10^5	1	--	300
Dípteros	8×10^4	0.8	--	240
Hemípteros	5×10^4	0.5	--	150
Ortópteros	1.5×10^4	0.15	26	--
Resto	4×10^4	0.4	--	120
Acaros	10^4	0.1	--	30
Nemátodos	10^4	0.1	--	30
Colémbolos	10^3	0.01	17	--
Arácnidos	2×10^4	0.2	47	--
Mamíferos	--	--	34	--
Aves	--	--	50	--
Reptiles y anfibios	--	--	13	--
Plantas vasculares	--	--	302	--

Cuadro 3. Razones de número de insectos de la reserva del Pedregal de San Angel. OM = orden de magnitud; P = proporción con respecto a lepidópteros; R = números reales en el Pedregal; T = teórico: proporción x 300

número de insectos, por lo que puede contribuir grandemente al mantenimiento de la entomofauna.

Por otra parte, el chapulín *Sphenarium purpurascens* posiblemente sea el herbívoro principal en la reserva, ya que consume al menos plantas de 30 especies,[12] y es muy abundante de julio a diciembre.[25]

Probar experimentalmente, o al menos documentar la posibilidad de que ciertas especies en el Pedregal actúen como organizadoras, resulta muy importante. Los competidores generalizados, los depredadores superiores, los mutualistas clave (micorrizas, dispersores de semillas, etc.), pueden desempeñar un papel central en darle estructura a la comunidad del Pedregal, pero nuestra ignorancia al respecto es casi total.

Ecología de poblaciones

La mayoría de los trabajos poblacionales que se han publicado son descripciones de interacciones (véase cuadro 1). Las más estudiadas son la herbivoría,[25-27] depredación[28] y polinización;[29-33] sin embargo, aun en los sistemas estudiados por estos autores, falta por realizar mucho trabajo experimental u observacional, incluso para demostrar fehacientemente que existe realmente polinización por los visitantes que se han consignado. No se sabe nada sobre otro tipo de interacciones mutualistas, tales como la dispersión de semillas o las interacciones de las plantas con micorrizas. No existen trabajos sobre la depredación por vertebrados. No hay estudios experimentales sobre competencia interespecífica en el Pedregal, etcétera.

La urgente necesidad de documentar cuantitativamente la importancia de las interacciones se puede ejemplificar con el trabajo de Eguiarte y Búrquez,[34] quienes han consignado un decaimiento en el número de semillas por fruto en *Manfreda brachystachya* desde 1982. Tal decaimiento puede estar relacionado con la desaparición del área de los murciélagos glossofagineos polinizadores de esta especie.

Unicamente se han publicado dos trabajos autoecológicos: uno en el cual se analiza la ecología reproductiva de *Manfreda brachystachya* (*Amaryllidaceae*),[35] y otro en el que se estudia el comportamiento territorial del lepidóptero *Xamia xami* (*Lycaenidae*),[36] y no existe una sola especie en el Pedregal de la cual se hayan consignado cuadros de vida o parámetros demográficos. Solamente existen

estimaciones para las fluctuaciones de densidad de *Xamia xami*.[27]

La falta de datos demográficos básicos es particularmente grave para las especies que se pueden considerar organizadoras de la comunidad (competidores generalizados, depredadores superiores, mutualistas clave, vegetales perennes o que florean o fructifican en la época seca, etc.), así como para las que se encuentran en peligro de desaparecer de la reserva.

Utilizando ciertas reglas empíricas generales, es posible obtener estimaciones de los parámetros demográficos y las densidades poblacionales de las especies de mamíferos (excluidos los murciélagos). Peters,[9] ha hecho una revisión de regresiones que relacionan el tamaño de los organismos con propiedades fisiológicas y ecológicas. Usando las regresiones de peso e índice de natalidad, índice de crecimiento poblacional y densidad de población se puede obtener el cuadro 4. En el cuadro 2 se especifican los modelos utilizados para estimar los valores del cuadro 4. Los números que aparecen en el cuadro 4 son hipótesis sobre el orden de magnitud de los verdaderos valores promedio. Los valores del cuadro nos sugieren que hay especies en inmediato peligro de desaparecer de la reserva, o que ya lo hicieron, debido a la baja densidad de población que los expone a riesgos demográficos y genéticos graves.[37] Es posible aún dar un paso más y utilizar un modelo de extinción para establecer el tiempo en que se estima desaparecerán de la reserva las diferentes especies de mamíferos. El modelo de Tiempo Esperado para la Extinción (TEE), analizado por Richter Dyn y Goel;[38] y posteriormente modificado para incluir variación en los parámetros demográficos,[39,40] ha sido utilizado por Belovsky[41] para estimar los TEE en mamíferos de climas templados. Los parámetros del modelo son el índice de crecimiento **r**, la variancia de este índice V_r, y las densidades de población máxima e inicial. La **r** se estima con la ecuación (8) del cuadro 2, a partir del peso del organismo. El número máximo y el número inicial se suponen iguales (o sea, se supone que al inicio de la observación la población se encontraba en su tamaño máximo), y se estiman de la ecuaciones (5) o (6), dependiendo si se trata de carnívoros o herbívoros. La variancia en **r** es mucho más difícil de estimar. Siguiendo argumentos de Belovsky[41] y Goodman,[40] supondremos que la variancia total en **r** tiene un componente intrínseco demográfico V_d = **b** + **d**, en donde **b** representa el índice de natalidad *per cápita* y **d** el de mortalidad,[39] y otro componente V_a producto de la variabilidad ambiental:

$$V_r = V_d + V_a$$

y que la variancia debida a las fluctuaciones ambientales se escala en unidades de variancia demográfica tal y como sigue:

$$V_a = V_d\, CV_a$$

CV_a significa el coeficiente de variación de alguna variable ambiental considerada pertinente para los organismos en cuestión. En nuestro caso utilizamos el coeficiente de variación de la productividad estimada. Por supuesto, este paso, aunque razonable, es enteramente hipotético: nadie ha medido las variaciones temporales en los parámetros demográficos de mamíferos del Pedregal, ni su correlación con variables ambientales.

El resultado de este amasado de la información original (el peso promedio por especie), aparece en la figura 9. Notemos que los TEE de los carnívoros "grandes" (cacomixtle, zorra gris y comadreja) es del orden de unos pocos decenios. Este modelo plantea que no pueden existir poblaciones viables de estas especies, ni de zorrillos listados, en la reserva. A este respecto resulta muy interesante mencionar las recientes capturas (y liberaciones subsecuentes), por Aquiles Negrete y Cuauhtémoc Chávez de tres cacomixtles (*Bassariscus astutus*) en terrenos de la reserva.

Incluso si las ecuaciones empíricas que fundamentan los resultados anteriores fueran adecuadas, y por tanto el orden de magnitud de la densidad fuera correcto, esto no necesariamente supondría el resultado de la desaparición de los mamíferos grandes. En primer lugar, el modelo para el TEE tiene un

buen número de suposiciones subyacentes que pueden ser falsas para los mamíferos del Pedregal. Una de las más importantes es que su población es cerrada. Pese a que la reserva actualmente se encuentra totalmente separada de las zonas silvestres más cercanas, es posible que especies como los tlacuaches o los cacomixtles, que pueden estar asociadas a la habitación humana, entren en forma regular a la reserva, o bien que añadan a los recursos naturales la basura y desechos varios que existen en el Pedregal.

Por otra parte, también es conocido el hecho de que en la reserva existen poblaciones, de tamaño desconocido, de perros y gatos ferales que pueden alcanzar densidades más altas que las que los recursos del Pedregal permitirían al visitar basureros, casas, etc., y cuyo efecto sobre las poblaciones silvestres no esta aún determinado.

Conclusiones

Mediante una revisión de los trabajos más importantes que existen sobre el Pedregal de San Angel, nos ha sido posible determinar una gran cantidad de lagunas de información en el conocimiento ecológico sobre el área. Éstas abarcan desde procesos generales, como la productividad, hasta detalles como la presencia o ausencia de determinadas especies. Rellenar los huecos de información es fundamental ya que la reserva del Pedregal de San Angel tiene una gran importancia desde el punto de vista científico, cultural y de conservación de áreas naturales. Su potencial como modelo para el estudio de la sucesión, los procesos de extinción de especies, la biogeografía insular, etc., es muy grande.

Por otra parte, dado el grado de alteración ecológica en el valle de México, la reserva puede ser importante en la conservación de parte de su riqueza biológica, ya que es probable que una gran parte de las especies antes extendidas por el valle ya sólo se encuentren representadas en este lugar.

Especie	Peso Cuerpo Kg	b	d	r	Dens./ha
Reithrodontomys fulvenscens	0.021	4.51	2.05	2.46	35.00
Microtus mexicanus	0.032	3.92	1.72	2.20	25.00
Pappogeomys merriami	0.420	1.68	0.55	1.13	1.50
Spermophilus mexicanus	0.269	1.94	0.68	1.27	2.00
Mephitis macroura	1.400	1.13	0.30	0.82	0.25
Spermophilus variegatus	0.749	1.39	0.42	0.97	1.00
Mustela frenata	0.400	1.70	0.55	1.15	1.00
Baiomys taiłori	0.008	6.20	3.04	3.16	100.00
Bassariscus astutus	2.000	1.00	0.25	0.75	0.15
Peromyscus truei	0.025	4.26	1.91	2.35	50.00
Urocyon cinereoargenteus	3.500	0.83	0.18	0.65	1.10
Peromyscus maniculatus	0.024	4.31	1.94	2.37	60.00
Rattus rattus	0.232	2.04	0.72	1.32	10.00
Spilogale putorius	0.500	1.58	0.51	1.08	1.00
Didelphis virginaria	2.700	0.91	0.21	0.70	0.50
Sylvilagus floridanus	1.350	1.14	0.31	0.83	0.70
Reithrodontomys megalotis	0.013	5.28	2.50	2.78	50.00
Sorex saussurei	0.006	6.82	3.41	3.40	55.00
Mus musculus	0.017	4.83	2.24	2.60	80.00

Cuadro 4. Parámetros demográficos hipotéticos para mamíferos del Pedregal, partiendo de sus pesos corporales mediante la utilización de regresiones empíricas

El uso de herramientas predictivas basadas en reglas empíricas, nos permitió proponer hipótesis sobre algunas de las principales lagunas de información sobre la ecología de la reserva. Si bien las hipótesis particulares aún deben ser evaluadas experimentalmente, el uso de las regularidades empíricas resultó de gran utilidad para discutir el conocimiento parcial que se tiene sobre el Pedregal. México es un país en el que es urgente tomar medidas de conservación tales como elegir, diseñar y manejar reservas, hacer restauración ecológica, reintroducir y manejar especies, etc. Dado que el desconocimiento de la ecología de la mayor parte de las comunidades y especies de interés para la conservación en México es casi total, creemos que el establecimiento de reglas empíricas, validadas para especies y ambientes mexicanos, podría proporcionarnos elementos muy útiles para la toma de decisiones en la conservación biológica de nuestro país.

Agradecimientos

Queremos agradecer la colaboración de algunas de las personas que más contribuyeron en este artículo. En primer lugar, Jorge Llorente y Armando Moisés Luis nos proporcionaron su lista de referencias sobre el valle de México, que sirvió de base para nuestra revisión bibliográfica. Alfonso Valiente, gran conocedor del Pedregal, nos ayudó con determinaciones, comentarios y discusión sobre varios puntos del trabajo. Él y Oscar Briones clasificaron de acuerdo con Raunkier las plantas de la reserva y el valle. Zenón Cano y Luis Eguiarte contribuyeron con discusiones, comentarios y datos.

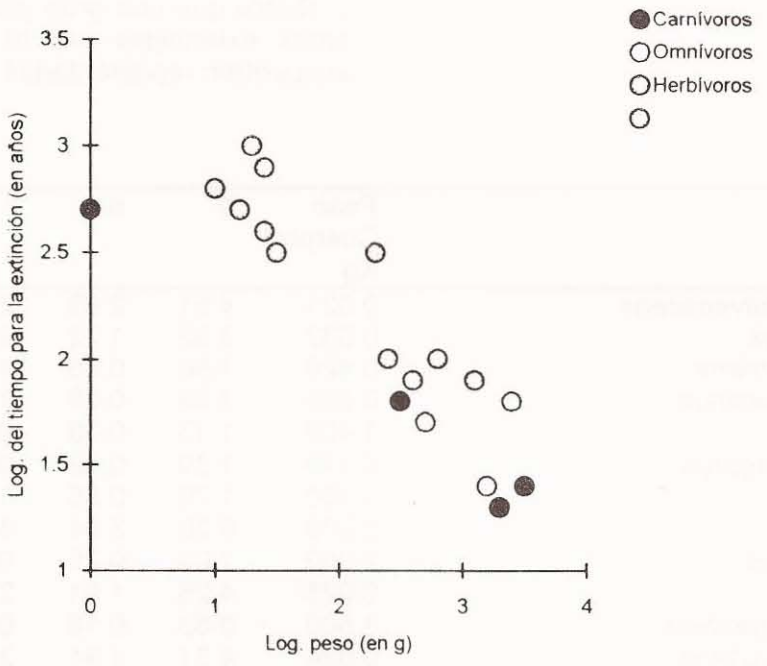


Figura 9. Tiempos estimados de extinción para los mamíferos (excluidos murciélagos) de la reserva del Pedregal. Véase texto para los detalles de su cálculo

REFERENCIAS

1. Enciso de la Vega, S., "Las lavas del Pedregal", Ciencia y Desarrollo, vol. 25, 1979, pp. 89-93.

2. Rzedowski, J., "Vegetación del Pedregal de San Angel", An. Esc. Nac. Cien. Biol., IPN, Vol. 8, 1954, pp. 59-129.

3. Alvarez, S. F., J. Carabias, J. Meave, P. Moreno, D. Nava, F. Rodríguez, C. Tovar y A. Valiente, Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Angel, Fac. de Ciencias, UNAM, 1986.

4. Margalef, R., Ecología, Editorial Omega, España, 1982, 951 pp.

5. Ortiz, C. L., El microclima de Ciudad Universitaria, tesis de licenciatura, Fac. de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, UNAM, 1980.

6. García, E., Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana), Instituto de Geografía, UNAM, 1964.

7. Webb, W. L., W. K. Lauenroth, S. R. Szarek y J. S. Kinerson, "Primary Production and Abiotic Controls in Forest, Grasslands, and Desert Ecosystems in the United States", Ecology, vol. 64, núm. 1, 1983, pp. 134-151.

8. MacNaughton, S. J., M. Oesterheld, D. A. Frank y K. J. Williams, "Ecosystem level Patterns of Primary Productivity and Herbivory in Terrestrial Habitats", *Nature*, vol. 341, 1989. pp. 142-144.

9. Peters, R. H., The Ecological Implications of Body Size, Cambridge University Press, Cambridge, 1983, 329 pp.

10. Golley, "Energy Values of Ecological Materials", *Ecology*, vol. 42, núm. 2, 1961, pp. 581-584.

11. Ceballos, G., comunicación personal.

12. Cano, S. Z., comunicación personal.

13. Barradas, V. y R. J-Seres, "Los pulmones urbanos", *Ciencia y Desarrollo*, vol. 13, núm. 78, 1988 pp. 61-72.

14. Maass, J. M., comunicación personal.

15. Whittaker, R. H., Communities and ecosystems, MacMillan, Nueva York, 1975.

16. Valiente-Banuet, A. y E. de Luna-García, "Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Angel, México, D. F.", Acta Botánica Mexicana, vol. 9, 1989, pp. 13-30.

17. Valiente-Banuet, A., comunicación personal.

18. De la Maza, R. y J. de la Maza, "Notas sobre los Rhopalocera de la Sierra de Alvarez, San Luis Potosí, México", Rev. Soc. Mex. Lep., vol. 11, núm. 2, 1988, pp. 33-59.

19. Hernández, J. L., Variación estacional del contenido de semillas del suelo en tres hábitats de la comunidad de *Senecio praecox* (Pedregal), tesis de licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM. 1984.

20. Briand, F. y J. Cohen, "Community Food Webs Have Scale Invariant Structure", Nature, vol. 207, 1984, pp. 264-266.

21. Katthain, D.G., Estudio taxonómico y datos ecológicos de especies de suborden Rhopalocera (Insecta: Lepidoptera) en un área del Pedregal, tesis, Fac. Ciencias, UNAM, 1971.

22. Beutelspacher, C., Mariposas diurnas del valle de México, Ed. Científicas La Prensa Médica Mexicana. México, 1980.

23. De la Maza, R., J . de la Maza y A. White, "La fauna de mariposas de México; parte I. Papilionoidea", Rev. Soc. Mex. Lep., vol. 12, núm. 2, pp. 39-98.

24. De la Maza, R., comunicación personal.

25. Cano, S. Z., Ecología de la relación entre *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) y sus herbívoros en el Pedregal de San Angel, D. F., (México), tesis de licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM. 1987.

26. Carbajal, M. T., Estudio ecológico de los insectos que viven en *Wigandia caracasana* H. B. K. de una zona del Pedregal de San Angel, tesis, Fac. de Ciencias, UNAM, 1975.

27. Soberón, J., C. Cordero, B. Benrey, P. Parlange, C. García-Saez y G. Berges, "Patternns of Oviposition of *Xamia xami* (Lepidoptera: Lycaenidae) in Relation to its Food Plan Apparency", Ecol. Entomol., vol. 13. 1987, pp. 71-79.

28. Benrey, B. B., Patrones de parasitismo por Trichogramma praetiosum (Hymenoptera) y efecto sobre la dinámica poblacional de la mariposa *Xamia xami*, tesis de maestría, Fac. de Ciencias, UNAM, 1986.

29. Beutelspacher, C., "Notas sobre la polinización de la perlilla (*Lopezia racemosa*) en el Pedregal de San Angel", *Apicultura en México,* vol. 1, 1971, pp. 9-10.

30. Beutelspacher, C., "Polinización en *Opuntia tomentosa* en el Pedregal de San Angel, D. F.", Cact. Suc. Mex., vol. 16, 1971, pp. 84-86.

31. Beutelspacher, C., "Los tipos de polinización en la flora del Pedregal de San Angel, D. F.", Folia Entomol., vol. 44, 1973, pp. 25-26.

32. Martínez del Río, C. y A. Búrquez, "Nectar Production and Temperarure Dependent Pollination in *Mirabilis jalapa*", Biotropica, vol. 18, núm. 1, 1986, pp. 28-31.

33. Martínez del Río, C., Polinización en *Mirabilis jalapa* en el Pedregal de San Angel, tesis, Fac. de Ciencias, UNAM, 1984.

34. Eguiarte, L. y A. Búrquez, "Reducción en la fecundidad en *Manfreda brachystachga* (Cav.) Rose, una agavácea polinizada por murciélagos: los riesgos de la especialización en la polinización", Bol. Soc. Bot. México, vol. 48, 1988, pp. 147-149.

35. Eguiarte, L. y A. Búrquez, "Reproductive Ecology of *Manfreda brachystachya*, an Iteroparous Species of Agavaceae", Southwestern Naturalist, vol. 32, núm. 2, 1987.

36. Cordero, C., Defensa territorial en la mariposa *Xamia xami*, tesis de licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM, 1986.

37. Simberloff, "The Contribution of Population and Community Biology to Conservation Science", Ann. Rev. Ecol. Syst., vol. 19, 1988, pp. 473-511.

38. Richter-Dyn, N. y N. S. Goel, "On the Extinction of a Colonizaing Species", Theoretical Population Biology, vol. 3, 1972, pp. 406-433.

39. Leigh, E. G. Jr., "The Average Lifetime of a Population in a Varying Environment", Jour. Theor. Biol., vol. 90, 1981, pp. 213-239.

40. Goodman, D., "The Demography of Chance Extinction", en Soulé, M. (ed.), Viable Populations for Conservation, Cambridge University Press, 1987.

41. Belovsky, G. E., "Extinction Models and Mammalian Persistence", en Soulé, M. (ed.), Viable Populations for Conservation, Cambridge University Press, 1987.

42. Beutelspacher, C., "La familia Sphingidae en el Pedregal de San Angel, Mexico, D. F.", An. Inst. Biol. Ser. Zool., vol. 43, 1972, pp. 1-38.

43. Beutelspacher, C., "Evaluación de la familia Sphingidae en el Pedregal de San Angel, México, D. F. (Insecta, Lepidoptera)", Folia Entomol., vol. 109, 1973, pp. 25-26.

44. Beutelspacher, C., "La familia Arctiidae (Insecta: Lepidoptera) en el Pedregal de San Angel, México, D. F.", An. Inst. Biol. Ser. Zool., vol. 1, 1973, pp. 41-54.

45. Butze, J. R. y G. R. Sampedro, "Sírfidos del Pedregal de San Angel, México, D. F. (Díptera: Sylphidae)", An. Inst. Biol. Ser. Zool. vol. 50, 1979, pp. 537-552.

46. Díaz, G. M. E., Contribución al conocimiento de la herpetología del Pedregal de San Angel, D. F., tesis, Fac. de Ciencias, UNAM. 1961.

47. Flores, M. O., Hemípteros del Pedregal de San Angel, tesis de licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM, 1974.

48. Ibarra, N. G., Las arañas Labidognathas de la parte norte del Pedregal de San Angel, tesis, Fac. de Ciencias, UNAM. 1979.

49. Márquez Mayaudon, C., "Ortópteros del Pedregal de San Angel, Villa Obregón, D. F.", An. Inst. Biol. Ser. Zool., vol. 39, 1968, pp. 1-172.

50. Palacios-Vargas, J., "Note on Collembola of Pedregal de San Angel, Mexico, D. F.", Ent. News., vol. 92, 1981, pp. 42-44.

51. Sánchez-Herrera, O., "Herpetofauna of the Pedregal de San Angel, Mexico D. F.", Bulletin Maryland Herpetological, vol 16, 1980, pp. 9-18.

52. Turrent, R. D., "Observaciones sobre los lepidópteros heteroceros del Pedregal de San Angel, México, D. F. 1a. parte: familia Sphingidae", Rev. Soc. Mex. de Lep., vol. 7, 1982, pp. 41-54.

53. Brailovsky, H., "Contribución al estudio de Hemiptera Heteroptera de México XII. El género *Neacoryphus* (Ligaeidae- Ligaeinae). Desc. 3 sps.", An. Inst. Biol. Ser. Zool., vol. 48, 1977, pp. 106-109.

54. Johansen, R. M., "Dos nuevas especies de trips (Thysanoptera: Thripidae) del Pedregal de San Angel", An. Inst. Biol. Ser. Zool., vol. 45, 1974, pp. 75-82.

55. Johansen, R. M., "Una nueva especie de *Bregmatothrips hood* (Thysanoptera: Thripidae) del Pedregal de San Angel, An. Inst. Biol. Ser. Zool., vol. 46, 1975, pp. 42-45.

56. Romero, J. M., et. al., "Efecto de la combinación de efectos ambientales sobre el desarrollo de dos especies de isópodos en el Pedregal de San Angel, D. F.", Resúmenes del Congreso Nacional de Zoología, 1980, pp. 78.

57. Vázquez, L., "Estudios sobre algunos aspectos taxonómicos y ecológicos de insectos del Pedregal de San Angel, México D. F.", Folia Entomol., vols. 25-26, 1973, pp. 102-104.

58. Zaragoza, S., "Una nueva especie de *Cenophagus le cante* (Coleoptera: Phengodidae, *Mastrio cerinae*) del Pedregal de San Angel, México, D. F.", An. Inst. Biol. Ser. Zool., vol. 46, 1975, pp. 69-72.

59. Bravo, R. T. de J., Variación genética estacional de algunos Cicaellidae de la zona Senecionetum praecopsis del Pedregal de San Angel, tesis de licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM, 1975.

60. Feria, M., Contribución al ciclo de vida de *Sceloporus torquatus torquatus* (Lacertilia, Iguanidae) al sur del valle de México, tesis de licenciatura, ENEP-Zaragoza, UNAM, 1986.

61. Katthain, D. G. y L. Vázquez, "Algunas observaciones taxonómicas y biológicas de Rhopalocera (Lepidoptera) en una zona de *Senecionetum* del Pedregal", Folia Entomológica, vols. 25 y 26, 1973, pp. 106-109.

62. Ramos, O. M., Estudio ecológico de las aves del Pedregal de San Angel, D. F., tesis, Fac. de Ciencias, UNAM, 1974.

63. Serrano, L. G. y J. Ramos-Elorduy, "Biología de *Marathonia nigrifascia* (Walk)(Homoptera, Cicadellidae)", An. Ins. Biol., UNAM, 1972.

64. Serrano, L. G. y J. Ramos-Elorduy, "Biología de *Sphenarium pupurascens* y algunos aspectos de su comportamiento", An. Ins. Biol., vol. 59, núm. 2, 1989, pp. 139-152.

65. Solís, W. V., Estudios citogenéticos en *Peromyscus* truei del Pedregal de San Angel, México, tesis de licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM. 1972.

66. Zaragoza, S., "Evaluación taxonómica y ecológica de coleópteros del Pedregal de San Angel, D. F.", Folia Entomol., vol. 110, 1973, pp. 25-26.

67. Zaragoza, S. C. y H. R. Pérez, "Variación de *Nicrophorus mexicanus* Matt. (Coleoptera Silphidae) y su correlación ambiental en el Pedregal de San Angel, Méx., D. F.", An. Inst. Biol. Ser. Zool., vol. 50, 1979, pp. 459-475.

68. Diego, N., Contribución a la flora silvestre de los alrededores del jardín Botánico de la UNAM, tesis de licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM, 1970.

69. Eguiarte, L., Biología floral de *Manfreda brachystachya* en el Pedregal de San Angel, México, D. F., tesis de licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM. 1983.

70. Vargas, M. C. F., Determinación del tamaño efectivo de una población de *Echeveria gibbiflora*, en el Pedregal de San Angel, C. U., México, tesis de licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM. 1989.

71. Beutelspacher, C., "Polonización en *Lopezia racemosa* (Onagraceae) en el Pedregal de San Angel", Folia Entomol., vol. 44, 1973, pp. 25-26.

72. García Peña, Polinización de *Solanum rostratum* Dunal (Solanaceae) en el Pedregal de San Angel, México, tesis, Fac. de Ciencias, UNAM.

73. Lechuga, N. K. V., Estudio ecológico de los insectos de *Senecio praecox* D. C. en el Pedregal de San Angel. tesis, Fac. de Ciencias, UNAM, 1971.

74. Lechuga. N K. V. y L. Vázquez, "Estudio ecológico de los insectos que habitan en *Senecio praecox* en el Pedregal de San Angel", Folia Entomol., vols. 25 y 26, 1973, pp. 105- 106.

75. Parra, V., Ecología de la polinización en una población de *Echeveria gibbiflora* en el Pedregal de San Angel, C. U., México, tesis, Fac. de Ciencias, UNAM, 1988.

76. Ramírez, M. y A. Orozco, Estudio taxonómico de los homópteros (Clase Insecta) y sus relaciones de la flora del Pedregal de San Angel, informe del curso de biología de campo, Fac. de Ciencias, UNAM, 1979.

77. Arena, F. V. y G. de la Lanza, "Muerte masiva de los peces del vivero alto de Ciudad Universitaria, México", An. Inst. Biol. Ser. Zool., vol. 49, 1978, pp. 285-290.

78. Gamio, M., "Las excavaciones del Pedregal de San Angel y la cultura arcaica del valle de México", American Anthropologist, vol. 22, núm. 2, 1920.

79. Ordóñez, E., "El Pedregal de San Angel. Apuntes para la petrografía del valle de México", Bol. Soc. Cient. Antonio Alzate, vol. 1, 1890, pp. 113-116.

80. Schmitter, E., "Investigación petrológica en las lavas del Pedregal de San Angel, Memoria del Congreso Científico Mexicano de Geol., vol. III, 1953, pp. 218-237.

81. Soberón, J., "La mariposa y la oreja de burro, o por qué hay que cuidar el Pedregal". Los Universitarios. Nva. Epoca, vol. II, 1987, pp. 9-15.

82. Waitz, P. E., y E. Wiltich, "Tubos de explosión en el Pedregal de San Angel", Bol. Soc. Geol. Mex., vol. 7, 1911, pp. 169-186.

83. González, G. L., Estudio de las aves asociadas a la flora del Jardín Botánico Exterior de la UNAM, Pedregal de San Angel, D. F., tesis, Fac. de Ciencias, UNAM. 1984.

84. Reyes, C. P. y G. Halffter, "Fauna de la cuenca del valle de México", Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del D. F., vol. 1, 1976, pp. 135-180.

85. Zaragoza, S., Estudio de coleópteros del Pedregal de San Angel, D. F., Chrysomelidae, tesis, Fac. de Ciencias, UNAM, 1973.

86. Ceballos, G. y C. Galindo, Mamíferos silvestres de la cuenca de México, Ed. Limusa, México, 1984, 230 pp.

La Reserva del pedregal como ecosistema: Estructura trófica

ZENON CANO-SANTANA

Centro de Ecología, U.N.A.M.

Introducción.

El funcionamiento de los ecosistemas está determinado por los movimientos de materia y energía que ocurren en su interior.

Los ciclos de materia que se presentan dentro de un ecosistema dependen únicamente de la energía solar, la cual al ser captada por las plantas es transmitida posteriormente a los siguientes niveles tróficos.

La energía solar es captada mediante el proceso de la fotosíntesis, y es utilizada en el mantenimiento, crecimiento y reproducción de las plantas. La parte de la energía que es utilizada para la elaboración de tejidos y substancias de reserva de una planta individual o de una comunidad de plantas constituye la Productividad Primaria Neta (PPN), y se define como la energía total captada por las plantas (Productividad Primaria Bruta) menos la energía gastada por éstas mediante respiración. Así, la PPN resulta ser la energía almacenada en las plantas disponible a los demás niveles tróficos, de la cual depende la vida de todos los demás organismos de la biosfera, incluido el hombre. Se ha sugerido que de la magnitud de la PPN depende la diversidad de la comunidad (Brown y Davison, 1977; Davison, 1977; Brown y Gibson, 1983). Del mismo modo, considerando una pirámide alimenticia, se espera que a mayor PPN,mayor será el número de niveles tróficos que sostenga un ecosistema (Begon et al., 1986).

Los estudios realizados en la reserva Ecológica del Pedregal de San Angel de Ciudad Universitaria (D.F.) no han considerado el enfoque holístico, tomando al Pedregal como un ecosistema (Soberón et al., 1991). Por otro lado, a pesar de que los matorrales xerófilos cubren cerca del 40% de la superficie de la República Mexicana, su importancia relativa como ecosistemas almacenadores de C, fijadores de energía y productores de O_2 no ha sido evaluada. Del mismo modo, se desconoce la estructura trófica y patrones de flujo de energía a través de la trama alimenticia en este tipo de comunidades. Es más, de la gran diversidad de ecosistemas con que cuenta el país, sólo algunos de éstos han empezado a ser estudiados desde el punto de vista de la Ecología de Ecosistemas. Al parecer, sólo las estaciones de Biología en Chamela, Jalisco y de Los Tuxtlas, Veracruz han sido estudiadas con este enfoque (Martínez-Yrízar y Sarukhán, 1990; Martínez-Yrízar et al., 1991; Alvarez, 1991). En este trabajo se resume lo que actualmente se sabe acerca de los patrones de productividad primaria neta aérea (PPNA) y se proponen hipótesis sobre los patrones de flujo de energía a través de la red trófica de la reserva del Pedregal de San Angel, mencionando a las especies que pueden tener un papel preponderante en el funcionamiento de este ecosistema.

Topografía, Sucesión y Variación Espacial.

La reserva del Pedregal de San Angel es espacialmente heterogénea. El origen de esta variabilidad proviene de la topografía del sustrato. Las lavas del Xitle, al enfriarse, se solidificaron dejando burbujas de gases de varios tamaños en su interior. La roca basáltica resultante es sometida a variaciones continuas de temperatura, lo cual provoca la fracturación de las rocas formando grietas de diferentes profundidades. En muchas burbujas de aire cercanas a la superficie, el derrumbe de sus techos provoca la formación

de hoyos de diferentes profundidades y la formación de promontorios rocosos. En otros sitios, por el contrario, la lava formó hondonadas poco profundas y zonas planas de roca dura. Al parecer, esta topografía tan heterogénea provocó que las tasas de acumulación de suelo por agentes eólicos y pluviales, y más tarde orgánicos (ver Rzedowski, 1954) no fueran iguales en todos los sitios. La tasa de formación de suelos es más rápida en las grietas y hoyos (Rzedowski, 1954), que es donde se acumulan las partículas de polvo y arena. El suelo, como se sabe, es un factor que determina la velocidad de sucesión de la vegetación (Drury y Nisbet, 1973), por lo cual esto ha favorecido que los sitios más accidentados topográficamente sean los que presenten un estrato arbóreo más denso. Datos obtenidos por mí (Cano-Santana, 1993) han mostrado que esta distribución diferencial de árboles puede determinar varias características de la vegetación (Tabla 1), entre las que destacan: (a) una diferente estructura de alturas en el estrato arbustivo y en el estrato arbóreo, (b) una mayor dominancia (y menor diversidad) de especies vegetales perennes en los sitios planos y abiertos. Además, un estudio de la PPNA de las plantas herbáceas sugiere que ésta es menor en los sitios abruptos y cerrados (en promedio 186 g m^{-2} $año^{-1}$ ó 3.4 MJ m^{-2} $año^{-1}$) que en los planos y abiertos (en promedio 379 g m^{-2} $año^{-1}$ o 6.8 MJ m^{-2} $año^{-1}$) (Cano-Santana, 1993). Sin embargo, esta menor PPNA en el estrato herbáceo en los sitios cerrados y abruptos es compensada con una mayor PPNA en el estrato arbóreo (sitios cerrados: 58 g m^{-2} $año^{-1}$ ó 1.1 MJ m^{-2} $año^{-1}$; sitios abiertos: 17g g m^{-2} $año^{-1}$ ó 3.6 MJ m^{-2} $año^{-1}$) (Cano-Santana, 1993). Este efecto de la cobertura de árboles sobre la estructura de los estratos más bajos es bien conocida en los bosques australianos (Walker et al., 1986; Scanlan y Burrows, 1990; Scanlan, 1991). Ríos-Casanova (1993) encontró que los cambios estacionales en la diversidad de artrópodos epífitos son diferentes en sitios abiertos y cerrados; también encontró que la densidad de ácaros, arácnidos e insectos varía espacialmente, al menos en algunos meses del año. Al parecer, la topografía del Pedregal es la causa primordial del funcionamiento diferencial que ocurre entre diferentes tipos de sitios.

Especies vegetales y PPNA.

Un parámetro importante en el funcionamiento de cualquier ecosistema es la PPN. En la reserva del Pedregal de San Angel, la fracción aérea de la PPN (i.e. la PPNA) se ha calculado en 636 g m^{-2} $año^{-1}$ (=6.4 ton ha^{-1} $año^{-1}$) u 11.9 MJ m^{-2} $año^{-1}$ (Cano-Santana, 1993). De manera muy burda, suponiendo que las mismas tendencias en productividad se mantengan en la parte aérea y subterránea de las plantas (Whittaker, 1962; Whittaker y Marks, 1975), y que la vegetación de la reserva posea una razón raíz/tallo de 0.69, similar a las determinadas en matorrales de las montañas de Santa Catalina, Arizona, E.U.A. (Whittaker y Niering, 1975), la PPN total del Pedregal de San Angel sería de 1074 g m^{-2} $año^{-1}$ ó 20.1 MJ m^{-2} $año^{-1}$. Las especies que más importancia tienen por su aporte a la PPNA en términos de biomasa son el pasto perenne *Muhlenbergia robusta* Hitchc. (Gramineae) con el 16.0%, el arbusto *Verbesina virgata* Cav. (Compositae) con el 15.1%, el árbol *Buddleia cordata* H.B.K. (*Loganiaceae*) con el 10.9%, la herbácea efímera *Dahlia coccinea* Cav. (Compositae) con el 9.6%, el arbusto de hojas suculentas *Echeveria gibbiflora* DC. (Crassulaceae) con el 5.8%, y el agave efímero *Manfreda brachystachya* (Cav.) Rose (Amaryllidaceae) con el 5.4% (Tabla 2) (Cano-Santana, 1993). Llama la atención que *Senecio praecox* DC. (Compositae), que le da nombre a la asociación vegetal que cubre la reserva (*Senecionetum praecocis*; Rzedowski, 1954) no sea la especie más importante, ya que aportó sólo el 4.9% de la PPNA.

Flujo de energía y estructura trófica

En México sólo se han realizado dos estudios acerca de flujo de energía a través de un nivel trófico o una población de consumidores: uno en sistemas de acuáticos con crustáceos (Cárdenas, 1992) y el otro precisamente en el Pedregal con el chapulín *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Orthoptera: Acricidae) (Cano-Santana, 1993). A pesar de esto, los datos que la literatura ofrece sobre abundancias de especies e interacciones biológicas en el Pedregal de San Angel pueden darnos una idea acerca de cómo fluye la energía a través

Tabla 1. Comparación de la estructura de la vegetación de plantas perennes pertenecientes a tres estratos en dos tipos de sitios (abiertos y cerrados) de la reserva del Pedregal de San Angel, mediante el análisis de datos de un muestreo realizado en abril de 1990. *N*= 10, salvo donde se indique lo contrario, n.s.= no hay diferencias significativas a $P<0.05$. Tomada de Cano-Santana (1993).

Estrato/Característica	Sitios Abiertos	Sitios Cerrados	*P* (1)
ESTRATO ARBUSTIVO			
Densidad (2) (ind./25m^2 ± ee)	31.0 ± 3.8	33.1 ± 3.8	n. s.
(Rango)	(10-46)	(14-51)	
Cobertura (2) (m^2/25 m^2 ± ee)	9.1 ± 1.6	11.0 ± 1.8	n. s.
(Rango)	(2.5-17.2)	(3.9-21.0)	
Altura (3) (cm ± ee) (*N*)	122 ± 4	106 ± 4	< 0.005
	(264)	(312)	
Altura *V. virgata* (cm ± ee) (*N*)	144 ± 5	144 ± 6	n. s.
	(152)	(104)	
Diversidad (*H'*)	0.958	1.096	n. s.
Dominancia (*D*)	0.185	0.120	--
ESTRATO ARBOREO			
Densidad (ind./100m^2 ± ee)	4.3 ± 0.9	10.4 ± 2.1	< 0.02
(Rango)	(1-11)	(3-25)	
Cobertura (m^2/100m^2 ± ee)	7 ± 2	52 ± 7	< 0.001
(Rango)	(0.01-16)	(21-101)	
Altura (cm ± ee) (*N*)	253 ± 14	305 ± 12	< 0.02
	(43)	(104)	
Altura *B. cordata* (cm ± ee) (*N*)	254 ± 31	343 ± 21	< 0.05
	(17)	(44)	
Diversidad (*H'*)	0.568	0.617	n. s.
Dominancia (*D*)	0.351	0.300	--
PERENNES < 30 cm			
Densidad (ind./m^2 ± ee) (*N*)	4.4 ± 1.1	2.1 ± 0.7	n. s.
	(15)	(15)	
Diversidad (*H'*)	0.278	0.575	< 0.001
Dominancia (*D*)	0.693	0.347	--

(1) Prueba de *t*
(2) Incluye árboles < 150 cm
(3) Excluye árboles < 150 cm

de la comunidad biótica y qué especies tienen un papel preponderante en los patrones de flujo (Vázquez, 1936; Lechuga, 1971; Carbajal, 1975; Eguiarte, 1983; Cordero, 1976; Cano-Santana, 1987; Barrera, 1991; Chávez-Tovar, 1993; Ríos-Casanova, 1993). A partir de estos datos y de mi experiencia en la reserva, se pueden observar algunas cadenas tróficas importantes presentes en el Pedregal de San Angel según se expone a continuación, dándole énfasis a las cadenas tróficas cuya base son las especies de plantas con un mayor aporte a la PPNA, y a los consumidores más importantes de la reserva.

(1) *Muhlenbergia robusta*, aunque presenta hojas duras y no se observa daño por insectos, sus hojas pueden ser alimento del ácaro *Mochloribatula* sp. (Ríos-Casanova, 1993) y del conejo *Sylvilagus floridanus* Merriam (Lagomorpha: Leporidae) (Z. Cano-Santana, obs. pers.), un mamífero común en la reserva (Chávez-Tovar, 1993). El polen de sus inflorescencias parece ser alimento de los adultos del chapulín *S. purpurascens* (C. Mendoza y E. Tovar, com. pers.).

(2) *Buddleia cordata* es un alimento muy importante de los insectos. Esta especie, por

presentar hojas perennes, es utilizada como alimento también durante la temporada de secas. Entre sus herbívoros mas importantes están *Nodonota curtula* Jacoby (Coleoptera: Chrysomelidae), *Oedyonychus conspurcatus* Jacoby (Coleoptera: Chrysomelidae), el gusano medidor *Acronyctodes mexicanaria* (Walker) (Lepidoptera: Geometridae), las orugas gregarias de *Morpheis ehrenbergii* Hbn. (Lepidoptera: Nymphalidae), orugas del azotador *Halisidota caryae* Harr. (Lepidoptera: Arctiidae) y el chapulín *S. purpurascens* (Z. Cano-Santana, obs. pers.). Asimismo, es alimento de otras especies de insectos, tales como lepidópteros, homópteros, tetigónidos y coleópteros (Vázquez, 1936; Zaragoza, 1963: Z. Cano-Santana, obs. pers.)

(3) *Verbesina virgata* es el arbusto más importante en la reserva por su PPNA; sin embargo, no se han estudiado los herbívoros que la atacan. Observaciones casuales sugieren que este arbusto es alimento de varias especies de insectos, entre las que destacan el chapulín *S. purpurascens*, *H. caryae* y una especie no identificada de oruga de Lepidoptera. Resulta sorprendente que a pesar de la importancia de este arbusto, no haya un estudio acerca de sus insectos asociados.

(4) *Dahlia coccinea* es alimento principalmente del chapulín *S. purpurascens*, de al menos dos especies de hemípteros, entre las que destaca *Piezogaster indecorus* (Walker) (Coreidae) (Z. Cano-Santana, obs. pers.; H. Riemann, com. pers.) y del áfido *Aphis gossypii* (Glover) (Barrera, 1991). Asimismo, 25 especies de insectos visitan sus inflorescencias (Soberón et al., 1991).

(5) *Echeveria gibbiflora*, por su parte, es alimento de dos herbívoros principalmente, Xamia xami (Reakirt) (=*Sandia* =*Callopris*; Lepidoptera: Lycaenidae) (Cordero, 1976) y *A. gossypii* (Homoptera: Aphididae) (Barrera, 1991). En este sistema el parasitoide generalista *Trichogramma pretiosum* (Riley) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) aparece como consumidor secundario, al actuar como parasitoide de los huevos de *X. xami* (Benrey, 1986).

(6) *Manfreda brachystachya* es una planta cuyo follaje no es un alimento preferido por los animales, excepto por los adultos de *S. purpurascens* (C. Mendoza y E. Tovar, com. pers.) y por el conejo *S. floridanus* (Eguiarte, 1983). Sus inflorescencias son alimento de ratones (H. Riemann, com. pers.), murciélagos y áfidos, y su néctar es alimento de abejas, hormigas, aves, murciélagos y lepidópteros (Eguiarte, 1983).

Estudios sobre otras plantas secundarias, como *S. praecox* (Lechuga, 1971) y *Wigandia urens* (Ruiz & Pavón) H.B.K. (Hydrophyllaceae) (Carbajal, 1975; Cano-Santana, 1987) han sido más completos. *S. praecox* sostiene más de once especies de insectos herbívoros, entre los que destacan *Ceroplastes albolineatus* Cockerell (Homoptera: Coccidae), *Urellia* sp. (Diptera: Tephritidae), *Coelidia* sp. (Homoptera: Cicadellidae) y *Entylia sinuata* (Fabr.) (Homoptera: Membracidae), aunque también es atacada por áfidos, hemípteros, lepidópteros y coleópteros. Sus flores son visitadas por mutílidos (Hymenoptera). Se presentan depredadores importantes asociados a *S. praecox*, destacando *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) y la catarinita *Hippodamia convergens* Guérin (Coleoptera: Coccinelidae), dos especies afidófagas, y arañas de las familias Salticidae y Oxyopidae. Asimismo se conocen parasitoides Braconidae (Hymenoptera) de *Urellia* sp. En este sistema se conocen cuatro niveles tróficos, ya que las arañas atacan a la catarinita *H. convergens*.

Wigandia urens presenta al menos 14 especies de herbívoros, entre los que se cuentan los ortópteros *Ichthyotettix mexicanus* Saussure (Acrididae), *Oecanthus* spp. (Grillidae) y el chapulín *S. purpurascens* (su herbívoro más importante), el hemíptero *Collaria* sp. (Miridae), los homópteros *Aconophora pallescens* Stal. (Membracidae), *Graphocephala* sp. (Cicadellidae), *Myzus persicae* (Sulzer) (Aphididae) y *A. gossypii*, los lepidópteros *Sphinx lugens* Walk. (Sphingidae), *Baratra configurata* Walker (Noctuidae), *Autographa biloba* (Steph.) (Noctuidae), *Lophoceramica pyrrha* (Druce) (Noctuidae), y *Sabulodes matrona* Bruce (Geometridae), así como el díptero minador *Liriomyza* sp. (Agromyzidae), (Carbajal, 1975; Cano-Santana, 1987; Cano-Santana y Oyama,

1992). Entre los depredadores de herbívoros de *W. urens* destaca *Baccha* sp. (Diptera: Syrphidae) que se alimenta de áfidos, *Metapterus* sp. (Hemiptera: Pioiariidae), que se alimenta de *Collaria* sp., y hormigas (Hymenoptera: Formicidae) que se alimentan de ninfas de los primeros estadios de *A. pallescens* (Carbajal, 1975), así como dípteros e himenópteros parasitoides de las larvas de Lepidoptera (Cano-Santana, 1987). Existe un consumidor terciario en este sistema que es un himenóptero Diapriinae que ataca a las pupas de *Baccha* sp. (Carbajal, 1975). El chapulín *S. purpurascens* parece ser el herbívoro más importante de la reserva por las densidades que presenta (23 individuos por m^2 en julio), el amplio ámbito de especies de plantas de las que se alimenta, y los niveles de daño que les provoca (Cano-Santana, 1987; Cano-Santana, 1993; Cano- Santana y Oyama, en prensa: Careaga y Oyama, datos no publ.). Se ha calculado que esta especie consume del 0.5 al 1.0% de la PPNA del Pedregal (Cano-Santana, 1993). Asimismo, parece ser un recurso alimenticio para los animales del siguiente nivel trófico entre los que se encuentran la araña *Neoscona oaxacensis* (Keyserling) (Araneidae) (Z. Cano-Santana, obs. pers.), y trece especies de mamíferos, entre los que destacan el ratón *Peromyscus gratus* Merriam (Rodentia: Muridae), el cacomixtle *Bassariscus astutus* Lichtenstein (Carnivora: Procyonidae) y el zorrillo listado *Mephitis macroura* Linchtenstein (Carnivora: Mustelidae) (C.Chávez-Tovar, com. pers.), las cuales son muy comunes en la reserva del Pedregal (Chávez-Tovar, 1993), y al menos 24 especies de aves (C. Arizmendi, com. pers.). Los datos expuestos señalan que *S. purpurascens* tiene un papel central en los patrones de flujo de energía dentro del Pedregal.

Otro herbívoro que puede tener una importancia considerable, quizás comparable a la que tiene *S. purpurascens*, es el conejo *S. floridanus*, que al menos se le ha considerado un herbívoro importante de *M. robusta* y *M. brachystachya*, dos especies de plantas funcionalmente importantes en el Pedregal. Desgraciadamente no existen estudios acerca de sus hábitos, conducta alimenticia y demografía en el Pedregal.

Otros animales que pueden tener cierta importancia en los patrones de flujo de energía en la reserva, de acuerdo a su abundancia, son el áfido *A. gosypii* que se alimenta en el Pedregal de San Angel al menos de 15 especies de plantas (Cano-Santana, 1987; Barrera, 1991; Ríos-Casanova, 1993), el ratón *P. gratus*, el cacomixtle *B. astutus* y el tlacuache *Didelphis virginiana* Bennett (Marsupialia: Didelphidae) (ver Chávez-Tovar, 1993), entre los reptiles se puede contar a la lagartija *Sceloporus torquatus* Wiegmann (Squamata: Iguanidae), muy abundante en el Pedregal (Z. Cano-Santana, obs.pers.), y a la víbora de cascabel *Crotalus molossus* Gloyd. (Squamata: Crotalidae), abundante en la parte W de la reserva (Z. Cano-Santana, obs. pers). Por último se debe tomar en cuenta a los artrópodos *Mochloribatula* sp. (Chryptostigmata: Mochlozetidae), *Gastrothrips terrestris* (Priesner) (Thysanoptera), *Graphocephala nigrifasciata* (Walker) (Homoptera: Cicadellidae), *Hemoticus* sp. (Coleoptera: Cryptophagidae) y *N. curtula* (Ríos-Casanova, 1993). Entre los artrópodos depredadores más importantes se pueden contar a *H. convergens, Chrysopa* sp., y a las arañas *N. oaxacensis*, *Misumenops decorus* (Banks) (Theridiidae) y *Habronattus* sp. (Salticidae) (Zaragoza, 1963; Lechuga, 1971; Ibarra, 1979; Z. Cano-Santana, obs. pers.).

En la Fig. 1 se resume los principales flujos de energía hipotéticos en el Pedregal. Se observa que el Pedregal sostiene cuatro niveles tróficos como máximo (sin contar a los descomponedores), y que muchas de sus especies importantes son omnívoras (el cacomixtle, el tlacuache, *P. gratus* y el zorrillo listado; ver Ceballos y Miranda, 1986).

Consideraciones finales

La comunidad del Pedregal de san Angel es compleja y diversa. Alberga a numerosas especies vegetales y animales. Dada su complejidad, es preciso reconocer a aquellas especies que pueden afectar de manera importante el funcionamiento de este ecosistema. Se reconoce que diez especies aportan más del 75% de la PPNA (y probablemente de la PPN) (Tabla 2) (Cano-

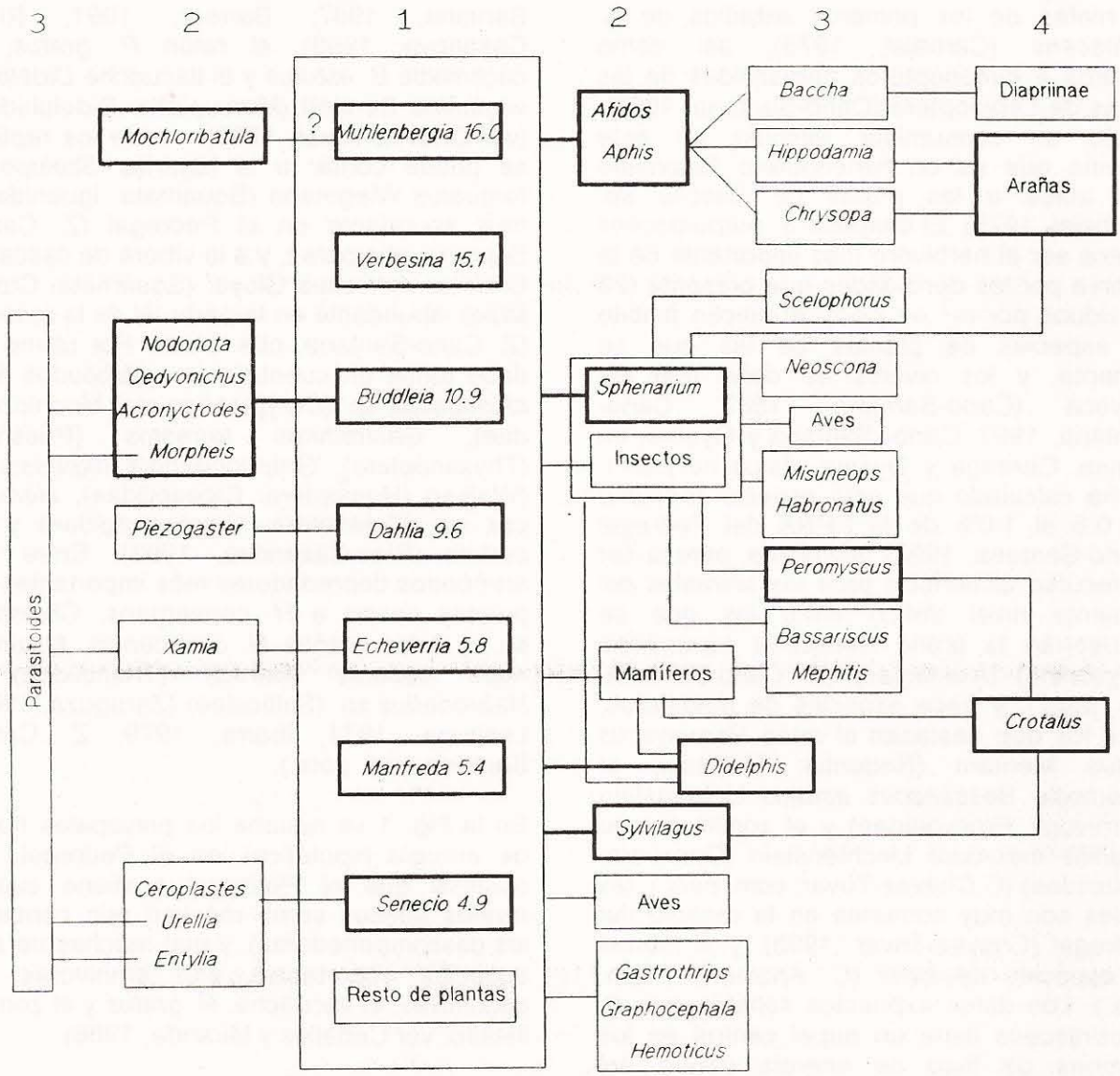


Fig. 1 Esquema de la estructura trófica de la comunidad del Pedregal de San Angel. Los números en la parte superior indican el nivel trófico. Los consumidores secundarios presentados a la izquierda son especialistas y los que se encuentran a la derecha son generalistas. Los números señalados junto al género de planta indican su aporte a la PPNA (%). Flechas y cuadros señalados con líneas gruesas indican los flujos y reservorios hipotéticamente más importantes de la reserva.

Santana, 1993). Se ha reconocido también los niveles de consumo del que se considera, hasta el momento, el herbívoro más importante: el chapulín *S. purpurascens* (Cano-Santana, 1993). Pero aún quedan muchos datos por recopilar. En este trabajo se sugiere que el conejo *S. floridanus*, el tlacuache *D. virginiana*, el zorrillo listado *M. macroura*, el ratón *P. gratus*, el áfido *A. gossypii* y los insectos asociados al tepozán, *B. cordata*, pueden tener un papel preponderante en los patrones de flujo de energía en el interior de la reserva. Aunque se tienen algunos datos acerca de la biología de *A. gossypii* y *P. gratus* (Barrera, 1991; Chávez-Tovar, 1993), la realización de estudios sobre la conducta alimenticia y el flujo de energía a través de las poblaciones de estos animales y de los señalados en la Fig. 1, pueden aportar datos importantes que nos ayuden a comprender el funcionamiento del Pedregal de San Angel como ecosistema. Asimismo, se requieren estudios, acerca de los animales que interactúan con *V. virgata* y *M. robusta*. Finalmente, resulta importante conocer los ritmos temporales en que se presentan dichos flujos, ya que, al parecer, la reserva funciona de manera diferente en las dos estaciones marcadas que se presentan en ella (Chávez-Tovar, 1993; Ríos-Casanova, 1993). Del mismo modo, se presentan variaciones en la abundancia de las poblaciones de insectos. S. *purpurascens*, por ejemplo, en 1991 presentó una mayor mortalidad de ninfas de los primeros estadios, que en 1990 (Cano-Santana, 1993), y *V. virgata* presentó una infestación más o menos importante de *H. caryae* en 1990, que no se repitió al año siguiente (Z. Cano-Santana, obs.pers).

A pesar de la diversidad que presentan los matorrales xerófilos mexicanos, los datos obtenidos del Pedregal de San Angel son una primera aproximación de los patrones de funcionamiento que tienen de éstos como ecosistemas.

Tabla 2. Aportación de cada especie y componente de la vegetación a la PPNA del Pedregal. Tomado de Cano-Santana (1993)

Especie/Componente	PPNA	
	g m^{-2} $año^{-1}$	%
Muhlenbergia robusta	101.9	16.0
Verbesina virgata	95.8	15.1
Buddleia cordata	69.1	10.9
Dahlia coccinea	60.8	9.6
Echeveria gibbiflora	36.6	5.8
Manfreda Brachystachya	34.5	5.4
Senecio praecox	30.7	4.8
Cissus sicyoides	25.4	4.0
Buddleia parviflora	19.3	3.0
Eupatorium petiolare	15.9	2.5
Dodonaea viscosa	14.0	2.2
Eysenhardtia polystachya	13.8	2.2
Stevia salicifolia	8.0	1.3
Opuntia tomentosa	8.0	1.3
Dioscorea galeottiana	6.6	1.0
Montanoa tomentosa	4.2	0.7
Baccharis ramulosa	3.6	0.6
Brickelia veronicaefolia	3.1	0.5
Otras dicotiledóneas herbáceas	36.1	5.7
Helechos	14.2	2.2
Otros Pastos	12.5	2.0
Otras monocotiledóneas herbáceas	9.5	1.5
Total (1)	**635.7**	**100**

(1) Incluye todas las especies restantes, no contenidas en esta Tabla.

LITERATURA CITADA.

Alvarez, J. 1991. Productividad primaria neta de una selva tropical húmeda. Bol. Soc. Bot. México 51: 3-12.

Barrera, L.M. 1991. Variación espacial y temporal de Aphis gossypii Glover (Homoptera: Aphididae) y su relación con algunos factores bióticos y abióticos durante la época de floración de Echeveria gibbiflora (Oct. 88-Feb. 89), en la reserva del Pedregal de San Angel, D.F. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, U.N.A.M., México.

Begon, M., J.L. Harper y C.R. Townsend. 1986. Ecology: Individuals, Populations and Communities. Blackwell Sci. Pub., Oxford.

Benrey, B. 1986. Patrones de parasitismo por Trichogramma Pretiosum (Hymenoptera): Efecto sobre la dinámica poblacional de la mariposa Sandia xami. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, U.N.A.M.

Brown, J.H. y D.W. Davidson. 1977. Competition between seed-eating rodents and ants in desert ecosystems. Science 196: 880-882.

Brown, J.H. y A.C. Gibson. 1983. Biogeography. C.V. Mosby, St. Louis.

Cano-Santana, Z. 1987. Ecología de la relación entre Wigandia urens y sus herbívoros en el Pedregal de San Angel, D.F. (México). Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, U.N.A.M., México.

Cano-Santana, Z. 1993. Flujo de energía a través de Sphenarium purpurascens 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., U.N.A.M., México. (En preparación).

Cano-Santana, Z. y K. Oyama. 1992. Variation in leaf trichomes and nutrients of Wigandia urens (Hydrophyllaceae) and its implications for herbivory. Oecologia 92: 405-409.

Cano-Santana, Z. y K. Oyama. En prensa. Ambito alimenticio de tres especies de insectos herbívoros de Wigandia urens (Hydrophyllaceae). Southwest. Entomol.

Carbajal, M.T. 1975. Estudio ecológico de los insectos que viven en Wigandia caracasana H.B.K. de una zona del Pedregal de San Angel, D.F. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México.

Cárdenas, F.L. 1992. Flujo de energía en las especies de macrocrustáceos asociados a la vegetación sumergida en la Laguna de Tamiahua, Ver. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México.

Ceballos, G. y A. Miranda. 1986. Los mamíferos de Chamela, Jalisco. Instituto de Biología, U.N.A.M., México. 436 pp.

Cordero, M.C.R. 1976. Defensa territorial en la mariposa Sandia xami. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México.

Davidson, D.W. 1977. Species diversity and community organization in desert seed-eating ants. Ecology 58: 711-724.

Drury, W.H. e I.C.T. Nisbet. 1973. Succession. J. Arnold Arboretum 54: 331-368

Eguiarte, L. 1983. Biología floral de Manfreda brachystachya (Cav.) Rose en el Pedregal de San Angel México, D.F. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México.

Ibarra, G. 1979. Las arañas Labidognatha de la parte norte del Pedregal de San Angel. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México.

Lechuga, V.N.R. 1971. Estudio ecológico de los insectos de Senecio praecox D.C. en el Pedregal de San Angel. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México.

Martínez-Yrízar, A. y J. Sarukhán. 1990. Litterfall patterns in a tropical decidous forest in México over a five-year period. J. Trop. Ecol. 6: 433-444.

Martínez-Yrízar, A., J. Sarukhán, A. Pérez-Jiménez, E. Rincón, J.M. Maass, A. Solis-Magallanes y L. Cervantes. 1991. Above-ground phytomass of a tropical decidous forest on the coast of Jalisco, México. J. Trop. Ecol. 8: 87-96.

Ríos-Casanova, L. 1993. Análisis espacial y temporal de la comunidad de artrópodos epifitos del Pedregal de San Angel, D.F. (México). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México.

Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Angel (D.F., México). An. Esc. Cien. Biol. I. P. N. Méx. 8: 59-129.

Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Limusa, México. 432 pp.

Scanlan, J.C. 1991. Woody overstorey and herbaceous understorey in Acacia harpophylla (brigalow) woodlands. Aust. J. Ecol. 16: 521-529.

Scanlan, J.C. y W.H. Burrows. 1990. Woody overstorey impact on herbaceous understorey in Eucalyptus spp. communities in central Queensland. Aust. J. Ecol. 15: 191-197.

Soberón, J., M.C. Rosas y G. Jiménez. 1991. Ecología hipotética de la reserva del Pedregal de San Angel. Ciencia y Desarrollo 99: 25-38.

Vázquez, L. 1936. Insectos nocivos a los tepozanes del Centro de México. Tesis Profesional. Facultad de Filosofía y Estudios Superiores, U.N.A.M., México.

Walker, J., J.A. Robertson, L.K. Penridge y P.J.H. Sharpe. 1986. Herbage response to tree thinning in a Eucalyptus crebra woodland. Aust. J. Ecol. 11: 135-140.

Whittaker, R.H. 1962. Net production relations of shrubs in the Great Smoky Mountains. Ecology 43: 357-377.

Whittaker, R. H. y P. L. Marks. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity. Pags. 55-118. In: Lieth, H. y R. R. Whittaker (eds.). Primary Productivity of the Biosphere. Springer-Verlag, Berlin.

Whittaker, R.H. y W.A. Niering. 1975. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona. V. Biomass, production, and diversity along the elevation gradient. Ecology 56: 771-790.

Zaragoza, S. 1963. Estudio de coleópteros del Pedregal de San Angel, D.F. (Familia Chrysomelidae). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México.

Estudios de ecología evolutiva en plantas herbáceas del Pedregal de San Angel

Juan Núñez-Farfán (1), Roberto A. Cabrales-Vargas (1), Jorge González-Astorga (2)

(1) Laboratorio de Interacción Planta-Animal, Centro de Ecología, UNAM, Apdo. Post. 70-275, México 04510.
(2) Departamento de Genética, Facultad de Biología, Universidad Complutense, Madrid, 28040 España

INTRODUCCION

La ecología de poblaciones es, en parte, una disciplina dedicada al estudio directo o indirecto de la adaptación (es decir, el ajuste fino morfológico y funcional entre los organismos y el ambiente; Futuyma, 1986). Por lo general, a las adaptaciones biológicas se les atribuye un origen evolutivo por selección natural y la ecología, en este sentido, hace una interpretación adaptativa a su origen y mantenimiento. No obstante, no siempre existe evidencia suficiente para demostrar un origen selectivo a las supuestas adaptaciones (Lande, 1977; Lewontin, 1978; Gould y Lewontin, 1979), si bien es, generalmente, la explicación más lógica y parsimoniosa. Por su parte, la genética de las poblaciones ha evaluado la cantidad de variación genética contenida en las poblaciones naturales y cómo cambia dicha variación dentro y entre poblaciones, para de ahí poner a prueba hipótesis acerca de los procesos evolutivos que la han moldeado o la siguen afectando (ver Eguiarte, 1990). Sin embargo, desde el punto de vista fenotípico la conexión con la adaptación (un tamaño, una forma, una estructura, una conducta, una fisiología, etc.) no es directa. Mientras que los ecólogos intentan obtener inferencias evolutivas a través de estudiar a los fenotipos, los genetistas infieren la evolución fenotípica a través de su estudio basado en el genotipo (Lewontin, 1974). Se ha sugerido que una de las formas de solucionar esta paradoja puede ser el uso de la genética cuantitativa (Wright, 1968; Falconer, 1981; Lande, 1977, 1988; Lande y Arnold, 1983; Mitchell-Olds y Rutledge, 1986).

La genética cuantitativa hace uso de grupos de individuos emparentados para determinar qué fracción de la variabilidad fenotípica observada en las poblaciones puede ser atribuída a la variabilidad genética y qué fracción a la variación en el ambiente (es decir, la heredabilidad; Falconer, 1981). En general, se conoce que la mayoría de los caracteres ecológica y fisiológicamente importantes de los organismos son poligénicos (Wright, 1977), es decir, que muchos genes de efectos fenotípicos pequeños y aditivos contribuyen a la variación poblacional. En este sentido, es posible conocer la naturaleza de los caracteres cuantitativos partiendo de modelos que consideran la segregación infinitesimal de genes con acción aditiva sobre el carácter en cuestión (Fisher, 1918), así como de modelos en donde se hace referencia tanto a la acción génica aditiva, dominante y su interacción en la determinación de atributos fenotípicos aún mas complejos (Fisher, 1958; Wright, 1934; Goodnight, 1987, 1988). Por lo tanto, los genetistas definen a la heredabilidad en el sentido estricto (h^2_N), como la fracción entre la varianza genética aditiva (V_a) y la varianza fenotípica total (V_t) para un determinado carácter en la población ($h^2_N = V_a/V_t$; Falconer, 1981). La heredabilidad es una relación estadística entre el valor del rasgo en los progenitores y en los hijos, más allá de las semejanzas producidas por vivir en el mismo ambiente; para obtener estimadores confiables de este parámetro estadístico, existen diversas estrategias metodológicas que van desde la propia consideración del parecido entre parientes, hasta llevar a cabo programas de selección artificial utilizados en estudios relacionados con la mejora genética

(Falconer, 1989). De esta manera, bajo un programa de estudio de la adaptación en las poblaciones naturales sería de interés conocer la heredabilidad de caracteres, funcionales o morfológicos, relacionados con la fecundidad o la supervivencia de los individuos, y por lo tanto con la adaptación, y conocer su potencial evolutivo por selección natural si resultara variable genéticamente y si los agentes selectivos ejercen presiones constantes (Endíer, 1986).

La ecología, por lo tanto, puede hacer uso de las herramientas de la genética para obtener inferencias evolutivas. Esto es importante dado que muchas de las teorías ecológicas están basadas, implícita o explícitamente, en argumentos evolutivos (competencia, depredación, mutualismos, herbivorismo, sistema de cruzamiento, etc., Pianka, 1978) pero no han sido abordadas desde un punto de vista explícitamente evolutivo por las dificultades metodológicas y conceptuales arriba mencionadas (i. e. en cierta medida el "programa adaptacionista" *sensu* Gould y Lewontin (1979), sí se ha llevado a cabo en ecología).

OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue el análisis de fenómenos ecológicos como el herbivorismo y características de historia de vida (en particular el tiempo de emergencia), en dos plantas herbáceas anuales, *Datura stramonium* y *Tagetes micrantha*, desde una perspectiva genética y evolutiva.

ESPECIES ESTUDIADAS

A) *Datura stramonium* L. se conoce en México con el nombre vulgar de "toloache". Es una hierba anual robusta, con una arquitectura muy simple, con frutos espinosos y que desprenden un olor desagradable al florar sus hojas (Fig. 1). Tiene una distribución geográfica muy amplia, pues está presente en varios continentes (Weaver y Warwick, 1984). En general, habita en regiones de clima templado o incluso frío, hasta en sitios tropicales y secos. *D. stramonium* es considerada una maleza o planta arvense en los Estados Unidos de Norteamérica, en particular en los cultivos de soya (Weaver y Warwick, 1984), pero en México, aunque penetra en los cultivos, su abundancia en ellos es baja y en general se puede categorizar mejor como planta ruderal, que crece en orillas de caminos, y áreas perturbadas (Cabrales-Vargas, 1991; Núnez-Farfán. 1991).

Varios aspectos de la biología de esta especie, además de su amplia distribución, la hicieron adecuada para abordar preguntas de ecología evolutiva. En primera instancia, aunque es una planta muy conocida por sus compuestos químicos secundarios (fundamentalmente alcaloides a los cuales se les atribuye una función de defensa contra animales herbívoros; Fraenkel, 1959), *D. stramonium* es consumida por varias especies de insectos. La defoliación parcial o total de las plantas por escarabajos de la familia Chrysomelidae reduce la fecundidad de las plantas (Peterson y Dively, 1981). En segundo lugar, esta especie coloniza hábitats nuevos, en ocasiones con pocos individuos, que forman manchones ampliamente esparcidos; su amplia distribución geográfica sugiere que tiene una estructura genética (es decir, la variabilidad se estructura en diferentes niveles, individuos, subpoblaciones, poblaciones; Hedrick, 1983) y por lo tanto es una especie idónea para evaluar las condiciones y los procesos que generan la diferenciación entre poblaciones. Con relación a esto, esta planta confronta condiciones ecológicas muy distintas en diferentes localidades, por lo que también analizamos la importancia de rasgos de historia de vida como blancos de la selección, en particular el tiempo de germinación.

B) *Tagetes micrantha* Cav. (Fig. 2), es una planta anual erecta, cuya altura fluctúa de entre 10 a 40 cm, con tallos que ramifican proporcionalmente con su tamaño; el número de ramas está altamente correlacionados con el número de semillas producidas por individuo. Esta planta germina al inicio de la temporada de lluvias (finales de mayo y principios de junio), floreciendo y fructificando a partir de septiembre hasta finales de noviembre respectivamente, (González-Astorga, 1991). En el caso particular de esta especie, se hizo una descripción detallada de la variación de los tiempos de germinación y su importancia ecológica y evolutiva en la determinación de la adecuación, como pro-



Figura 1 . Características de *Datura stramonium* L. A.- Planta adulta, B.- flor, C.- fruto cerrado que muestra las líneas de dehiscencia, D.- corte longitudinal de una cápsula E.- cápsula abierta, F.- semilla, G.- porción de una flor cuando se ha removido el cáliz y corola: p = pedicelo, s = estilo, v = trazas vasculares, o = ovario, n = disco nectarífero. La escala es igual a 1 cm de A a E; de 1 mm en F, y G está a escala natural. (A-F tomados de Weaver y Warwick 1984; G tomado de Sharma 1972).

ducto de la variación detectada. Para el análisis de la manera en que se relacionan el carácter en cuestión y la adecuación, se estimaron algunos parámetros estadísticos poblacionales como son: adecuaciones asociadas a cada cohorte de germinación; los diferenciales de selección; los gradientes de selección lineal y curvilíneo y las intensidades de selección que están afectando la distribución fenotípica de dicho atributo de historia de vida (ver sección IV Lande y Arnold, 1983; Phillips y Arnold, 1989).

Simultáneamente y usando metodologías demográficas se hizo la cuantificación de la dinámica poblacional de esta especie herbácea.

ACCION DE LA SELECCION NATURAL

A) Datura stramonium.

La teoría ecológica de las interacciones entre plantas y herbívoros considera que muchas características de las plantas, tanto físicas (**v. gr.** espinas) como químicas (**v. gr.** alcaloides), han evolucionado como una respuesta defensiva al ataque por los animales herbívoros. Para que la evolución de estos rasgos defensivos sea posible, es necesario

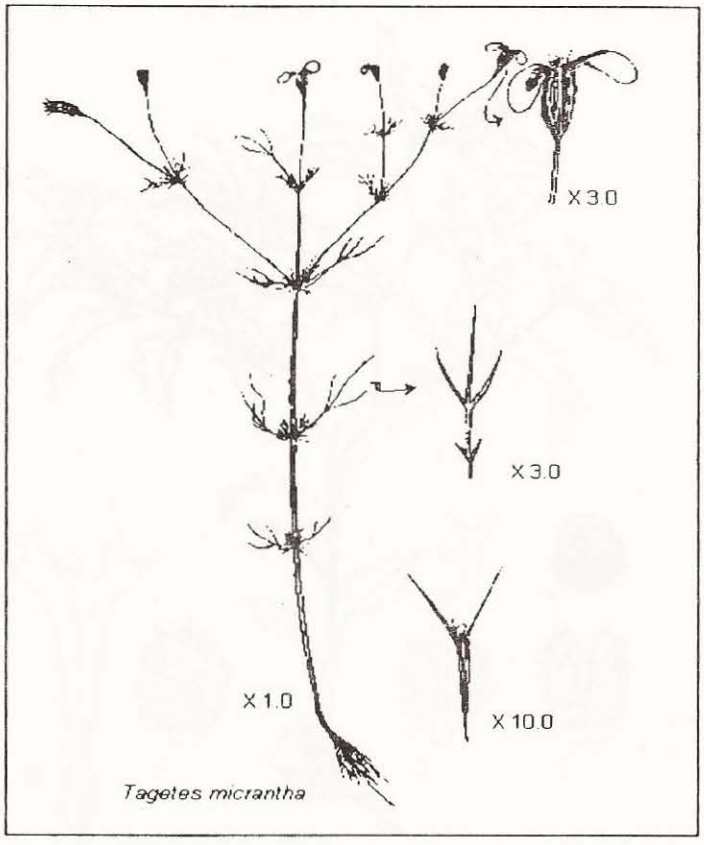


Figura 2. Planta adulta de *Tagetes micrantha* Cav. Se muestran ampliaciones de una cabezuela, una hoja y un aquenio.

que exista variabilidad fenotípica intrapoblacional en tales caracteres, que tenga una base genética, y que el rasgo o fenotipo más resistente a los herbívoros se expanda y prevalezca en la población. Esta expansión puede ocurrir por eventos fortuitos (deriva génica), o por selección natural. Bajo eventos fortuitos es poco probable que el fenotipo más resistente prevaleciera. Por lo tanto, se considera que la alternativa de evolución de la resistencia a los herbívoros por selección natural es mucho más plausible que la evolución por eventos estocásticos. La evolución por selección requiere, además de que en la población debe existir variabilidad en el rasgo que confiere resistencia y heredabilidad del rasgo (h^2), una relación estrecha entre el valor fenotípico de un individuo y su adecuación (w) (ver Lewontin, 1970; Endler, 1986).

La evidencia encontrada hasta ahora indica que muchas de las características de las plantas sí funcionan efectivamente como defensa antiherbívoros (**v. gr.** Marquis, 1992), o sea son adaptaciones (ver Dirzo, 1985). Por otra parte, la evidencia de que los herbívoros reducen la adecuación de las plantas es cada vez más extensa (ver Núñez-Farfán y Dirzo, 1991). Esta evidencia señala que los herbívoros pueden representar una presión selectiva, por lo que la posibilidad de evolución de la resistencia de las plantas a los herbívoros por selección natural es muy factible. Sin embargo, pocos estudios han demostrado si el proceso selectivo opera en las poblaciones contemporáneas, ni si existe variabilidad genética para este rasgo. Con estas premisas en mente, una de nuestras hipótesis fue que la resistencia a los herbívoros en *Datura stramonium* (Solanaceae) es un carácter bajo selección natural.

Otro aspecto de la biología de *Datura stramonium* que puede estar sujeto a la

selección natural es el tiempo de germinación. Esta suele ser una característica muy importante para el éxito en el establecimiento de las plantas y su posterior desempeño, sobre todo cuando se trata de plantas anuales. Las presiones de selección natural que hipotéticamente actúan sobre el tiempo de germinación son dos: i) las ventajas competitivas que proporciona el hecho de germinar pronto, y ii) la seguridad para las plantas que germinan más tarde, de que la temporada de lluvias ya se haya establecido plenamente, de manera que se minimice el riesgo de perecer por falta de agua. Por tanto, nuestra segunda hipótesis fue que el tiempo de germinación está sujeto a selección natural.

Para poner a prueba la primera de estas hipótesis, seleccionamos a la población *D. stramonium* que crece en la Reserva del Pedregal de San Angel, D.F., y medimos la variación en daño producido por los coleópteros (Chrysomelidae) *Lema trilineata* y *Epitrix parvula*, especialistas en alimentarse de plantas de la familia Solanaceae. *Lema trilineata* se alimenta casi exclusivamente de plantas del género *Datura* y llega a producir daño foliar considerable en las plantas de *D. stramonium* (obs. pers.). La hembra de *L. trilineata* oviposita grupos de huevecillos en el envés de las hojas jóvenes y maduras, y las larvas que eclosionan son gregarias y llevan a cabo las mudas en la misma planta. Por esto, cuando alcanzan los estadios mayores, el daño es intenso sobre la planta huésped. Algunas plantas pueden ser defoliadas completamente hasta dos veces durante su vida, que es de cerca de seis meses (obs. pers.). Los resultados de un análisis de regresión parcial del número de frutos (estimador de la fecundidad y componente de la adecuación) producidos por cada planta de *D. stramonium* en el Pedregal de San Angel en 1987 como función de su tamaño (evaluado por medio del número de hojas), así como en función del daño recibido por los herbívoros, indican que ambos caracteres afectan significativamente la fecundidad de las plantas, aunque en el caso del daño por herbívoros el efecto es negativo. Esto evidencia que los herbívoros afectan el número de descendientes (semillas) que cada planta dejará para la generación siguiente, y por lo tanto constituyen un agente selectivo en potencia.

Una vez que las plantas se reprodujeron (y murieron), se colectaron frutos de cerca de 400 plantas (es decir, familias de semillas cuyo parentesco es, al menos, de medios hermanos por vía materna; si la planta se autopoliniza o sólo se cruza con un individuo, los hijos serían hermanos carnales). Estas familias fueron germinadas y en el invernadero se llevaron a cabo cruzas controladas para producir familias de medios hermanos paternos (una planta designada al azar para funcionar como macho, polinizó a dos plantas designadas para funcionar como hembras); las semillas de cada hembra son hermanos carnales, pero son medios hermanos por parte del padre con las semillas de la otra hembra. El objetivo de este diseño de cruza es el obtener la fracción de la varianza en los rasgos fenotípicos de los hijos (por ejemplo, resistencia a los herbívoros, tamaño, producción de frutos, etc.) debida al componente genotípico del padre, el cual es un estimador de la varianza genética aditiva (V_a) y libre de efectos maternos (Ver Falconer, 1981 para mayor detalle en los diseños de la genética cuantitativa). Las semillas obtenidas fueron pesadas y germinadas, y las plantas que emergieron fueron transplantadas a un área dentro del Pedregal de San Angel para exponerlas a las condiciones naturales, sobre todo de herbivorismo.

De las cruzas controladas se obtuvieron 22 familias de medios hermanos paternos (44 de hermanos carnales) y se sembraron de 10 a 15 plantas por familia paterna, haciendo un total 594 plantas. Las plantas fueron atacadas un mes después de establecidas por el coleóptero pulga *Epitrix parvula*, por lo que se estimó el daño relativo que produjo por planta, y se contó el número de hojas por planta como un estimador del tamaño. A la época de reproducción, se tomaron las siguientes mediciones por planta: estatura de la planta, número de ramificaciones, flores y frutos producidos. En esta fase las plantas fueron dañadas por el chapulín *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae), el herbívoro más abundante del Valle de México. Se colectaron todas las hojas de

cada planta y fueron medidas en un medidor de áreas para obtener área foliar total (AFT) y área consumida por herbívoros (AFD) por planta (ver detalles en Núñez-Farfán y Dirzo, en prensa). El cociente AFD/AFT fue usado como el estimador de la resistencia individual (Resistencia = 1 - [AFD/AFT]).

Al final de la estación (noviembre) las plantas fueron colectadas y secadas en un horno para obtener la biomasa total. Las plantas fueron censadas mensualmente para registrar mortalidad. El número total de plantas sobrevivientes fue de 355, con promedio de 16.13 plantas por familia paterna. No hubo diferencias en la supervivencia entre familias ($G = 12.6$, g.l. = 21, $p<0.9$; Núñez-Farfán y Dirzo, en prensa).

HERBIVORISMO

En la figura 3 se puede apreciar una gran variabilidad entre plantas en tres de los caracteres relevantes: tamaño de la planta, y daño por los dos herbívoros. Siendo estos caracteres importantes en determinar la adecuación individual, se procedió a estimar los coeficientes (gradientes) de selección natural fenotípica usando la metodología propuesta por Lande y Arnold (1983; ver también Núñez-Farfán, 1993). Fundamentalmente, el análisis se realiza usando regresión múltiple parcial de la adecuación (variable dependiente) como función de los caracteres que se postulan como foco de la selección (variables independientes). El análisis se realiza usando los valores de cada una de las plantas (análisis fenotípico), mientras que el mismo tipo de análisis ejecutado sobre los "valores reproductivos" (*breeding values*; Falconer, 1981) de las familias de medios hermanos paternos (promedio del valor fenotípico de un carácter de los hijos de las dos hembras apareadas con un macho dado); este análisis determina la magnitud en la cual la selección afecta la varianza genética del carácter. Los análisis de selección permiten conocer el tipo de selección que opera sobre cada carácter, así como el cambio en el promedio y la varianza del carácter en la población. Los modelos son:

$$w_i = \beta_o + \beta_i x_i + \ldots + \beta_n x_n$$

donde w_i es la adecuación por planta (o el promedio por familia paterna si se están usando los valores genotípicos); aquí usamos el número de frutos como estimador de la adecuación. β_o es una constante, β_i es el gradiente de selección direccional del carácter x_i, hasta el n-ésimo. El signo de β_i indica la dirección del cambio en la media de la población. Si el análisis se realiza con las variables reducidas (i. e. X_i/s_i) los gradientes indicarán el cambio relativo en la media producida por selección natural, en unidades de desviación estándar (v. gr. intensidad de selección; Falconer 1981). Para estimar si la selección estabilizadora o disruptiva operó sobre un carácter se usó una regresión cuadrática multivariada, que permite detectar curvaturas (cóncavas o convexas) en la superficie de la adecuación *versus* los valores de los caracteres:

$$w_i = \beta_o + \beta_i x_i + \gamma_i x^2_i + \sum_{i \neq j}^{n} \gamma_{ij} x_i x_j \ldots + \beta_n x_n + \gamma_n x^2_n$$

En este caso, γ_i es el gradiente de selección estabilizadora (γ_i negativa) o disruptiva (γ_i positiva) sobre el carácter x_i hasta el carácter n-ésimo. γ_i indica el cambio en la varianza del carácter x_i ya sea en las unidades del carácter o en términos relativos. El gradiente γ_{ij} indica selección correlativa sobre los caracteres i y j.

La tabla 1 muestra los resultados del análisis de selección fenotípica. El análisis detectó selección direccional positiva en dos caracteres: para valores mayores del daño (menor resistencia) por *Epitrix parvula* y mayor tamaño de las plantas; esto es, que las plantas con tamaños mayores y con mayor daño por *E. parvula* tuvieron, en promedio, adecuaciones mayo-res. Por otro lado, el gradiente de selección direccional para el daño por *Sphenarium purpurascens* fue negativo (selección para valores mayores de resistencia), sin embargo no fue estadísticamente significativo (Núñez-Farfán y Dirzo, en Prensa).

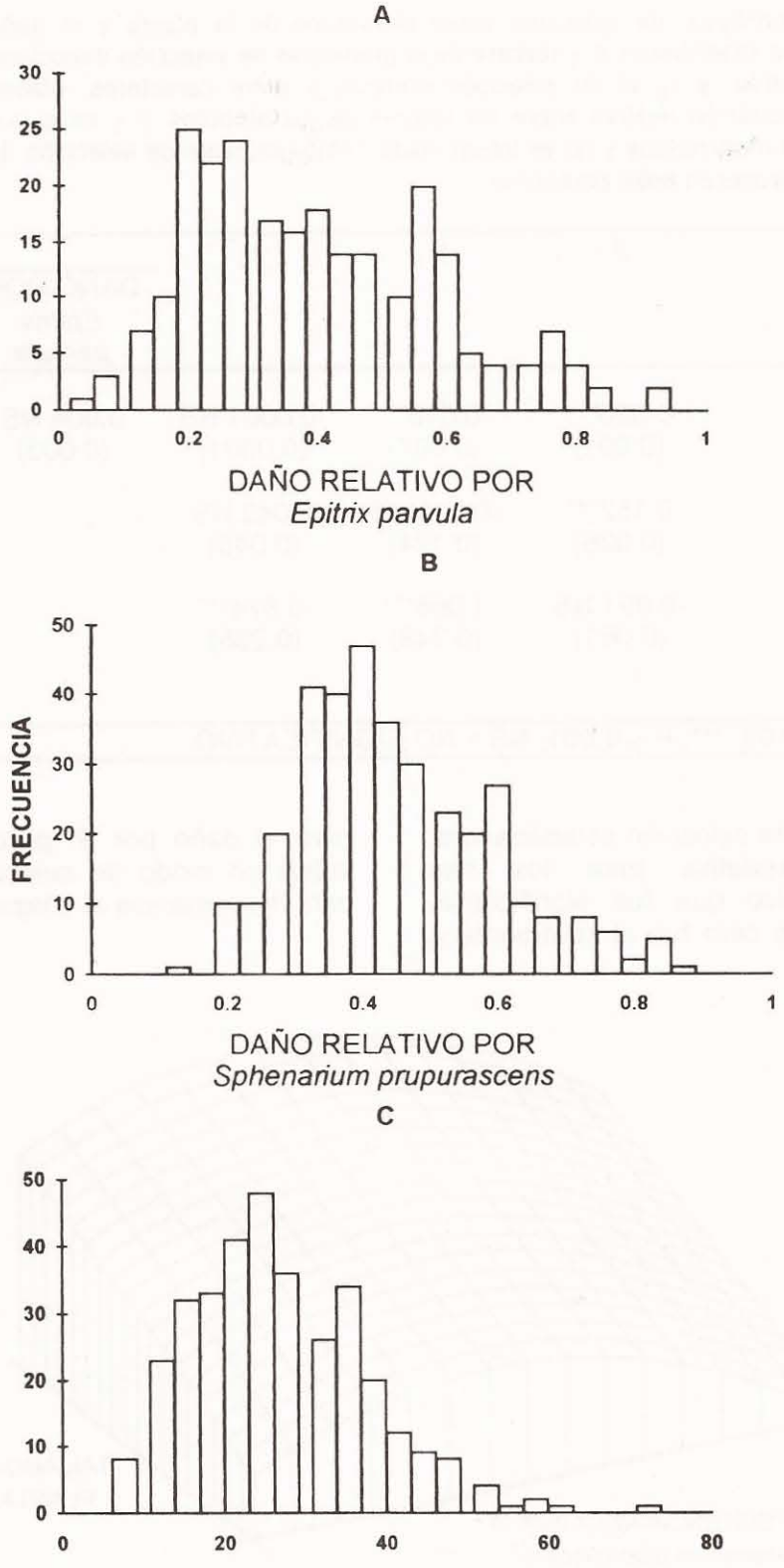


Figura 3. Distribución de los tres caracteres medidos en *Datura stramonium* en el Pedregal de San Angel en 1989. A) Daño a las cuatro semanas, B) Daño a la edad reproductiva, y C) Tamaño de la planta. N= 355.

Tabla 1. Análisis fenotípico de selección sobre el tamaño de la planta y el daño producido por dos herbívoros en *Datura stramonium*. β'_1 representa el gradientes de selección direccional, γ_{ii} el de selección estabilizadora/disruptiva, y γ_{ij} el de selección correlativa entre caracteres, obtenidos a través de la regresión de la adecuación relativa sobre los valores de los atributos. β'_1 es el coeficiente lineal de la regresión cuadrática multivariada y no es interpretado como gradiente de selección. Los errores estándard de los coeficientes aparecen entre paréntesis.

ATRIBUTO DE LA PLANTA	β_i	β'_i	γ_{ii}	γ_{ij}	
				DAÑO POR *Epitrix parvula*	DAÑO POR *Sphenarium purpurascens*
TAMAÑO	0.026*** (0.001)	0.016** (0.007)	-0.0001 NS (0.0001)	0.004 NS (0.003)	0.001 NS (0.003)
DAÑO POR *Epitrix parvula*	0.152*** (0.026)	-0.015 NS (0.124)	0.042 NS (0.048)		0.044 NS (0.148)
DAÑO POR *Sphenarium purpurascens*	-0.091 NS (0.061)	1.066*** (0.348)	-0.874*** (0.235)		
N = 333; **, P ≤ 0.01; ***, P ≤ 0.001; NS = NO SIGNIFICATIVO					

De los gradientes de selección estabilizadora, disruptiva y correlativa para los tres caracteres, el único que fue significativamente diferente de cero fue el coeficiente γ_i para el daño por *S. purpurascens*, el cual indicó un modo de selección estabilizadora para la resistencia al chapulín. Este resultado

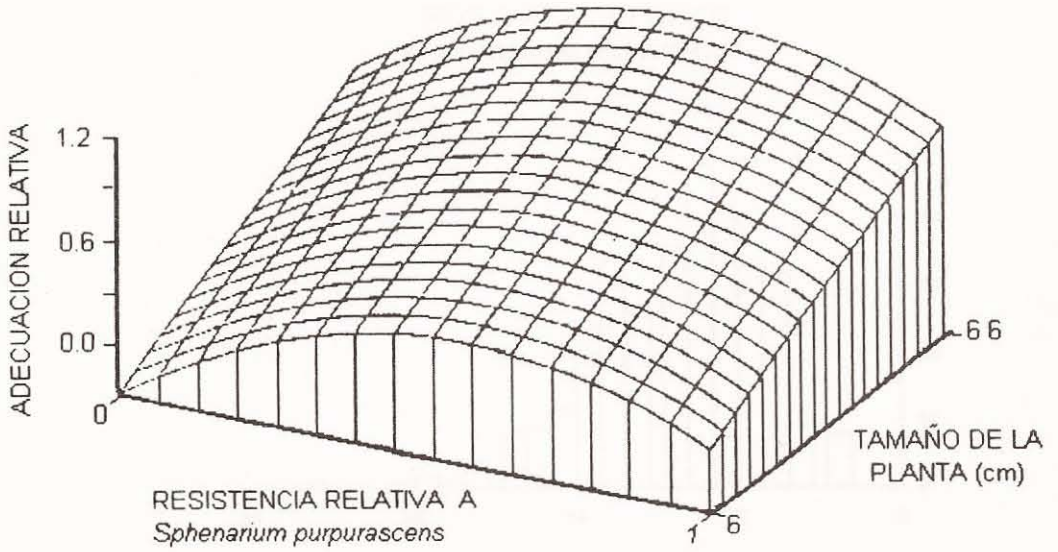


Figura 4. Superficie de adecuación de Datura stramonium con respecto a la resistencia por herbívoros y el tamaño de la planta. La superficie se construyó usando los coeficientes de regresión cuadrática de la tabla 1.

puede verse gráficamente en la figura 4, donde se ilustra la superficie de respuesta de la adecuación relativa individual como función de la resistencia al chapulín y del tamaño de la planta. En este tipo de selección los fenotipos intermedios para la resistencia a los herbívoros mostraron una adecuación mayor, lo que posiblemente pudiera ser explicado por los costos y los beneficios que implica la resistencia: los fenotipos con una resistencia muy elevada, probablemente tienen que asignar menos recursos al componente de adecuación de la reproducción (fecundidad), mientras que los fenotipos con un bajo costo

Tiempo de germinación

En cuanto al tiempo de germinación, debe tenerse en cuenta que en el Pedregal de San Angel la estacionalidad es muy marcada, por lo que el tiempo de germinación puede ser una característica de gran importancia para *Datura stramonium* debido a que si la fecha de germinación se anticipa demasiado, las plántulas pueden morir por estrés hídrico. Sin embargo, también se ha demostrado que la competencia intraespecífica es un factor relevante en el desempeño de *Datura stramonium*, y que las plantas de mayor tamaño

Tabla 2. Gradientes de selección direccional (β_i), estabilizadora/disruptiva (γ_{ii}), y correlativa (γ_{ij}) obtenidos a través de la regresión de la adecuación relativa sobre los valores reproductivos (genotipos aditivos) de los atributos en *Datura stramonium*. Los coeficientes y símbolos son como en la tabla 1.

ATRIBUTO DE LA PLANTA	β_i	β'_i	γ_{ii}	γ_{ij}	
				DAÑO POR *Epitrix parvula*	DAÑO POR *Sphenarium purpurascens*
TAMAÑO	0.650*** (0.108)	0.585*** (0.168)	-0.032* (0.014)	0.625 NS (0.554)	0.501 NS (2.345)
DAÑO POR *Epitrix parvula*	1.509 NS (2.626)	4.285 NS (3.106)	5.425 NS (12.416)		13.109 NS (23.87)
DAÑO POR *Sphenarium purpurascens*	-2.764 NS (4.886)	-2.632*** (7.364)	-21.446 NS (56.66)		

N = 22; **, $P \leq 0.01$; ***, $P \leq 0.001$; NS = NO SIGNIFICATIVO

mientras que los fenotipos con un bajo costo en defensa asignan más a la reproducción pero su adecuación decrece como función del daño por los herbívoros (Simms y Rausher, 1987).

El análisis genético, sin embargo, no detectó los mismos modos de selección que el análisis fenotípico anterior, excepto que se detectó selección direccional positiva para mayores tamaños de las plantas, así como selección estabilizadora para el mismo carácter (Tabla 2).

tienen una clara ventaja competitiva.

Para medir selección fenotípica en el tiempo de germinación se marcaron en una población natural, en el Pedregal de San Angel, las diferentes cohortes de *Datura stramonium*, definidas por su tiempo de germinación. Se detectaron dos cohortes bien definidas, separadas por un promedio de 45 días. Se hizo un seguimiento demográfico de ambas cohortes. La adecuación de cada cohorte se midió como el parámetro R_0 (tasa reproductiva neta). Este se calculó como el número de semillas producidas en promedio por individuo

germinado en la cohorte. En esta medida se distinguieron dos componentes: el primero fue la supervivencia hasta la reproducción, y el segundo fue la fecundidad de los individuos reproductivos.

Los resultados indican que la adecuación de la cohorte temprana fue 20 veces mayor que la cohorte tardía (Tabla 3). De los dos componentes de adecuación que se midieron, el más importante fue la supervivencia a la reproducción, que fue 10 veces mayor en la cohorte temprana que en la tardía, mientras que en la fecundidad de los individuos reproductivos la diferencia fue un factor de dos (figura 5). Por otra parte, hemos encontrado evidencia que el tiempo de germinación en *D. stramonium* es una característica heredable (Núñez-Farfán 1991). La heredabilidad en el sentido amplio (ésta incluye la varianza genética total, no sólo la aditiva, por lo que es una medida más "sucia" que la heredabilidad en sentido estrecho) fue cercana al 22% y fue estadísticamente significativa. Por lo tanto, este carácter es susceptible de seguir evolucionando por selección natural. De mantenerse constante la presión de selección natural se esperaría que la fecha promedio de germinación fuera cada vez más temprana.

B) Tagetes micrantha.

i) Variación natural del tiempo de germinación.

En cada uno de los sitios muestreados se registró la emergencia de las plántulas de esta especie, en períodos de aproximadamente 10 días. Se detectaron nueve cohortes de germinación. El patrón de reclutamiento indica la existencia de una gran variación natural del tiempo de germinación, siendo la media de este atributo de 38 días, con una desviación estándar de ± 22.50.

ii) Detección de la selección natural sobre el tiempo de germinación.

Los análisis estadísticos muestran que durante el período de estudio actuó la selección balanceadora sobre esta característica de historia de vida. Estadísticamente se detectó que el coeficiente de selección curvilíneo fue negativo. Esto indica, desde un punto de vista ecológico, que la selección natural favoreció a aquellas plantas que germinaron alrededor o muy cercanamente a la media poblacional de este atributo. Por otro lado, el diferencial de selección

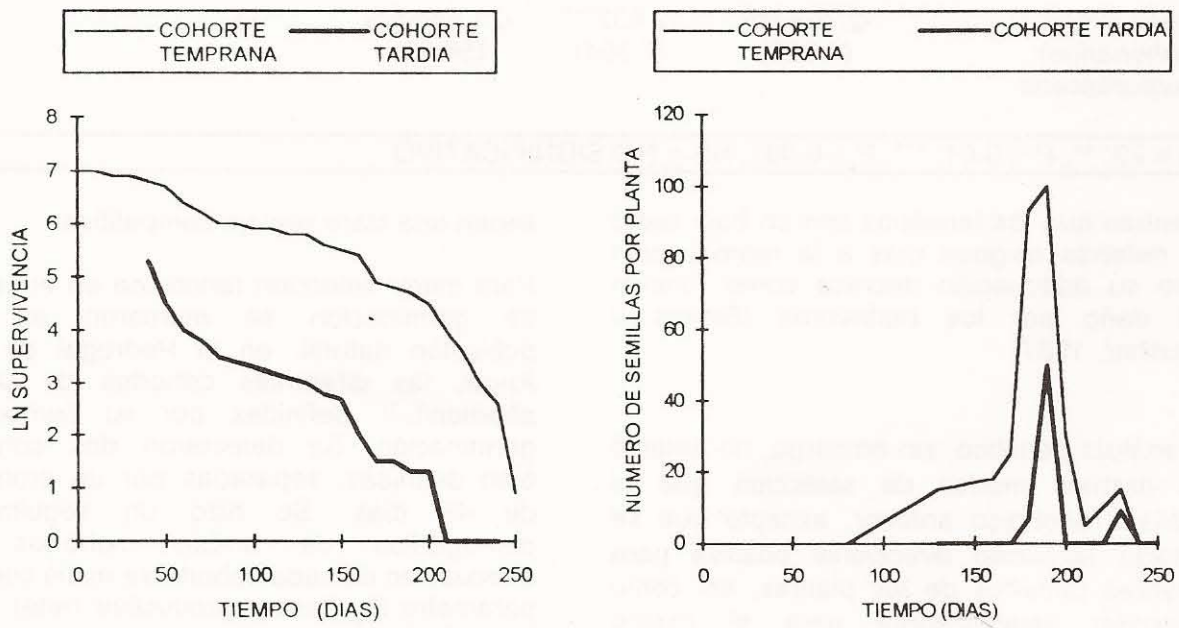


Figura 5. Curvas de supervivencia y fecundidad de dos cohortes de *Datura stramonium* en el Pedregal de San Angel.

Tabla 3. Valores de adecuación relativa[1] para dos cohortes de *Datura stramonium* en el Pedregal de San Angel, D. F. en 1989. La primer cohorte germinó a principios de junio, mientras que la segundaa mediados de julio.

	COHORTE TEMPRANA	COHORTE TARDIA
SUPERVIVENCIA	1.0	0.101
FECUNDIDAD	1.0	0.505
TOTAL	1.0	0.051

[1] La adecuación de la cohorte tardía está expresada como proporción respecto a la de la cohorte temprana.

curvilíneo fue significativamente distinto de cero (C=1.616, P<0.01), lo cual indica que ocurrió un cambio neto en la varianza de 1.6 días, por lo que la nueva varianza después de la acción de la selección es de aproximadamente 22 días. Con respecto a otros estimadores estadísticos, tenemos que la intensidad a la cual actuó la selección natural, en términos de la magnitud de cambio que generó fue de 7.1% de la desviación estándar en la distribución fenotípica del tiempo de germinación, un resumen de estos resultados se muestra en la tabla 4, así como en la figura 6, donde se muestra la relación entre la adecuación (variable de respuesta, que fue medida como el producto de la supervivencia y la reproducción) contra el tiempo de germinación.

DISCUCION DE RESULTADOS

A) Datura stramonium

La respuesta de por qué no existió un efecto de la selección sobre los valores genotípicos de los progenitores paternos en la resistencia a los herbívoros podría estar determinada por la ausencia de variabilidad genética en los caracteres bajo análisis. Las heredabilidades en el sentido estricto (h^2_N) fueron todas, excepto la masa de la semilla, estadística-

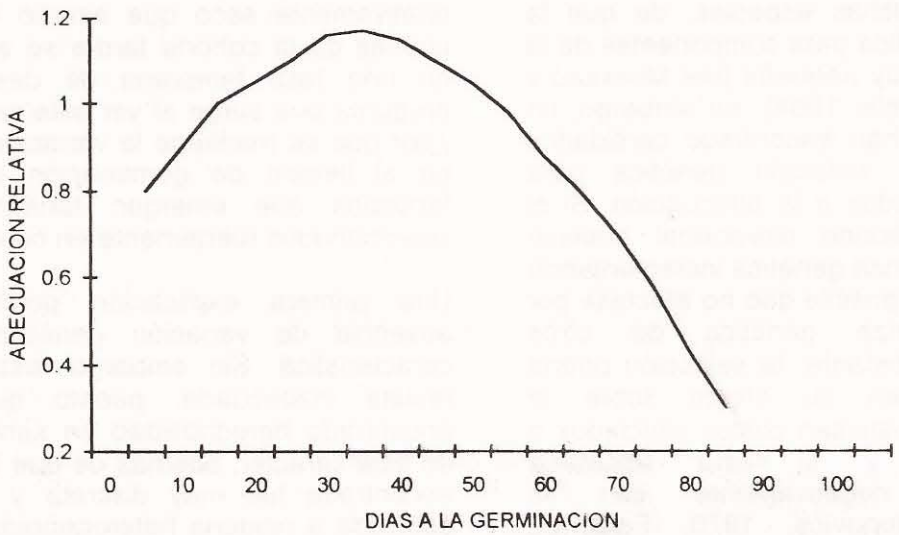


Fig. 6. Esta gráfica muestra la variación de la adecuación relativa de las plantas de *Tagetes micrantha* con respecto a la fecha de emergencia.

Tabla 4. Resultados del análisis de selección natural sobre el tiempo de germinación de *Tagetes micrantha* en el Pedregal de San Angel.

GRADIENTE DE SELECCION			DIFERENCIAL DE SELECCION[2]	INTENSIDAD DE **SELECCION**[3]
β	γ	γ´[1]	C	J
0.001 NS	**-0.00036 NS**	**-0.00811****	**1.6.616****	**0.070****

** $P \leq 0.01$; NS, NO SIGNIFICATIVO
[1] $\gamma' = (\gamma) * (\sigma)$ gradiente estandarizado. σ es la desviación estándard del carácter bajo análisis.
[2] C = Cambio en la varianza del carácter por selección.
[3] $j = C/\sigma$

mente indistinguibles de cero, lo cual indica una fuerte influencia ambiental en el fenotipo de las características analizadas. La ausencia de variabilidad genética aditiva útil a la selección natural podría explicarse básicamente mediante dos hipótesis: 1) Que la variabilidad genética se ha perdido de la población debido a eventos estocásticos (i. e. deriva génica y endogamia), en cuyo caso debiera afectar de manera similar a todos los loci. 2) En segunda instancia, la selección natural pudo haber erosionado la varianza genética para la resistencia a los herbívoros y para otras características asociadas a la adecuación a través del tiempo, según las predicciones del Teorema Fundamental de la Selección Natural de Fisher (1958). Existe evidencia en muchas especies, de que la variabilidad genética para componentes de la adecuación es muy pequeña (ver Mosseau y Roff, 1987; Venable, 1984), sin embargo, en varios casos se han encontrado cantidades significativas de variación genética para caracteres asociados a la adecuación. Si el proceso de selección direccional hubiese eliminado la varianza genética incrementando la resistencia, es posible que no afectase por igual la varianza genética de otros caracteres. No obstante, la selección podría estar limitada en su efecto sobre la variabilidad, si existiesen costos asociados a la resistencia y si ésta estuviese correlacionada negativamente con la adecuación (Antonovics, 1976; Falconer, 1981). La detección de varianza genética para la masa de las semillas y el tiempo de germinación indica que posiblemente no es la deriva génica (aunque la deriva podría causar varianza entre loci) la que ha eliminado la variabilidad genética de los caracteres estudiados en la población de *D. stramonium* en el Pedregal de San Angel, sin embargo se trata de sólo un carácter el cual se conoce, para muchas especies de plantas, que es afectado fuertemente por el genotipo de la madre (efectos maternos) y por el ambiente (Roach y Wulff, 1987; Falconer, 1981).

En el tiempo de germinación se presentó una fuerte presión de selección natural a favor de la germinación temprana, cuya explicación parece ser la competencia intraespecífica, quizá aunado a la incidencia de un periodo relativamente seco que ocurrió cuando las plantas de la cohorte tardía se encontraban en una fase temprana de desarrollo. La pregunta que surge al ver este resultado es, ¿por qué se mantiene la variación fenotípica en el tiempo de germinación cuando los fenotipos que emergen tardíamente son seleccionados fuertemente en contra?

Una primera explicación podría ser la ausencia de variación genética en esta característica. Sin embargo, esta hipótesis resulta inadecuada, puesto que se ha encontrado heredabilidad en sentido amplio en este carácter, además de que la variación encontrada fue muy discreta y no estuvo asociada a ninguna heterogeneidad ambiental evidente. Otra posible causa sería la existencia de variación en la presión de

selección natural a través del tiempo. Existe evidencia de que las presiones selectivas pueden variar de un año a otro y, en consecuencia, el resultado de la selección difiere de acuerdo con ésto. En el arbusto tropical *Erythroxylum havanense* (Erythroxylaceae) se ha encontrado que de acuerdo a la distribución de las lluvias en el inicio de la temporada, se producen distintas respuestas de floración de las plantas y esto afecta de manera importante su adecuación (Domínguez 1990). De esta manera, en algunos años la selección favorece a los individuos que florecen muy rápido una vez iniciadas las lluvias, mientras que en otros años, cuando las lluvias caen irregularmente entre días, la selección favorece a los individuos que florecen tardíamente. Lo importante de remarcar en este estudio es que la adecuación de una planta cualquiera, es superior si florece cuando la gran mayoría de los individuos de la población florece, ya que los polinizadores actúan densodependientemente. Este tipo de selección dependiente de la frecuencia posibilita que la variabilidad genética de tales rasgos sea mantenida en la población siempre que el ambiente siga presentándose en una forma variable temporalmente (Domínguez y Dirzo, en preparación).

Un fenómeno similar al descrito en *Erythroxylum* podría estar ocurriendo en Datura. Sin embargo, no se descarta, además, la posibilidad de que debido a la heterogeneidad espacial de sus hábitats, la selección esté variando espacialmente (no sólo a escalas geográficas amplias sino también a escala pequeña (es decir, dentro de la Reserva del Pedregal de San Angel) (ver Kalisz 1986). Este tipo de selección también mantendría la variación genética en la especie, aun cuando en algunas poblaciones o subpoblaciones esta sea nula.

B) Tagetes micrantha

Se ha demostrado repetidamente que los patrones temporales de germinación de semillas de hierbas anuales se presentan en pulsos de emergencia bien marcados, dando lugar a varias cohortes de germinación (Arthur et. al., 1973; Baskin y Baskin, 1972, 1979a, 1979b; Cabrales-Vargas, 1991; Kalisz, 1986; Molina, 1986; Morales, 1986). En este aspecto *Tagetes micrantha* no se diferencia de otras especies; no obstante, aunque se ha postulado teóricamente que el conflicto entre los componentes de adecuación (supervivencia y reproducción) debiera producir un óptimo de germinación intermedia, éste es uno de los pocos estudios que así lo demuestra.

Respecto a la cuantificación de las causas ambientales que podrían estar determinando el patrón de variación del tiempo de emergencia, se detectó que la precipitación explica el 61.8% de dicha variación (González-Astorga 1991). En este sentido, podría esperarse que parte de la fracción de varianza que no explica el patrón de lluvias esté determinada por factores genéticos, y sería relevante la determinación de la heredabilidad de esta característica de historia de vida, ya que sería la única vía para que la selección natural modificara la varianza genética del rasgo (respuesta genética) de las generaciones sucesivas (Bull, 1987; Kalisz, 1986). La evidencia empírica apunta en el sentido de que la variación de la fecha de emergencia de plantas anuales posee valores de heredabilidad relativamente bajos (Arthur et al., 1979; Venable, 1984; Silvertown, 1985). A modo de ejemplo, Kalisz (1986) en un estudio con la planta anual de invierno *Collinscia verna*, encontró que la heredabilidad del tiempo de emergencia fue de 0.06 con un error estándar de 0.1. En *Impatiens capensis* en donde se detectó que en una de las dos poblaciones estudiadas, la heredabilidad de la emergencia es de 0.5, mientras que en la otra población la varianza genética aditiva asociada al atributo en cuestión no fue significativamente distinta de cero (Mitchell-olds, 1986); en *D. stramonium* se ha detectado variabilidad genética para el tiempo de germinación (Núñez-Farfán 1991).

Como ya se indicó con anterioridad, sí y sólo sí existe varianza genética aditiva asociada a cualquier atributo, éste puede evolucionar por selección natural. En este contexto, algunas observaciones de la variación del tiempo de germinación en una cámara de crecimiento con ambiente controlado mostraron que la germinación en *T. micrantha* podría tener un

componente genético. Es probable que la base genética de este atributo exista para umbrales germinativos que sean desencadenados por algún factor ambiental. Recuérdese que gran parte de la variación de la germinación fue determinada por el patrón de lluvias, apuntando a que esta variable ambiental puede ser el "gatillo" de dicho umbral. La hipótesis sería que todas las semillas que germinaron durante el año de estudio. Estaban diferencialmente distribuídas, y como el patrón de lluvias determina en un alto porcentaje la variación de la germinación, entonces esta puede ser explicada por la sensibilidad fisiológica que tienen las semillas para emerger, (ver Fenner, 1985; Fowler, 1984). En apoyo a esta hipótesis, se ha propuesto que atributos de historia de vida como los patrones de floración poseen base genética, explicándose como un atributo fenotípico umbral en donde la lluvia sería el detonante de la respuesta de floración (Domínguez, 1990).

Respecto a los resultados obtenidos de la acción de la selección natural sobre la variación de la germinación en el lapso de tiempo registrado, esta fue estabilizadora. Con el fin de hacer una interpretación adecuada de este comportamiento demográfico y adaptativo se podría explicar con base en la propuesta de Venable (1984), con su modelo en donde existe un óptimo intermedio de germinación, ocurriendo esto en ambientes favorables. Dada esta interpretación, el óptimo de germinación ocurre cuando el producto de la supervivencia y reproducción, como principales componentes de la adecuación de esta población, se hacen máximos de manera simultánea. De manera complementaria a esta propuesta se puede explicar la dinámica de la emergencia de las plántulas de esta especie, con ayuda de la teoría del "bet-hedging" (apuesta a lo seguro) propuesta por Stearns (1976, 1977). Bajo esta hipótesis, habría una ventaja adaptativa en producir semillas polimórficas ("tempranas", "intermedias" y "tardías", o bien en un gradiente continuo de germinación), a diferencia de plantas que son monomórficas para este atributo (Arthur, et al., 1973; Silvertown, 1985), ya que en aquellos años en donde la fluctuación de las variables del ambiente sean poco predecibles, convendrá producir semillas cuya germinación ocurra tardíamente. Por otro lado, en años en donde las condiciones ambientales sean buenas, disminuyendo al máximo la competencia intraespecífica, se verá favorecido tempranamente. El problema de estos extremos es que no explican las ventajas de la germinación "intermedia" (como lo que ocurrió en esta parte del estudio). Dentro de este último punto, la alternativa es reducir al máximo los riesgos de morir e incrementar la reproducción de manera simultánea, evitando germinar en cualquiera de los extremos, favoreciéndose la germinación intermedia (es decir, la que ocurre alrededor del valor promedio de la distribución fenotípica de la emergencia a lo largo del tiempo).

CONCLUSIONES

Los estudios anteriores en conjunción con otros (ver Eguiarte et al. en este volumen) indican que el conocimiento de los procesos evolutivos que afectan características ecológicas relevantes de las especies, son susceptibles de análisis a través del uso de metodologías derivadas de la ecología de poblaciones y de la genética (Núñez-Farfán 1993). Más que enfatizar los resultados específicos de estos estudios queremos, en ocasión de este segundo simposio del Pedregal de San Angel, resaltar la importancia que esta Reserva tiene no sólo desde el punto de vista de la conservación, sino de su potencial como sistema de estudio de las interacciones entre los organismos y su ambiente, desde un punto de vista evolutivo. Esperamos que en el futuro muchos estudios de esta índole sean llevados a cabo no solo en esta importante Reserva Ecológica sino también en otros sitios aún sin ser "explotados" en su estudio dentro de la Ecología Evolutiva.

LITERATURA CITADA

Antonovics, J. 1976. The nature of limits to natural selection. Ann. Miss. Bot. Gard 63: 224-247.

Arthur, A. E., J. S. Gale y M. J. Lawrence. 1973. Variation in wild populations of *Papaver dubium*. VII. Germination time. Heredity. 30: 189-197.

Baskin, J. M. y C. C. Baskin. 1972. Influence of germination date on survival and seed production in a natural population of *Lavenworthia stylosa*. Amer. Midl. Nat. 88: 318-323.

Baskin, J. M. y C. C. Baskin. 1979a. The ecological life cycle of the cedra glade endemic *Lobelia gattingeri*. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 106: 176-181.

Baskin, J. M. y C. C. Baskin. 1979b. Studies on the autecology and population biology of the weedy monomorpic perennial, *Pastinaca sativa*. J. Ecol. 67: 601-610.

Bull, J. J. 1987. Evolution of the phenotypic variance. Evolution. 41: 303-315.

Cabrales-Vargas, R.A. 1991. Demografía e historia natural de *Datura stramonium* L. en el Pedregal de San Angel con algunas implicaciones evolutivas. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Dirzo, R. 1985. Metabolitos secundarios en las plantas ¿atributos panglossianos o de valor adaptativo? Ciencia (México) 36: 137-145.

Domínguez, C.A. 1990. Consecuencias ecológicas y evolutivas del patrón de floración sincrónico y masivo de *Erythroxylum havanense* Jacq. (Erythroxylaceae). Tesis Doctoral, Centro de Ecología-UACPyP, CCH, UNAM, México.

Domínguez, C.A. y Dirzo, R. (en prep.). Rainfall and flowering synchrony in a tropical shrub: temporal variable selection on the flowering time of *Erythroxylum havanenne*. Remitido a Evolution.

Eguiarte, L. E. 1990. Genética de Poblaciones de *Astrocaryum mexicanum* Liebm. en Los Tuxtlas, Veracruz,. Tesis Doctoral (Ecología), Centro de Ecología-UACPyP, UNAM, México.

Endler, J A. 1986. Natural Selection in the Wild. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Falconer, D. S. 1981. Introduction to Cuantitative Genetics. 2nd., Longman, London.

Falconer, D.S. 1989. Introductiont to Quantitative Genetics. Third ed., Longman, London.

Fenner, M. 1985. Seed Ecology. Chapman and Hall, London.

Fisher, R. A. 1958. The Genetical Theory of Natural Selection. 2nd ed., Dover, New York.

Fraenkel, G. S. 1959. The raison d'Etre of secondary plant substances. Science 129: 1466-1470.

Futuyma, D. J. 1986. Evolutionary Biology. 2a ed., Sinauer, Sunderland, p 600.

González-Astorga, J. A. 1991. Selección natural en el tiempo de germinación en una población natural de *Tagetes micrantha* Cav. (Asteracea) en el Pedregal de San Angel. Tesis de Licenciatura (Biología) Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Goodnight, C. J. 1987. On the effects of founder events on epistatic genetic variance. Evolution 41: 80-91.

Goodnight, C. J. 1988. Epistasis and effect of founder events on the additive genetic variance. Evolution. 42: 441-454.

Gould, S. J. y Lewontin, R. C. 1979. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique or the adaptationist programme. Proc . Roy. Soc . London B. 205: 581-598.

Hedrick, P. W. 1983 Genetics of Populations. Science Books Int Publ, Boston.

Kalisz, S. 1986. Vanable selection on the timing of germination in *Collinsia verna* (Scrophulariaceae). Evolution 40: 479-491.

Lande, R. 1977. Statistical tests for natural selection on quantitative characters. Evolution 31: 442-444.

Lande, R. 1988. Quantitative genetics and evolutionary theory. In Weir, B. S., E. J. Eisen, M. M. Goodman, y G. Namkoong (eds.). Proc. Second Intl. Conf. Quant. Genet. Sinauer, Sunderland, Mass. pp. 71-84.

Lande, R. y Arnold, S. J. 1983. The measurement of natural selection on correlated characters. Evolution 37: 1210-1226.

Lewontin, R. C. 1970. The units of selection. Ann. Rev. Ecol. Syst. 1: 1-18.

Lewontin, R. C. 1974. The Genetic Basis of Evolutionary Change. Columbia University Press, New York.

Lewontin, R. C. 1978. Adaptation. Sci. Am. 239: 156-169.

Marquis, R. 1992. Selective impact of herbivores. Plant Resistance Hervibores, R. S. Fritz y E. L. Simms (eds), Chicago University Press, Chicago, pp 301-325.

Mitchell-Olds, T. y J. J. Rutledge. 1986. Quantitative genetics in natural populations: review. Am Nat 127: 379-402.

Molina, F. 1986. Dinámica de poblaciones de malezas en cultivo de maíz de temporal del Valle de México. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Morales. E. 1986. Variación intraespecífica en la demografía de *Heterosperma pinnatum* Cav. (Compositae), una especie con aquenios polimórficos. Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Mosseau, T. A. y Roff, D. A. 1987. Natural selection and the heritability of fitness components. Heredity 59: 181-187.

Núñez-Farfán, J. 1991. Biología Evolutiva de *Datura stramonium* L. en el Centro de México: Selección Natural de la Resistencia a los Herbívoros, Sistema de Cruzamiento y Variación Genética Intra e Interpoblacional. Tesis Doctoral, centro de Ecología-UACPyP, CCH, UNAM, México.

Núñez-Farfán, J. 1993. Selección natural en el campo: revisión de la evidencia reciente. Tópicos de Biología Evolutiva. Diversidad y Adaptación, J Núñez-Farfán y C Cordero (eds) (Centro de Ecología, UNAM, México, 1993) cap 1.

Núñez-Farfán, J. y R. Dirzo. 1991. Effects of defoliation on saplings of two tropical pioneer trees. J Veg Sci 2: 459-464.

Núñez-Farfán, J. y Dirzo, R. (en prensa). Evolutionary ecology of *Datura stramonium* L. in Central México: natural selection of resistance to herbivores. Evolution.

Pianka, E. 1978. Evolutionary Ecology. 2da. ed., Harper & Row, New York.

Phillips, P. C. Y S. J. Arnold. 1989. Visualizing multivariate selection. Evolution. 43: 1209-1222.

Peterson, B. L. y G. P. Dively. 1981. Effect of feeding by *Lema trivittata* (Coleoptera: Chrysomelidae) on the growth, reproduction, and competitive ability of jimsonweed in soybeans. Proc Northeast Weed Sci 35: 78.

Roach, DA. y R. D. Wulff. 1987. Maternal effects in plantas. Ann. Rev. Ecol. Syst. 18: 209-235.

Sharma, M. 1972. Studies in the flower of *Datura stramonium* L. in relation to bee botany. Journal of Palinology 8: 17-21.

Silvetown, J. M. 1985. When plants play the field. En Evolution. Essays in honour of John Maynard Smith, Edit. por Greenwood, P. J., P. H. Harvey y M. Slatkin. Cambridge Univ. Press.

Simms, E. L. y M. D. Rausher. 1987. Costs and benefits of plant resistance to herbivory. Am Nat 130: 570-581.

Stearns, S. C. 1976. Life history tactics: a review of the ideas. The Quarterly Review of Biology. 51: 3-47.

Stearns, S. C. 1977. The evolution of the history traits: a critique of the theory and review of the data. Ann. Rev. Ecol. Syst. 8: 145-171.

Venable, D. L. 1984. Using intraspecific variation to study the ecological significance and evolution of plant life-histories. In Dirzo, R. y Sarukhan, J. (eds.). Perspectives in Plant Population Ecology. Sinauer, Sunderland, MA.

Weaver, S. E. y S. I. Warwick. 1984. The biology of canadian weeds. 64. *Datura stramonium* L. Can J Plant Sci (1984) 64: 979-991.

Wright, S. 1934. Physiological and evolutionary theories of dominance. Amer. Nat. 68: 25-53.

Wright, S. 1968. Evolution and the Genetics of Populations. Vol. 1. Genetic and Biometric Foundation. University of Chicago Press, Chicago.

Wright, S. 1968. Evolution an the Genetics of Populations. Vol. 3. Experimental Results and Evolutionary Deductions. University of Chicago Press, Chicago.

La introducción de especies a comunidades naturales: el caso de Eucalyptus resinífera Smith.(Myrtaceae) en la reserva "El Pedregal" de San Angel

Saúl G. Segura Burciaga y Miguel Martínez Ramos. Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, UNAM, Apdo. Post. 70-275, Coyoacán C.P. 04510, México, D.F.

RESUMEN

En 1951 se plantaron árboles de *Eucalyptus resinifera* a los lados de caminos vehiculares que circundan actualmente la reserva de "El Pedregal". Esta acción inició un proceso de invasión vegetal sobre una comunidad natural de matorral xerófilo ("malpaís"). En el presente trabajo se documenta el desarrollo de la población de *E. resinifera* desde su introducción a la reserva. Se usaron fotografías aéreas de la zona de estudio para estimar la tasa de crecimiento de la población durante el periodo 1954-1987. Se describió la estructura de la población y su dinámica durante el periodo 1989-1990 a través 10 parcelas (5 m x 250 m) permanentes, distribuidas alrededor de la reserva. Con base en los datos demográficos obtenidos para ese periodo, se construyó un modelo matricial para evaluar la posible trayectoria futura de la población.

La población de *Eucalyptus resinifera* creció a una tasa promedio anual de 9.22% durante 33 años, cubriendo una extensión actual cercana al 8% del área total de la reserva. La preponderancia de individuos pequeños, presumiblemente jóvenes, en la estructura de tamaños de la población sugiere la existencia de una regeneración activa de la especie. El crecimiento actual de la población, sin embargo, es cercano a cero. Al parecer, la escasa disponibilidad de suelo formado en el malpaís actúa como un factor limitante para el crecimiento de la población. Sin embargo, la materia orgánica (en forma de hojarasca) que producen los eucaliptos establecidos hacia el frente de avance de la invasión puede dar lugar a expansiones futuras de la población. El bajo número de individuos reclutados a la población durante el año de estudio sugiere que este supuesto proceso de avance ocurriría a una velocidad muy lenta.

INTRODUCCION

La introducción de especies a una comunidad natural puede alterar procesos que afectan la estructura y el funcionamiento de la misma (Pimm, 1986; Vitousek, 1990). El grado de la alteración depende, por un lado, de la abundancia y patrón espacial de los organismos introducidos, así como de sus características autoecológicas, tales como el ámbito de tolerancia fisiológica y la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r). Por otro lado, la complejidad estructural de la comunidad receptora determina el grado de resistencia a la introducción (Begon *et al.*, 1986). Esto es particularmente cierto para comunidades sujetas a procesos sucesionales.

La complejidad de una comunidad aumenta con el avance de la sucesión en términos de la diversidad de especies (May 1974) y de formas de vida. En ese mismo sentido, se reducen los niveles de recursos disponibles para el establecimiento de nuevas especies (Bazzaz, 1975). De esta manera, las especies que arriban a una comunidad en sucesión tienen mayor posibilidad de establecerse si usan diferencialmente los recursos que demandan las especies ya establecidas (Harper, 1977).

De acuerdo a lo anterior, en el estudio de las consecuencias ecológicas de especies introducidas es importante conocer: i) el estado sucesional de la comunidad al momento de la introducción, ii) la amplitud de tolerancia fisiológica de la especie introducida y iii) el potencial de crecimiento poblacional de la especie en su nuevo ambiente. Por lo tanto, una vez conocidas las características de la comunidad y las propiedades fisioló-

gicas de la especie introducida, el estudio demográfico de tal especie es un paso importante para determinar el derrotero de la introducción.

En el presente trabajo se analizan aspectos demográficos de *Eucalyptus resinifera* con el propósito de evaluar el estado poblacional que guarda esta especie arbórea introducida a la reserva de "El Pedregal". Alrededor de 1951, se plantaron árboles jóvenes de eucaliptos en la comunidad natural de matorral xerófilo ("malpaís"), principalmente a lo largo de los circuitos vehiculares de Ciudad Universitaria y de la Avenida de los Insurgentes (Jerzy Rzedowski, com. pers.). Este hecho dió como resultado la introducción de una especie arbórea a una comunidad en proceso de sucesión primaria, carente aún de un estrato arbóreo desarrollado, y cuyo supuesto clímax es un bosque de encino (Rzedowski, 1954). Presumiblemente, la ausencia de especies arbóreas nativas hizo susceptible al malpaís al establecimiento de especies ajenas de esa forma de vida.

El trabajo que aquí se presenta aporta algunas respuestas a las siguientes preguntas: ¿cuál es la extensión y la abundancia que posee actualmente *E. resinifera* en El Pedregal?, ¿a qué velocidad se ha dado la invasión?, ¿qué forma de avance han seguido estos árboles? y ¿cual es el crecimiento actual de la población y su posible desarrollo futuro?. Este estudio reviste mayor interés si se considera que El Pedregal es la única reserva natural formal dentro de la Ciudad de México y que como consecuencia de la introducción de eucaliptos, ésta podría perder parte de sus componentes biológicos nativos. Al definirse el área destinada a ser reserva, la población de eucaliptos ya se había expandido de manera tal que se consideraron algunas áreas ocupadas por eucaliptos como parte de la misma (Alfonso Valiente-Banuet y Ariel Rojo, coms. pers.).

MATERIALES Y METODOS

Zona de estudio

La Reserva Ecológica de El Pedregal de San Angel, Ciudad Universitaria, México D.F., tiene una extensión total de 146.9 ha., se localiza en la parte baja del Valle de México a una altitud de 2,240 m.s.n.m. El clima en el área se caracteriza por una temperatura media anual de 15.5 °C, con variaciones extremas desde -6 °C, hasta 34 °C y una precipitación pluvial promedio de 870.2 mm anuales (Valiente-Banuet y de Luna, 1990). El sustrato es rocoso, topográficamente muy irregular, con lavas cuyo espesor varía entre los 50 cm hasta poco más de 10 m (Enciso de la Vega, 1979).

La reserva protege a una comunidad vegetal clasificada como matorral xerófilo y descrita por Rzedowski (1954) como *Senecionetum praecocis*, en referencia a la especie dominante del lugar (*Senecio praecox*, Compositae). Este tipo de matorral se encuentra únicamente en la parte central del país y su composición florística tiene diversos orígenes biogeográficos (Rzedowski, 1954). Fisonómicamente, es una comunidad abierta de 1 a 3 m de altura, con un estrato herbáceo desarrollado, uno arbustivo ligeramente menos importante y pocos elementos arbóreos (Rzedowski, 1979). En dicha reserva, se encuentra un total de 301 especies de angiospermas agrupadas en 61 familias (Valiente-Banuet y de Luna, 1990).

La especie de estudio

Eucalyptus resinifera es originario del sureste de Australia (Pryor, 1976). Entre sus características más comunmente documentadas se encuentran: rápido crecimiento (Joyce, 1988), fuerte desarrollo radicular, alta capacidad de absorción de agua, considerable resistencia a la sequía, fuego, y bajas temperaturas (Pryor, 1976), desarrollo bajo escasez de nutrientes minerales (Escobar y Del Valle, 1985), una copiosa producción de semillas que poseen períodos largos de latencia y gran capacidad de regeneración de follaje a través de una abundante población de meristemos aéreos y subterráneos presentes en la estructura llamada lignotubérculo. Esta estructura subterránea tiene un papel importante en la recuperación a daños mecánicos mediante la producción de retoños vegetativos (Harper, 1977) que permiten la sobrevivencia del genet (Pryor, 1976). También se ha documentado que los

individuos de este género, casi no poseen enemigos naturales en los sitios a los que se ha introducido artificialmente (Morrow, 1977, 1978).

En Australia, los individuos de la especie *Eucalyptus resinifera* pueden alcanzar entre 30 y 46 m de altura y un diámetro troncal de hasta 1.2 m. Produce alrededor de 50,600 semillas por kilogramo de peso húmedo, de las cuales germina el 80% en aproximadamente seis días sin requerir de tratamiento previo (De la Lama, 1976). Crece principalmente en clima subtropical (húmedo), con una temperatura media anual de 15.5°C. Puede desarrollarse en varios tipos de suelo: ligeros, arenosos, fértiles, frescos y profundos, aunque también prospera en suelos rocosos y secos (De la Lama, 1976). Todas estas características parecen conferir a esta especie altas probabilidades de invasión.

Parcelas de estudio

En junio de 1989 se establecieron 10 parcelas de 5 m de ancho y 250 m de largo, distribuidos alrededor de la reserva de El Pedregal. La separación mínima entre las parcelas fue de 50 m; cada una de ellas tuvo su origen en el borde de la reserva y su eje longitudinal se dispuso de manera perpendicular al borde. La longitud de los transectos se determinó tomando en cuenta la posición de los árboles de *Eucalyptus resinifera* que se encontraron más internos en la reserva.

Dentro de cada parcela se mapearon a todos los árboles de *E. resinifera* con un diámetro a la altura del pecho (dap, 1.3 m sobre el suelo) $\geq$ 0.1 cm. Cada árbol fue numerado y marcado con un anillo de color a la altura de 1.3 m del tronco, que permitió obtener medidas de dap siempre en la misma posición. Se obtuvieron las siguientes medidas por árbol: i) dap, medido con la ayuda de una cinta diamétrica, ii) radio mínimo y máximo de la proyección de la copa y iii) producción de retoños. La cobertura total se estimo suponiendo una cobertura circular y tomando como radio al promedio de las dos medidas obtenidas. Cuando un árbol tenía más de un tallo $\geq$ 1.30 m de altura, el dap del árbol se obtuvo mediante la relación dap = $(4\Sigma A_i/\pi)^{0.5}$, donde A_i es el área basal de cada tallo.

Patrones estructurales de la población

Tomando al dap como criterio del vigor de los árboles, se describió la estructura de tamaños de la población en términos de la distribución de frecuencias de individuos en categorías de dap. Aún cuando carecemos de estimadores de la edad de los individuos y su relación con el dap, supondremos que los individuos de menor talla son más jóvenes que aquellos de mayor dap. Bajo esta suposición, la estructura de tamaños puede reflejar en parte la composición de edades de la población.

Para describir cómo varía la densidad y la estructura de tamaños de la población con la distancia al borde (frente inicial de avance de la invasión), cada parcela se dividió en los siguientes segmentos: i) 0-50 m del borde, 51-100 m, 101-150 m, 151-200 m y 201-250 m.

Crecimiento de la población desde su introducción

A través de un par de fotografías aéreas estereoscópicas (COVITUR) tomadas en 1954, se hizo un conteo de la población de *Eucalyptus resinifera* que fue originalmente introducida al área que ocupa actualmente la reserva de El Pedregal. Con este procedimiento también se estimó el área de la reserva que estuvo cubierta con estos árboles. Otro par estereoscópico del año de 1987 sirvió para estimar la extensión cubierta por la población en ese año (Segura, 1994). Con el censo realizado en las parcelas de estudio, se estimó la densidad de la población y se extrapoló a la superficie cubierta por eucaliptos. Así se estimó el tamaño total de la población de *E. resinifera* para el año de 1989.

La tasa promedio anual a la que ocurrió la expansión de la población de *E. resinifera* durante el período 1954 a 1987 se calculó como $(A_{1987} - A_{1954})/33$ años. En esta relación A denota la superficie cubierta por la población en cada año respectivo. Por otro lado, el crecimiento poblacional en 33 años se obtuvo mediante la relación (N_{1987}/N_{1954}), donde N es el tamaño de la población para un año dado. Finalmente, se obtuvo una estimación de la tasa promedio anual de crecimiento

poblacional (λ), para este periodo, de acuerdo a la relación $\lambda = (N_{1987}/N_{1954})^{0.03}$.

Crecimiento de la población en el periodo 1989-90

Para seguir la dinámica de la población durante el año de estudio, mensualmente se recensaron a los individuos marcados encontrados en las diez parcelas de estudio, desde agosto de 1989 hasta julio de 1990. En los recensos se registraron los individuos muertos y las plántulas ingresadas (plantas emergidas de la germinación de semillas); estas últimas se mapearon y se les midieron el diámetro a la base del tallo (dab), altura y cobertura. A los individuos sobrevivientes se les tomó el dap y la producción de retoños vegetativos. La tasa de crecimiento de la población para el periodo agosto de 1989 a julio de 1990 se obtuvo de acuerdo a la relación $\lambda_{1989\text{-}90} = (N_{1989} - m + n)/N_{1989}$, donde m y n representan los números de individuos muertos y reclutados durante el año de estudio, respectivamente.

Modelaje de la dinámica de la población

Los valores demográficos obtenidos para el periodo 89-90 se usaron para modelar la dinámica de la población de *Eucalyptus resinifera*. Con este propósito se construyó un modelo matricial tipo Lefkovitch (ver detalles sobre este tipo de modelo en Caswell, 1989). La población fue clasificada en seis categorías de dap: 1) 0.1-1 cm, 2) 1.1-2 cm, 3) 2.1-4 cm, 4) 4.1-8 cm, 5) 8.1-16 cm y 6)>16 cm. Para cada categoría se obtuvieron las probabilidades de permanecer (P_i) o pasar a la siguiente (G_i) de acuerdo con las relaciones $P_i = S_i/N_i$ y C_i/N_i, respectivamente (donde S_i es el número de individuos sobrevivientes de la categoría i que no alcanzaron la talla de la categoría siguiente de un año al otro, C_i es el número de individuos sobrevivientes que pasaron a la siguiente categoría y N_i es el número de individuos en la categoría i al tiempo inicial).

La fecundidad (F_i) de los individuos se estimó como el número promedio de plántulas producidas por individuo promedio perteneciente a la categoría i. Para el cálculo de F_i, las plántulas que ingresaron y sobrevivieron durante el año de estudio se repartieron de manera proporcional entre las categorías diamétricas de acuerdo a la relación $(N_{Ri}/ N_i)/ \Sigma (N_{Ri}/ N_i)$, donde N_{Ri} es el número de árboles de la categoría i que produjeron frutos. Finalmente, el número de plántulas asignada a una categoría dada se dividió entre N_i.

Con el modelo desarrollado, se cálculó la tasa finita de crecimiento poblacional (λ) suponiendo que el valor de los parámetros permanecen constantes y son independientes de la densidad de la población. El modelo se incorporó al programa "Lambda calculation PRG.1 " (Elena Alvarez-Buylla, no registrado), el cual obtiene el valor de λ a través del método de iteración (ver Caswell, 1989). Además, este programa proporciona información para obtener los límites de confianza de λ mediante el método analítico propuesto por Lande (1988, ver detalles en Caswell, 1989).

RESULTADOS

Patrones estructurales de la población de Eucalyptus resinifera en El Pedregal.

La densidad de la población mostró una notable variación entre los sitios de muestreo, como lo muestra el coeficiente de variación de más del 100% para este parámetro entre las parcelas (cuadro 1). Toda la población de *Eucalyptus resinifera* ocupó en 1989 11.8 ha de El Pedregal"(8% del área de la reserva). Si se extrapola la densidad promedio de la población obtenida de las parcelas de estudio (cuadro 1) al área invadida, se puede estimar que existen en la reserva alrededor de 2,756 individuos. Sin embargo, de acuerdo al error estándar obtenido para la densidad promedio, este valor puede oscilar entre 1,015 y 4,508 individuos, considerando un intervalo de confianza del 95%. En los sitios ocupados, la cobertura del follaje de la población es mayor al 75%. Esto quiere decir, que menos del 25% del piso en esos lugares del malpaís se encuentra libre de la influencia inmediata de los eucaliptos.

Parcela	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X± EE	CV
Número de individuos	37	107	26	23	30	32	14	3	6	14	29±9	102.7
Densidad (Inds/ha)	296	856	208	184	240	256	112	24	48	112	234±74	100.9

Cuadro 1. Densidad poblacional de *Eucalyptus resinifera* en 10 parcelas distribuídas a lo largo de los bordes de la reserva del Pedregal de San Angel, C. U. México. Se aportan también el promedio (X), el error estandar (EE) y el coeficiente de variación (CV) por parcela y hectárea.

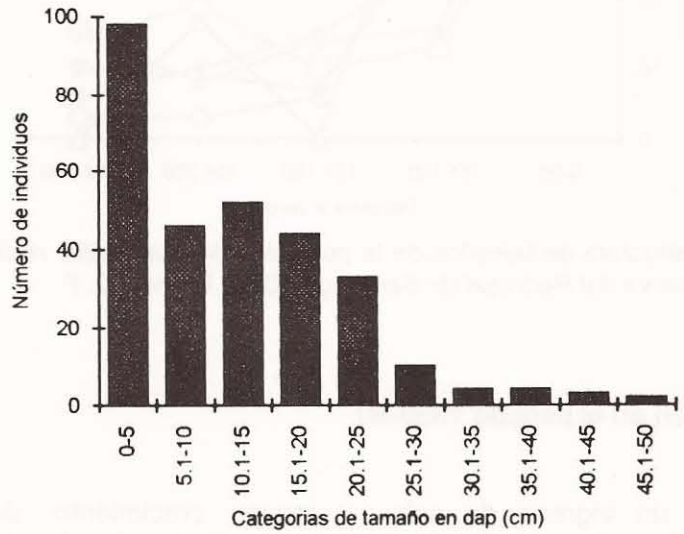


Figura 1. Estructura de tamaños de la población de *Eucalyptus resinifera* en la reserva del Pedregal de San Angel, C. U. México, D. F.

La estructura de tamaños la población mostró una distribución bimodal (figura 1). La moda mayor correspondió a los árboles de menor talla, presumiblemente los más jóvenes. La moda menor se detectó en las tallas intermedias.

El mayor porcentaje de individuos para cada categoría de dap se encontró en los primeros 50 m, excepto los de la categoría menor, cuyo máximo estuvo entre 51 y 100 m del borde (figura 2). Estos resultados muestran un avance de la población de eucaliptos en forma de "frente" (van der Planck, 1960, en Harper, 1977) hacia el interior de la reserva. La mayor cantidad de árboles reproductivos se encontró en el borde y, presumiblemente, éstos representan la fuente principal de nuevos individuos en el proceso de avance. Sin embargo, puede notarse que en algunos sitios existieron árboles de talla grande (reproductivos) que han movido ya el proceso de invasión hasta más allá de los 200 m dentro de la reserva (figura 2).

Crecimiento de la población desde su introducción

De acuerdo a las fotografías de 1954, se estimó que en ese año existían aproximadamente 150 individuos. Esta población cubrió alrededor de 1.46 ha (1% de la actual reserva). Por lo tanto, si N_{1954}=150 y N_{1987}=2,756, se puede estimar que la tasa de crecimiento de la población en 33 años fue 18.4 y λ igual a 1.0922. Esto implica que la población tuvo, en promedio, un crecimiento porcentual anual cercano al 10%, y un tiempo de duplicación (T_d = Ln 2 / Ln λ) de tan sólo 7.8 años.

Por otro lado, el área invadida por *Eucalyptus resinifera* se incrementó a un ritmo anual promedio, de 0.3 ha año^{-1}, equivalente al 0.2% del área total de la reserva.

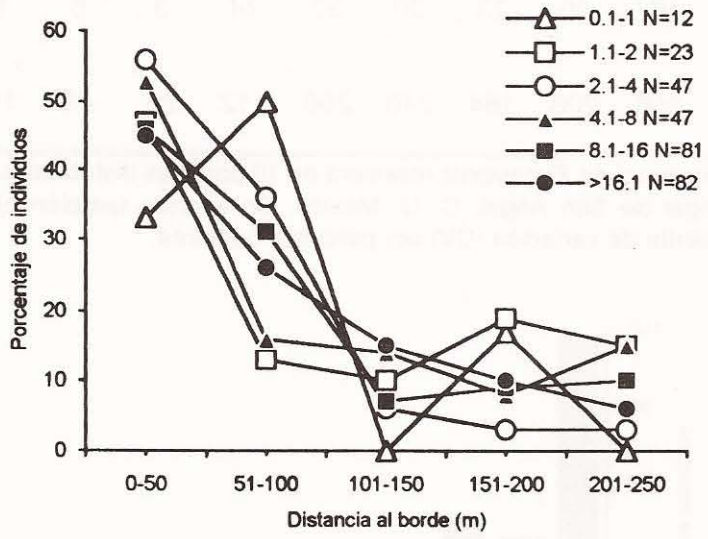


Figura 2. Cambio en la estructura de tamaños de la población de *Eucalyptus resinifera* con respecto a la distancia al borde de la reserva del Pedregal de San Angel, C. U. México, D. F.

Recambio de la población en el periodo 1989-90

Durante el año hubo un ingreso de seis individuos a la población de estudio que compensaron la muerte de un número igual de individuos (cuadro 2). En consecuencia, la población se mantuvo numéricamente igual (es decir, $\lambda_{1989\text{-}90} = 1.0$). Respecto a la distancia al borde, sin embargo, la población cambió de manera diferencial. La mayor actividad de recambio de individuos y el mayor crecimiento de la población se presentó hacia el interior de la reserva, particularmente, más allá de los 150 m a partir del borde (cuadro 2). El crecimiento neto de la población tendió a ser negativo cerca del borde y positivo lejos de este (cuadro 2); sin embargo, esta tendencia no fue estadísticamente significativa ($\underline{X}^2 = 0.12$, g.l. = 2, n.s.).

	Distancia al borde (m)					
	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	TOT
(Po) Población inicial	157	71	20	23	21	292
(Mo) Muertos de (Po)	5	1	0	0	0	6
(Vo) Vivos de (A)	152	70	20	23	21	286
(I) Ingresos	13	6	1	8	6	34
(MI) Muertos de (I)	12	4	1	5	6	28
(VI) Vivos de (I)	1	2	0	3	0	6
(Pf) Población final: (Vo + VI)	153	72	20	26	21	292
(CNP) Crecimiento neto de la población: (Pf)/Po	0.97	1.01	1.00	1.13	1.00	1.00

Cuadro 2. Recambio de la población de *Eucalyptus resinifera* durante el periodo agosto de 1989 a julio de 1990 en la reserva del Pedregal de San Angel, C. U. México, D. F.

Demografía y modelaje del crecimiento de la población

La figura 3 muestra los valores correspondientes al modelo matricial desarrollado para la población de *Eucalyptus resinifera* encontrada en El Pedregal. La proporción de árboles que produjo frutos durante el año de estudio, aumentó fuertemente desde un valor de 0.08 en los individuos de la categoría menor (0.1-1 cm), hasta 1.0 en los individuos de la categoría mayor de dap (Segura 1984). Sin embargo, los valores de fecundidad estimados fueron muy bajos dado el reducido número de plántulas que ingresaron y sobrevivieron durante el año de estudio (6 de un total de 34).

La rapidez con la que crecieron los individuos en diámetro decreció significativamente con el dap (Segura, 1994. Tal situación se refleja en la disminución de la probabilidad de transición (G_i) con el aumento en dap (Figura 3). La probabilidad anual de muerte también decreció fuertemente al aumentar el tamaño de los individuos. Las plántulas ingresadas tuvieron una alto porcentaje de mortalidad (82%) pero los individuos de las categorías siguientes mostraron porcentajes de muerte mucho menores, pasando de 8.3% en la categoría más pequeña, 1.2% en las categorías intermedias (8.1-16 cm) a cero por ciento en las categorías mayores (> 16 cm). Esta tendencia se refleja en el aumento de la probabilidad de permanencia (P_i) de los individuos con el aumento del tamaño de los mismos (figura 3). Algunos individuos de las categorías mayores de dap se redujeron en tamaño ya que perdieron parte de sus ramas basales durante el período de estudio. Este hecho produjo los valores de retrogresión observados en la matriz en las categorías 4 y 5 de dap (figura 3).

El valor de λ obtenido del modelo matricial para la población de *E. resinifera* fue de 1.0100 (límites de confianza: 0.9653-1.0548). Estos valores sugieren que la población se encuentra actualmente alrededor de su equilibrio poblacional.

DISCUSION

Los patrones estructurales y demográficos obtenidos para la población de *Eucalyptus resinifera* en la reserva de El Pedregal documentan un caso de invasión vegetal sobre una comunidad natural de malpaís. La población se ha propagado desde una fuente establecida en los años cincuentas, hasta alcanzar actualmente un tamaño poblacional de tres órdenes de magnitud, cubriendo una extensión considerable de la reserva. Esta proliferación de *E. resinifera* también podría explicarse por eventos de replantación. Sin embargo, no encontramos ninguna referencia de que ésto hubiese ocurrido. Por lo tanto, a falta de esta evidencia, supondremos que los patrones encontrados son el resultado del crecimiento de la población desde la introducción ocurrida en 1951.

		Categorías de dap (cm), 1989					
		0.1-1 (1)	1.1-2 (2)	2.1-4 (3)	4.1-8 (4)	8.1-16 (5)	>16 (6)
1990	(1)	**0.2650**	**0.0408**	**0.0205**	**0.0293**	**0.0174**	**0.1113**
	(2)	*0.6666*	**0.4347**				
	(3)		*0.5217*	**0.8510**	0.0638		
	(4)			*0.1063*	**0.8936**	0.0123	
	(5)				*0.0212*	**0.9135**	
	(6)					*0.0617*	**0.9878**

Tabla de vida de *Eucalyptus resinifera*, vertida en forma de matriz de Lefkovitch, para la población presente en la reserva del Pedregal de San Angel, C.U., México, D.F. Los números subrayados corresponden a las fecundidades (F_i), en negrillas a las probabilidades de permanencia (P_i; en el caso de la categoría mayor se asumió un muerto), en itálicas a las de transición (G_i) y aquellos en forma normal a las de retrogresión (R_i). Las probabilidades de la matriz corresponden al período agosto de 1989 a julio de 1990.

La variación espacial detectada en la densidad de la población probablemente refleja el patrón espacial original de la población introducida. La comparación de las imágenes fotográficas obtenidas para los años 1954 y 1987 apoya esta posibilidad. En la fotografía aérea de 1987, puede notarse que los manchones más densos de eucaliptos corresponden con las zonas que contuvieron individuos en 1954. Por otro lado, el patrón espacial actual de la población puede también reflejar el efecto de factores limitantes al establecimiento de los individuos, distribuidos heterogéneamente en El Pedregal. Como discutimos más adelante estos factores parecen relacionarse con la topografía del lugar.

La forma bimodal que se encontró en la estructura de tamaños de la población (figura 1) puede sugerir que ocurrieron dos eventos puntuales de reclutamiento, temporalmente desfasados. La notable abundancia de individuos de talla pequeña hace suponer que actualmente existe en la población un proceso activo de regeneración. La moda en las tallas intermedias puede asociarse con el grupo de individuos que fueron plantados o que se establecieron justo después de la introducción durante los años cincuentas. Esta interpretación, sin embargo, debe tomarse con cautela dado que desconocemos la relación existente entre la edad de los individuos y su tamaño en el área de estudio. Tampoco podemos desechar la posibilidad de que la estructura de tamaños de la población sea el resultado de fenómenos de interferencia y competencia que crean jerarquías de tamaños entre los individuos de una misma edad (White y Harper, 1970).

La velocidad de invasión procedió a una tasa notablemente alta que sin embargo ha variado con el tiempo. Al momento de la introducción, la tasa inicial de crecimiento de la población fue mayor a la λ promedio estimada para los 33 años. Esto quiere decir que la tasa maltusiana de incremento ($r=Ln\lambda$) de *Eucalyptus resinifera* fue mayor a 0.088. Esta es una tasa notablemente alta si la comparamos con aquellas obtenidas para otras poblaciones de árboles que crecen bajo las condiciones de sus comunidades naturales (Silvertown *et al.* 1993). En la actualidad, sin embargo, la población parece haber alcanzado un estado de equilibrio ($r=0$). Tal cambio en las tasas de crecimiento de la población de *E. resinifera* podría reflejar un proceso de colonización de un hábitat que se encontraba abierto y que con el tiempo ha disminuido.

El establecimiento de *Eucalyptus resinifera* en El Pedregal tal vez fue favorecido por el estado sucesional en el que se encuentra el malpaís. Presumiblemente, esta comunidad vegetal representa un estadio intermedio de un proceso sucesional primario cuyo clímax es un encinar (Rzedowski 1954). La ausencia de un estrato árboreo desarrollado quizá dió oportunidad a los eucaliptos de ocupar un "nicho" aún abierto. Bajo el postulado de "similitud limitante" se espera que las especies parecidas en atributos fisiológicos y morfológicos (y por extensión, similares ecológicamente) demanden recursos esenciales en forma muy similar (Harper, 1977). En consecuencia, bajo un ambiente limitado en recursos, puede esperarse que especies de una misma forma de vida morfológicamente equivalentes) interactúen competitivamente en mayor grado que especies de diferente forma de vida.

Los resultados obtenidos sobre la dinámica de la población a corto plazo y aquellos obtenidos del modelo matricial indican que el proceso de invasión ha disminuido. De hecho, nuestras estimaciones sugieren que el crecimiento de la población *Eucalyptus resinifera* actualmente se ha frenado. Herbívoros y otros enemigos naturales pueden desempeñar un papel en esta tendencia. Sin embargo, nuestras observaciones de campo no sugieren que estos factores bióticos sean importantes para la dinámica de la población. Durante el año de estudio, no apreciamos daños evidentes por herbivoría a nivel de todos los estadios de vida y sólo un árbol, de más de 300 observados, pareció morir debido a una enfermedad.

No sabemos si la disminución del crecimiento de la población se debió a que algún proceso de agotamiento de recursos, importantes para el establecimiento de los eucaliptos, empezó a operar a medida que la población

creció. El aparente equilibrio poblacional, sugiere la existencia de efectos dependientes de la densidad sobre las tasas demográficas de *Eucalyptus resinifera*. Los datos que apoyen esta idea se encuentran aún por obtener.

Podemos plantear, sin embargo, que la baja disponibilidad de suelo formado en el malpaís, ha jugado un papel importante en el descenso del crecimiento de la población de eucaliptos. La mayor parte de la superficie del malpaís se conforma de rocas basálticas, grietas entre estas rocas y escasamente por suelo formado (Enciso de la Vega, 1979; Valiente-Banuet y de Luna 1990). Tal variación del sustrato puede representar un mosaico con distintas condiciones para el establecimiento, crecimiento y reproducción de los individuos de *Eucalyptus resinifera*. Posiblemente, la roca desnuda limita el establecimiento de los eucaliptos. Bajo la ausencia de suelo, un pobre desarrollo de las raíces de estos árboles puede afectar de manera negativa la captura de agua y nutrimentos así como la capacidad de sostenimiento mecánico.

Nuevos estudios experimentales, que enfoquen su atención al desarrollo de plántulas bajo condiciones contrastantes de sustratos pueden probar las ideas anteriores. De ser éstas ciertas, sin embargo, queda abierta la interrogante del porqué tal limitación ambiental no operó desde que los eucaliptos fueron introducidos. Es curioso que los sitios que han recibido depósitos de cascajo y tierra, como los camellones y lugares cercanos a los caminos vehiculares, tengan gran abundancia de eucaliptos. Posiblemente, la población creció preferentemente donde tales depósitos crearon un suelo incipiente.

En todo caso, el proceso de formación de suelo puede haberse ya acelerado en los sitios ocupados por los eucaliptos. La abundante hojarasca producida por estos árboles y la descomposición de la misma, aportan material orgánico a la formación de suelo. La condición para el crecimiento futuro de la población de *Eucalyptus resinifera*, puede depender entonces de este proceso de formación de suelo. A medida que los árboles encontrados en el frente de avance de la población crecen, se crean condiciones favorables para el ingreso de nuevos individuos. Dado el bajo número de plantas reclutadas a la población, que se registraron en el año de estudio, es esperable que este proceso se esté llevando a cabo a tasas muy lentas.

Literatura citada

Bazzaz, F., A. (1975). Plant species diversity in old field successional ecosystems in southern Illinois. Ecology, 56, 485-488.

Begon, M., Harper, J. & Townsend, C. (1986). Ecology, individuals. populations and communities. Blackwell, 876 pp.

Caswell, H., (1989), Matrix population models. Sinauer, Associates, Inc., 328 pp.

Del Moral, R. & Muller, C. (1970). The allelopathic effects of *Eucalyptus camaldulensis*. The American Naturalist, 83 (1), 254-282.

De la Lama, G. (1976). Atlas del eucalipto. Inst. Nal. de Inv. Agrarias, e Inst. Nal. para la Conservación de la Naturaleza, España, Vol. I y II.

Enciso de la Vega, S. (1979). Las lavas de El Pedregal. Ciencia y desarrollo, 25: 89-93.

Escobar, L. M. y Del Valle, J. I. (1985). La nutrición mineral en plántulas de *Eucalyptus saligna*. Investigaciones forestales, INDERENA, Colombia, No. 16, 16 pp.

Harper, J. L. (1977). Population biology of plants. Academic Press., 892 pp.

Heywood, V. H. (1989). Patterns, extents and modes of invasion by terrestrial plants. Biological Invasions, SCOPE, 31-55.

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

Kohli, R. K. (1990). Allelopathic potencial of *Eucalyptus*. Project Report, MAB-DOEN Project. India, 199 pp.

Lande, R. (1988). Demographic models of the northern spotted owl (*Strix occidentalis caurina*). Oecologia, 75, 601 607.

May, R. (1974). Stability and complexity in model ecosystems. Princeton, 265 pp.

Morrow, P. A. (1977). Host specificity of insects in a community of three co-dominant *Eukalyptus* species. Australian Journal of Ecology, 2, 89-106.

Morrow, P. A. (1978). Tree ring evidence for chronic insect suppression of productivity in subalpine eucalyptus. Science 201 (29), 1244- 1246.

Pimm, S. L. (1986). Community stability and structure, Conservation Biology. Sinauer Associates Inc., 309-329 pp.

Pryor, L. D. (1976). Biology of *Eucalyptus*. The Institute of Biology´s, Studies in Biology no. 61, Edward Arnold, 82 pp.

Rzedowski, J. (1954). Vegetación del Pedregal de San Angel. An. Esc. Nac. Cien. Biol., IPN, 8: 59-129.

Rzedowski, J. (1979). Vegetación de México. Limusa, 432 pp.

Segura, S. G. 1994. Estudio poblacional de *Eucalyptus resinifera* Smith. (Myrtaceae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel, C. U., México, D. F. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM.

Silvertown, J., Franco, M., Pisanty, I. y Mendoza, A. (1993). Comparative plant demography relative importance of life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. Journal of Ecology, 81, 465-476.

Valiente-Banuet, A y De Luna G.E. (1990). Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Angel, México, D.F. Acta Botánica Mexicana, 9, 13-30.

Vitousek, P.M. (1990). Biological invasions and ecosystem processes: toward an integration of population biology and ecosystem studies. Oikos, 57, 7-13

White, J. y J. L. Harper. (1970). Correlated changes in plant size and numbers in plant populations, Journal of Ecology, 58, 467-485

Biología reproductiva y tamaño efectivo en *Echeveria gibbiflora*: Un homenaje a Sewall Wright

Luis E. Eguiarte,[1] Víctor Parra[2] y Fabián Vargas[1]

1 Centro de Ecología, UNAM,
2 Escuela de Biología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnología, Universidad Autónoma de Yucatán.

"I predict that historians and biologists in the twenty-first century will look upon Wright as perhaps the single most influential evolutionary theorist of this century".

W.B. Provine (1986)

INTRODUCCION

En 1989, cuando escribimos la versión original de este trabajo, se cumplieron 100 años del nacimiento de Sewall Wright (1889-1988), uno de los evolucionistas más importantes del siglo. Este trabajo constituye un intento de homenaje a su vida y obra.

Uno de los parámetros más importantes pero menos comprendidos de la genética de poblaciones, es el llamado tamaño efectivo de una población N_e, el cual determina la magnitud de la deriva génica. Tanto la deriva génica como el tamaño efectivo de la población fueron inicialmente descritos y estudiados por Sewall Wright. En este trabajo revisamos el concepto de tamaño efectivo y su estimación para la planta *Echeveria gibbiflora*, una crasuláceas polinizada por colibríes, en la reserva del Pedregal de San Angel, C.U., D.F.

Sewall Wright y el modelo de los equilibrios cambiantes.

Sewall Wright dedicó su vida fundamentalmente al estudio de los patrones de coloración en los cobayos, y sus investigaciones en biología evolutiva fueron, cuando menos en un principio, un apéndice a estos trabajos. Aprendió matemáticas de forma autodidacta ya que en su familia había una fuerte tradición matemática, para poder resolver problemas empíricos de análisis de sus datos de genética (Provine, 1986). Entre 1912 y 1931 publicó alrededor de 60 artículos, principalmente sobre la genética de los cobayos y sobre los efectos de la endogamia, y no es sino hasta 1931 cuando publicó su primer artículo específico sobre genética de poblaciones, aunque antes había publicado algunas revisiones y comentarios de libros. Inicialmente su obra tuvo muy poco impacto, ya que fue poco comprendida por los biólogos de la época. Posteriormente Wright publicó varios artículos discutiendo puntos de vista de R. A. Fisher, otros trabajos puramente teóricos y otros analizando datos obtenidos por el grupo de T. Dobzhansky. Una de sus contribuciones más importantes a la teoría evolutiva es su serie de trabajos sobre lo que él llamó el "aislamiento por distancia" (1938, 1940, 1943a, 1946). Estos trabajos constituyen un intento por demostrar que la deriva génica puede ser importante aún en poblaciones aparentemente continuas a lo largo de áreas muy grandes, si la capacidad de dispersión de la progenie es limitada (para una revisión de los principios de genética de poblaciones y evolución, ver Eguiarte, 1986, 1990). Sin embargo su obra magna sería su tratado en cuatro tomos "Evolution and the genetics of populations" (1968, 1969, 1977, 1978) donde redondea sus ideas y métodos y presenta una extensa revisión de la literatura del campo.

Wright pensaba que la endogamia y la deriva génica jugaban un papel importante en el proceso adaptativo, al permitir que se formaran combinaciones que la selección

natural no favorecería inicialmente, pero que podrían conducir a la obtención de nuevas adaptaciones. También consideraba que las especies estaban constituidas por una gran cantidad de subpoblaciones entre las cuales habría un flujo génico moderado. Sus ideas las sintetiza en su modelo de los equilibrios cambiantes (shifting balance) (1932, 1978) en el que propone el concepto del paisaje adaptativo (adaptive landscape). En este modelo la selección, al aumentar la adecuación promedio de las poblaciones, las llevaría a los "picos adaptativos" o genotipos de mayor adecuación. La deriva y la endogamia harían que algunas de las poblaciones "vagaran" por la topografía adaptativa; eventualmente alguna población llegaría a los pies de un pico más alto; al escalarlo aumentaría de tamaño la población (ya que una buena medida de la adaptación puede ser este tamaño), y por lo tanto la deriva génica y la endogamia serían cada vez menos importantes. La población que se encontrara en el pico adaptativo más alto comenzaría a "enviar" migrantes a las otras poblaciones, que eventualmente serían arrastradas al nuevo pico, dándose de ésta forma un proceso adaptativo más rico en opciones en donde se juntan todas las fuerzas evolutivas, que uno determinado exclusivamente por la selección natural. Así, para Wright la deriva génica es una fuerza evolutiva muy importante y la selección natural no es todopoderosa (ver también Eguiarte, 1986 y Eguiarte y Souza, 1993).

Este modelo ha tenido una importancia muy grande en el desarrollo de la biología evolutiva (Provine, 1986; Hartl y Clark 1989; Slatkin, 1989), aunque su relevancia ha sido cuestionada por algunos autores (Provine, 1986; Nei, 1986).

Deriva génica y tamaño efectivo.

El estimador de la magnitud de la deriva génica en una población es el parámetro denominado tamaño efectivo ($\underline{N}_e$). El tamaño efectivo es el número de individuos reproductivos que presentaría una población ideal en la que se tendría la misma tasa de incremento en el índice de fijación ($\underline{F}$), o la misma tasa de incremento en la varianza en las frecuencias alélicas entre subpoblaciones idénticas, o la misma tasa de pérdida de la heterocigosis que en la población real estudiada (Wright, 1931; Crow y Denniston, 1988; Hartl y Clark, 1989; Eguiarte et al, 1993).

A partir de las fórmulas obtenidas por Wright en 1931 se puede considerar que un proceso está determinado fundamentalmente por la selección natural, por el flujo génico o por la deriva génica según se muestra a continuación:

Fuerza Evolutiva	Es importante si:	Es poco importante si:
Selección Natural y/o Flujo Génico	$2N_em>1$ $2N_es>1$	$2N_em<1$ $2N_es<1$
Deriva Génica	$4N_es<1$ $4N_em<1$	$4N_es>1$ $4N_em>1$
Deriva Génica, Flujo Génico y Selección Natural	entre $4N_es$ o $4N_em$ $2N_es$ o $2N_em$	

donde N_e es el tamaño efectivo de la población, $\underline{s}$ es el coeficiente de selección y $\underline{m}$ es la tasa de migración (ver Eguiarte, 1986; Hartl y Clark, 1989). Posteriormente Kimura y colaboradores demostraron que en algunas condiciones la deriva génica puede ser importante hasta valores de $\underline{N_e}/\underline{m}$ de alrededor de 5 (ver Kimura, 1983, pag. 220). En otras palabras, si existen tamaños efectivos pequeños, sólo van a ser importantes la selección o la migración si éstas llegan a ser muy intensas.

Una población ideal en genética de poblaciones debe cumplir con los siguientes requisitos (Crow y Denniston, 1988; Hartl y Clark, 1989; Eguiarte et al, 1993)

a) Debe ser diploide.
b) Debe presentar reproducción sexual.
c) Debe ser posible la autofertilización.
d) Los apareamientos deben ser estrictamente aleatorios.
e) El número de los hijos de cada individuo en la población (tanto en su expresión masculina como femenina) debe seguir una distribución aleatoria (o sea de Poisson).
f) Las sobrevivencias deben ser aleatorias con respecto al genotipo.
g) Debe tener generaciones discretas.
h) La población debe tener unos limites claramente definidos, o sea que debe ajustarse, por ejemplo, al modelo de "islas" de Wright (1940, 1951) o al de "stepping stone" de Kimura (Kimura y Ohta, 1971).
i) No debe actuar ninguna otra fuerza evolutiva.

Si se viola cualquier supuesto, el número de individuos real de la población va a ser distinto de su tamaño efectivo N_e.

Generalmente el tamaño efectivo es menor que el número de individuos real (censal).Así, un índice útil puede ser N_e/N, el cual generalmente toma valores menores de 1 (Crawford, 1984a). Sin embargo, la estimación del tamaño efectivo representa un problema muy complicado si las poblaciones no presentan una estructura de "islas", o sea si estas no tienen límites claramente definidos, o si existe "aislamiento por distancia", esto es, si una población no es panmíctica, sino que los individuos más cercanos geográficamente tienden a aparearse más entre ellos de lo que se esperaría por azar (Wright, 1946). Por ejemplo, en el caso de plantas este "aislamiento por distancia" se genera porque el polen y las semillas tienden a viajar distancias relativamente cortas, y en su mayoría quedan alrededor de la planta progenitora (Levin y Kerster, 1974; Van Dijk, 1985, 1987; Eguiarte, 1990; Eguiarte et al. 1993).

La vecindad genética

Inicialmente, Wright (1943 a y b, 1946; Provine, 1986) propuso su modelo del "aislamiento por distancia" para tratar de entender la evolución de especies con distribuciones muy amplias. Estas especies no forman una sola "gran población" en todo el ámbito de distribución, sino que se pueden definir poblaciones (o subpoblaciones) dadas por la distribución de las distancias a las cuales llegan los genes de un individuo. Así se podría definir un área dentro de la cual se pueden encontrar a ambos de los progenitores de un individuo en el centro de dicha área, y se puede considerar que ambos fueron tomados al azar. A dicha área fue denominada por Wright como "neighborhood", la vecindad genética (ver Figura 1). Esta vecindad sería por lo tanto el equivalente a la unidad panmíctica, y multiplicando esta área por el número de individuos reproductivos se puede hacer una estimación del límite superior del tamaño efectivo de una población, el cual posiblemente disminuiría al considerar las otras desviaciones en relación a la población ideal (Crawford, 1984a; Eguiarte et al, 1993). Así, la vecindad en poblaciones distribuidas espacialmente en dos dimensiones sería el área dentro de un círculo con un radio de dos veces la varianza axial en la dispersión de los hijos, considerando que la media de esta dispersión es cero, (debido a que algunos hijos quedan en una dirección y otros en otra); dentro de esta área tendremos el 86.5% de los padres. Por lo tanto la vecindad sería (Wright, 1943a, 1946) (Figura 1):

Es importante recalcar que la varianza que se utiliza en todas estas fórmulas es la varianza axial, que es la varianza en un solo eje, y que equivale a la mitad de la varianza en dos dimensiones, que es la que generalmente se mide (Crawford, 1984b).

La fórmula de Wright fue modificada por Levin y Kerster (1968) para considerar las dos formas como se mueven los genes en las plantas, ya sea como polen o como semillas, introduciendo ambos componentes a la fórmula mostrada en el párrafo anterior. Posteriormente, considerando que el polen es haploide, Crawford (1984b) demostró que

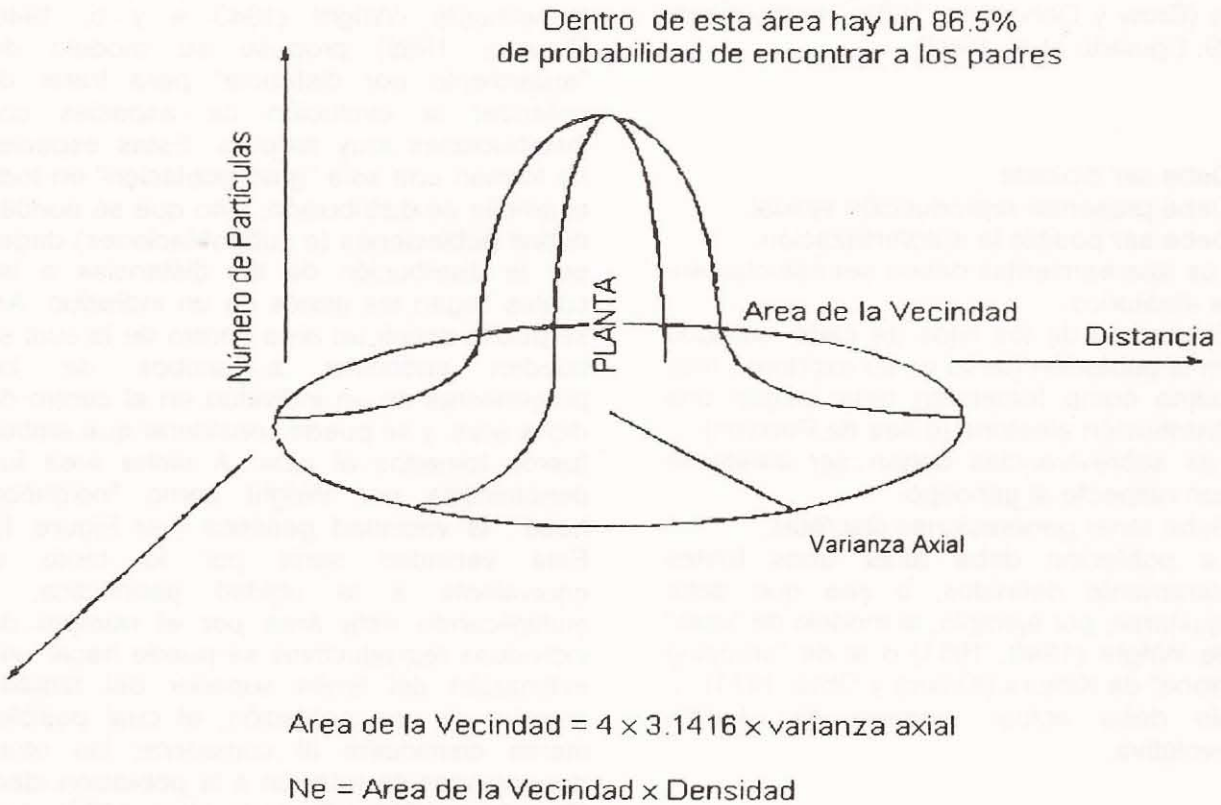


Figura 1. Representación gráfica del área de la vecindad genética según S. Wright. Vecindad = 4 x 3.1416 x (varianza en la distancia donde se establecen los hijos). Y una estimación del tamaño efectivo sería: N_e = Vecindad * densidad de individuos reproductivos por m^2

la manera correcta de usar ambas varianzas es:

Varianza axial total = (1/2 Varianza axial del polen) + varianza axial de semillas

Asimismo, Crawford (1984b) demostró que dependiendo del cociente (Varianza axial del polen/Varianza axial de semillas) se puede tener dentro de la vecindad desde el 86.5% de los progenitores (si el cociente es muy pequeño), al 81.6% de los mismos (si el cociente es grande, de más de 10). El número de progenitores de cada sexo dentro de la vecindad no es igual, y si el cociente anterior es infinito se llega al caso extremo en el cual se mueve mucho el polen y las semillas permanecen inmóviles, en el área de la vecindad tendríamos el 100% de las madres y solo el 63.2% de los padres, el promedio de ambos nos da el 81.6% que señalamos anteriormente. Si el cociente llega a 0, se tiene el caso opuesto en el cual el polen no se mueve y las semillas se mueven mucho, y en este caso tendríamos en la vecindad el 100% de los padres y el 73% de las madres, que otra vez promediados nos dan el 86.5% que mencionamos (Figura 1).

La fórmula de la vecindad puede ser corregida si las distribuciones del polen y/o las semillas no son normales (Wright, 1969; Beattie y Culver, 1979; Vargas, 1988), o se puede tomar en cuenta las tasas de polinización cruzada (t, Crawford, 1984a).

LA ESPECIE Y EL SITIO DE ESTUDIO

En este trabajo presentamos datos sobre la biología reproductiva de la planta *Echeveria gibbiflora* (Crassulaceae) en la reserva del Pedregal de San Angel, C.U. México.

La reserva del Pedregal de San Angel representa una zona única en el valle de México, ya que se encuentra relativamente poco perturbado, debido que la capa de basalto no la hace apta para la agricultura o ganadería, sin embargo se ha usado extensivamente para vivienda. De cualquier forma, se han reportado cambios recientes en la fauna local y su efecto en la biología reproductiva de *Manfreda brachystachya*, planta fundamentalmente polinizada por murciélagos (Eguiarte y Búrquez, 1986, 1988, Búrquez et al., presente volumen).

Echeveria gibbiflora es una roseta suculenta perenne con tallos gruesos, de unos 5 cm de diámetro, generalmente postrados. Las rosetas presentan un diámetro promedio de 26 cm en individuos reproductivos, con unas 15 hojas, éstas de 12 a 30 cm de largo y de 7 a 15 cm de ancho. La propagación asexual es relativamente poco importante, y la mayor parte del reclutamiento es por semillas (Larson, 1992 y en este volumen). Cada año se reproducen, a partir del mes de octubre hasta el mes de enero. Un individuo reproductivo presenta en promedio 1.8 inflorescencias, mismas que son paniculadas y pueden alcanzar hasta 1 m de altura. Las flores son hermafroditas, con 10 estambres y 5 estilos, pediceladas y de color rojo, de unos 2.5 cm de largo. En una inflorescencia se encuentran 120 botones florales en promedio (datos de Parra, 1988; Vargas, 1988; Larson, 1992).

BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE *ECHEVERIA GIBBIFLORA*

Las observaciones de biología reproductiva se realizaron principalmente en el invierno de 1986 a 1987. A partir del tamaño de las rosetas se encontró que se puede predecir la magnitud del evento reproductivo (Número de flores = 5.2 x (radio de la roseta en cm) + 38.2, n= 52, r= 0.47, $p<0.05$). Asimismo, el tamaño de las rosetas esta correlacionado con el número de frutos producidos (Número de frutos = 5.0 x (Radio de la roseta en cm) - 2.76; n= 52, r = 0.55, $p<0.05$), lo que señala que las plantas más grandes invierten más recursos en la reproducción.

Las flores permanecen abiertas unos ocho días. Desde el primer día las flores exponen parte de su polen a los visitantes, pero hasta el tercer día se encuentran en el nivel mas alto de polen.

La estructura de las flores, con las anteras a la misma altura que los estigmas, facilita la autocruza al momento de introducir el pico el colibrí, sugiriendo que la planta es una autógama facultativa. El cociente polen/óvulos (Cruden, 1976), de 124.9 (promedio granos de polen por flor = 36,137.1, promedio óvulos por flor = 289.3), también indica que la planta es una autógama facultativa.

Para estimar la producción de néctar se embolsaron al amanecer flores y se tomaron muestras de 10 flores cada 2 horas. A cada flor se le midió el volumen (con micropipetas de 10 microlitros) y la concentración del néctar acumulado (con un refractómetro con compensación de temperatura American Optical 10432). La concentración promedio del néctar fue de 43.7% en equivalentes de sacarosa $\pm$ 6.77% D.E. (n=70) y no cambia significativamente ni a lo largo del día ni entre días. Esta concentración de néctar es relativamente alta si se le compara con el valor de otras flores polinizadas por colibríes, las que generalmente presentan concentraciones de alrededor del 20% (Cruden et al., 1983; Parra, 1988; Arizmendi y Ornelas, 1990). El volumen de néctar acumulado aumenta en la mañana, para llegar a un máximo de 14.5 microlitros a las 9:20 de la mañana. El volumen si corresponde a los reportados en otras especies de plantas polinizadas por colibríes, que tienen un promedio de unos 9 microlitros (Cruden et al, 1983). El volumen total acumulado por flor en 24 horas si cambia significativamente en el tiempo (ANOVA F = 6.36, $p<0.001$), siendo significativamente mayor de los días 4 a 6 (Parra et al, 1988).

También se estimó la "cosecha en pie" de néctar, que corresponde al néctar disponible para los polinizadores en flores no embol-

sadas, a diferentes horas del día. Este volumen se mantiene relativamente constante a lo largo del día (ANOVA, F=0.50, NS), con un volumen promedio de 8 microlitros por flor.

Usando los datos de concentración y volumen de néctar se puede estimar los miligramos de azúcar tal como sugiere Bolten et al. (1979), que nos da un promedio de 5.09 mg. de azúcar, ± 1.41 D.E. (n=54) por flor (Parra, 1988), casi el doble del promedio reportado para flores polinizadas por colibríes por Cruden et al. (1983) (2.9 mg de azúcar), aunque dentro del rango (0.31 a 12.0 mg de azúcar).

El único visitante legítimo registrado en 36 horas de observación fue el colibrí *Cynathus latirostris* (Trochilidae). Este es un colibrí más bien pequeño, que pesa unos 3.2 g, con dimorfismo sexual en la coloración, y pico recto de largo intermedio de unos 2.1 cm de longitud (Arizmendi, 1987).

Las inflorescencias son a veces visitadas por *Psaltriparus minimus* (Aegithalidae), una ave gregaria e insectívora, pero aparentemente no visita a las flores, sino que colecta áfidos, los cuales llegan a ser muy abundantes en las inflorescencias (Parra, 1988). Nunca se registraron abejas de ningún tipo visitando las flores, ni legítima o ilegítimamente (como podría ser robando néctar, como lo hacen con varias otras especies de la reserva; Martínez del Río y Búrquez, 1986; Eguiarte y Búrquez, 1987). Como la mayor parte de las especies de colibríes, *C. latirostris* presenta dos picos de actividad, uno en la mañana, alrededor de las 9:00 hrs. y otro alrededor de las 16:00 hrs. La especie es territorial, aunque estos territorios son muy plásticos, pero en promedio contienen alrededor de 361 flores repartidas en unas 32 inflorescencias, lo que equivale a unos 18 individuos reproductivos (Parra, 1988).

Polinizaciones controladas indican que la planta es completamente autocompatible, tanto en la producción de semillas como la de frutos (Tabla 1). Sin embargo se necesita de la visita de algún polinizador para que las flores produzcan semillas (Tabla 1, Autopolinizaciones automáticas). Estos datos sugieren que esta especie aparentemente está limitada en su fecundidad, cuando menos en parte, por los polinizadores, dado que al hacer las polinizaciones manuales aumentan significativamente la producción de frutos (Bierzychudek, 1981; Eguiarte y Búrquez, 1988). Experimentos preliminares sugieren que las tasas de germinación de las semillas resultado de autopolinizaciones y la fecundación cruzadas son muy similares (porcentaje de germinación semillas producto autopolinización = 86.6%; polinización cruzada = 93.3%) (Parra, 1988). Esta depresión endogámica tan pequeña o nula sugiere que la autopolinización es común en esta planta (Charelsworth y Charleswoth, 1987; Eguiarte y Piñero, 1990), reforzando las ideas surgidas a partir de las observaciones sobre la mecánica de las visitas y de la proporción polen/óvulos, de que es una especie autógama facultativa.

MOVIMIENTO DE POLEN EN ECHEVERIA GIBBIFLORA

El movimiento de polen se midió de dos maneras diferentes. En la primera se observaron directamente los vuelos de los colibríes, estimandose para cada vuelo la distancia a que se movía el pájaro entre planta y planta. Estas observaciones se realizaron en enero y febrero de 1987, acumulandose un total de 50 horas de datos (Vargas, 1988). Este método ha sido muy utilizado (ver Levin y Kerster, 1974; Schmitt, 1980) y supone que no existe el llamado "acarreo de polen" (pollen carry-over), o sea se considera que todo el polen removido de una flor se deposita en la siguiente. Por lo tanto, si existe algo de acarreo de polen, aunque sea muy pequeño, se esta subestimando el movimiento del polen. Un problema adicional de este método es que los movimientos a grandes distancias de los polinizadores no pueden ser cuantificados, dado que no se puede observar de donde vienen los visitantes.

El segundo método consistió en la aplicación de polvos fluorescentes, los cuales se considera que se mueven de manera análoga al polen (Handel, 1983; Eguiarte et al, 1983). Las ventajas de este método es que se reducen subjetividades y se puede estimar el acarreo de polen. La principal

Tabla 1. Producción de frutos y semillas en diferentes tratamientos de polinización en *Echeveria gibbiflora* en el Pedregal de San angel, C. U., D. F., en el año de 1987.

Tratamiento	N	Producción de frutos %	Producción de semillas %
Flores en condiciones naturales	10	55.6 B[1]	35.5 A
Polinización cruzada	10	88 A	43.5 A
Autopolinización manual	10	85.6 A	38.8 A
Autopolinización automática (flores embolsadas)	10	42.8 C	1.62 C

[1] Letras iguales significan que no son significativamente distintas, p>0.01.

crítica a estos métodos es que el polen no se comporta de manera idéntica a estos polvos fluorescentes (se podría dispersar en mayor o menor grado), aunque en términos generales se comportan de manera muy parecida (ver Waser, 1982, 1988). Otro posible problema que comparte con el método anterior es que movimientos a larga distancia del polen son difíciles de ser detectados, ya que generalmente no se muestrea áreas muy grandes para buscar los polvos fluorescentes en estigmas. El método seguido por nosotros fue aplicar polvos en flores activas en la mañana y regresar al obscurecer para revisar flores con una lámpara portátil de luz ultravioleta (Ultra Violet Products Inc., MSL-48). Las flores que presentaban partículas fluorescentes fueron cortadas, previa medición de la distancia de éstas a la fuente de polen marcado y se examinaron los estigmas en un microscopio de disección para contar el número de partículas fluorescentes, tal como sugieren Waser y Price (1983). Estos datos se obtuvieron entre dos temporadas, en invierno 1986 a 1987 y en invierno de 1987 a 1988 (Vargas, 1988).

MOVIMIENTO DE SEMILLAS EN *ECHEVERIA GIBBIFLORA*

Las semillas de *E. gibbiflora* son dispersadas primariamente por el movimiento de las inflorescencias por el viento. Ya en el suelo posiblemente sean dispersadas secundariamente por animales como hormigas y ratones, ó por el viento y el agua. Para estudiar su dispersión primaria se montaron trampas de semillas que consistían en pedazos de tela de 40 cm de ancho y 240 de largo, en las cuales se aplicó vaselina sólida. Se utilizaron tres tamaños de inflorescencias (0-50 cm, 50 a 100 cm y más de 100 cm) y se colocaron cuatro trampas orientadas al Norte, Sur, Este y Oeste (Vargas, 1988).

VECINDAD GENETICA Y TAMAÑO EFECTIVO DE *ECHEVERIA GIBBIFLORA*

Los promedios y sus desviaciones estándar de las distancias a las cuales se mueve el polen y las semillas se muestran en la Tabla 2. Sobre el movimiento de polen, tal como se podría esperar debido al fenómeno del acarreo de polen, la distancia media es mayor para el caso de los polvos fluorescente que para la estimada directamente de los vuelos de los colibríes, pero en ningún caso llega a más de 8 m (Vargas, 1988). La media de la dispersión de las semillas es mayor que las medias del polen (Tabla 2), y no se encontraron diferencias significativas en la dispersión de las semillas ni para las distintas alturas ni para las diferentes direcciones (Vargas, 1988), por lo que se presenta un solo valor.

Para estimar la vecindad genética de Wright (1943a y b, 1946, 1968, 1969, 1977) el primer paso es obtener los valores de las varianzas axiales en polen y semillas estimadas a partir de las distancias comentadas en el párrafo anterior, usando las fórmulas propuestas por Crawford (1984 b), así como las correcciones para desviaciones a la normalidad que sugieren Wright (1969), Beattie y Culver (1979) y el mismo Crawford (1984a).

Así:

Varianza axial = sum distancias^2/2n (Crawford, 1984a)
Curtosis = (n sum X^4/ sum $X^2)^2$

Para estimar que tanto afecta la desviación a la normalidad en ambas distribuciones, primero aproximamos por iteracciones de la siguiente ecuación el valor de a, a partir de la curtosis obtenida previamente:

Curtosis = [(Gama(a)xGama(5a)x$Gama^2$ (3a)] -3 (Wright, 1977)

donde Gama es la función gama de X (Abramowitz y Stegun, 1965). Si la distribución es normal, Curtosis = 0 y a = 0.5; si es leptocúrtica Curtosis > 0 y a > 0.5; si es platicúrtica Curtosis < 0 y a<0.5 (Beattie y Culver, 1979). El factor del área se obtiene de la siguiente fórmula en la que utilizamos el valor de $_a$ estimado anteriormente:

Factor de Area = $2^{(2a)}$ x Gama (2a +1) x Gama(a) x $Gama^{-1}$ (3a)

Si la distribución es normal, este factor es igual a cuatro. En la Tabla 2 también se reportan las varianzas axiales para las dos estimaciones del polen, las cuales otra vez resultaron más altas para los polvos fluorescentes. Para el polen ambas estimaciones son leptocúrticas, por lo que se debe corregir la fórmula, obteniéndose valores de Factor de Area menores de 4 (Tabla 2).

La distribución de la distancia de las semillas es normal (Tabla 2), por lo que no se requiere de correcciones y el Factor de Area permanece en 4. El Area de Vecindad se obtiene multiplicando el Factor de Area por 3.1416 por la varianza axial, en el caso de las semillas, ó por 1/2 de la varianza axial para el polen (debido a que es haploide). La vecindad total es la suma de la vecindad del polen más la de las semillas (Crawford, 1984 a y b) y en este caso resulta de 16.97 m^2, usando como estimación mas confiable del movimiento del polen la derivada a partir de los datos de polvos fluorescentes.

Para obtener una primera aproximación del tamaño efectivo, se requiere multiplicar el área de vecindad por la densidad de individuos reproductivos en el área (Crawford, 1984a). En las partes con mayores densidades de individuos de *E. gibbiflora* se estimaron 2.34 individuos por m^2 mientras que en las partes periféricas de la población estudiada se obtuvieron unos 0.33 individuos por m^2, siendo en promedio unos 1.28 individuos por m^2 (Vargas, 1988). En la Tabla 2 se muestran las estimaciones de la vecindad para cada estimación del movimiento de los genes, y considerando a los polvos fluorescentes como el mejor estimador el movimiento de polen. Esta primera aproximación del tamaño efectivo de la población de *E. gibbiflora* va de un mínimo de 5.6 individuos a un máximo de 39.7, con un promedio de 21.7. Estos valores posiblemente sean subestimaciones de tamaño efectivo por vecindad real, ya que no se pudieron estimar movimientos de polen a largas distancias ni la dispersión secundaria de las semillas.

Sin embargo, son sin lugar a dudas menores a 100 individuos, tamaño que se considera muy pequeño, y por lo tanto en esta población la deriva génica va a jugar un papel preponderante en su microevolución (Crawford 1984a; Eguiarte, 1986). Es interesante comentar que el área de vecindad estimada por éste método (unos 22 individuos) es casi idéntica al número de plantas de *E. gibbiflora* defendidas en promedio por los colibríes polinizadores en sus territorios (que es de unas 18 plantas, Vargas, 1988), confirmando la idea de que la vecindad genética de esta especie es muy pequeña (ver también Parra et al, 1993).

DISCUSION

Especifidad en la polinización

La mayor parte de los mutualismos, y particularmente los sitemas polinizador-planta, se caracterizan por ser muy poco especificos, interactuando gran cantidad de animales con muchas plantas (Eguiarte, 1983; Arizmendi, 1987), excepto una serie de ejemplos bien estudidados (Orquídeas-abejas euglosas, yucca-polillas tegeticulas, higos-avispas agaonidas, Eguiarte, 1983).

Tabla 2. Estadística de medidas de movimiento de genes para *Echeveria gibbiflora* en el Pedregal de San Angel., C. U., D. F.

Método	X	n	V(0)	K(0)	a	F. A.	Vec.	N_e[1]		
								Baja	Alta	X
Polen vuelos	0.72	216	0.648	14.86	1.75	3.43	3.49	1.1	8.2	4.5
Polen polvos	0.92	679	0.869	5.27	1.23	3.86	5.27	1.7	12.3	6.7
Semillas	1.07	8868	0.931	0.0	0.5	4.0	11.70	3.9	27.4	15.0

x: es la media en metros.
n: números de datos.
V(0): es la varianza axial considerando que la media de la dispersión real es 0 (ver texto).
K(0): es la curtosis de la distribución considerando que la media es 0, si es positiva indica que la distribución es leptocúrtica, si es negativa indica que es platicúrtica.
a: parámetro estimado para obtener posteriormente el factor de corrección del área; si es de 0.5 la distribución es normal.
F.A.: factor de corrección del área para estimar las vecindades; si la distribución es normal, F. A. toma valores de 4.
Vec.: área de vecindad genética, en metros cuadrados.
N_e.: estimación del tamaño efectivo debido exclusivamente a ese componente del flujo génico, para distintas densidades de individuos reproductivos (baja = 0.33 ind. m cuadrado; alta 2.34 ind. m cuadrado; promedio 1.28 ind. m cuadrado.

Las posibles ventajas de la especialización en la polinización para las plantas podrían ser el reducir la competencia por polinizadores con otras especies de plantas y minimizar los problemas que representan el recibir polen de otras especies en los estigmas (Eguiarte, 1983). Para los animales, las ventajas de la especialización en la polinización serían la de evitar la competencia con otros animales y reducir el tiempo invertido en aprender como utilizar las flores y llegar a hacerlo de manera más eficiente (Eguiarte, 1983). Sin embargo, especializarse en este tipo de mutualismos tiene un posible costo que puede ser muy importante, especialmente en ambientes cambiantes y/o impredecibles: si llega a faltar alguno de los interactuantes (animal o planta), la otra especie va a sufrir una pérdida de su adecuación, ya sea en términos de una reducción en su fecundidad y/o en su sobrevivencia (Eguiarte y Búrquez, 1988). El sistema de polinización formado por *Echeveria gibbiflora* y el colibrí *Cynanthus latirostris* en el Pedregal de San Angel es realmente muy especializado, aunque sólo para la planta, ya que se sabe que *C. latirostris* visita de manera oportunista gran cantidad de especies (Eguiarte y Búrquez, 1987; Arizmendi y Ornelas, 1990; Arizmendi et al, este volumen). Esto es notable tomando en cuenta que en el invierno, en el sur del valle de México se pueden detectar cuando menos otras 8 especies (Parra et al, 1993 y ver también trabajos por Arizmendi et al. en este volumen). Es poco probable que realmente *C. latirostris* sea su polinizador coadaptado, pero para esto habría que estudiar a *E. gibbiflora*, en otras localidades, aunque un dato interesante es que la distribución de ambas especies se sobrepone (la de la planta esta incluida en la del colibrí) y la distribución del género *Echeveria* es casi idéntica a la de *C. latirostris* (Parra, 1988).

Una hipótesis alternativa es que esta aparente especialización sea más bien un efecto de la extinción local de algunas especies en el Pedregal de San Angel (ver Eguiarte y Búrquez, 1988; y Búrquez et al, este volumen). Tal vez la hipótesis más atractiva es que las otras especies de colibríes, más que haberse realmente extinto,

lo que hacen es alimentarse en los jardines bien regados que rodean el Pedregal, en donde se encuentran disponibles grandes cantidades de flores a pesar de que es la época de secas.

Sin embargo, dado que *E. gibbiflora* sólo tiene una especie de polinizador, la extinción local de este polinizador podría afectar de manera importante a la planta. En relación a su tamaño efectivo, lo haría aún más pequeño, lo cual tal vez no sea muy importante, y sólo haría que la deriva génica y la endogamia fueran más intensas. Donde si podría afectar la extinción local del colibrí sería en la reducción de la fecundidad de la planta, ya que como demostramos, si no existen polinizadores la producción de semillas en un fruto pasa del 35.5% del total de los óvulos a sólo el 1.6%. Esta bajísima fecundidad, aunada con la deriva génica, haría muy probable la extinción de la especie (Lande, 1988; Eguiarte y Piñero, 1990). Eguiarte y Búrquez (1988) demostraron una disminución en la fecundidad en *Manfreda brachystachya* del 75% en el Pedregal de San Angel debido al decremento en las poblaciones locales de sus principales polinizadores, que son murciélagos nectarívoros, pero esta planta es mucho más generalista y se han detectado que la visitan más de 12 especies de organismos que seguramente la polinizan secundariamente (Eguiarte y Búrquez, 1987).

Movimiento de polen

El uso de polvos fluorescentes para estimar el movimiento de polen es algo relativamente común (Waser, 1982, 1988; Waser y Price, 1983; Handel, 1983; Webb y Bawa, 1983; Vargas, 1988; Eguiarte, 1990; Eguiarte et al, 1993), y si bien su comportamiento no es idéntico al del polen, generalmente su correlación es razonable (Waser, 1988). En la literatura se pueden encontrar varios estudios similares al aquí descrito, como el de Linhart (1973) en el que estudió los movimientos de análogos de polen, en este caso tintes no-fluorescentes, para varias especies de *Heliconia* spp. en Costa Rica, polinizadas por colibríes, y encontró que en los casos en los que los colibríes eran territoriales el polen rara vez se movía más de 20 m, mientras que si no eran territoriales era común encontrar dispersiones de más de 150 m. Webb y Bawa (1983) estudiaron los movimientos del polen usando polvos fluorescentes en *Malvaviscus arboreus*, un arbusto polinizado por colibríes y en *Cnidoscolus urens*, una hierba anual polinizada por mariposa. Ellos encontraron que en la primera especie raramente se encontraron polvos a más de 100 m, mientras que para la segunda la mayor parte del polen se queda a solo unos 8 m, sin embargo las densidades de individuos sugieren un número potencial de consortes similares para ambas especies, de entre 8 a 140 individuos para la primera y de 0 a 61 individuos para la segunda. En un estudio para dos hierbas perennes de la familia Acanthaceae, también polinizadas por colibríes, *Hansteinia blepharorachis* y *Razisea spicata*, Linhart et al. (1987) encontraron que para la primera, rara vez el polen se movía más de 2 m, mientras que en la segunda se encontró una proporción bastante alta de estigmas con polen a más de 30 m de la planta donadora. Comparando estos datos con los obtenidos por nosotros en *E. gibbiflora*, vemos que el polen de *E. gibbiflora* se mueve comparativamente poco, dado que rara vez se encontraron movimientos de mas de 8 metros y en su mayoría se concentraron a menos de 1 m. Esto seguramente se debe a que los colibríes usualmente se comportan como territoriales, y a la alta densidad de individuos reproductivos de la planta.

Vecindad genética y tamaño efectivo

En relación a la estimación del área de la vecindad, podemos señalar que las correcciones por desviaciones a la normalidad no parecen ser muy relevantes, dado que modifican muy poco los valores y son muy laboriosas de calcular. Suponer normalidad y dejar el factor de área en 4 no afecta mucho el resultado ni su interpretación, que tal como sugiere Lewontin (1985) debe ser más bien en términos cualitativos.

Comparemos la vecindades y tamaños efectivos estimados en *E. gibbiflora* con otros de la literatura (Tabla 3). En hierbas las áreas

de vecindad reportadas van de entre 0.4 m^2 a unos 3500 m^2, con una media de 134.4 m^2 y una mediana de 23.5 (n=20). En árboles estas áreas son significativamente más grandes (Mann-Whitney z=3.96, P=0.0001) y van de 42 m^2 a 33623 m^2, con una media de 7527.4 m^2 y una mediana de 1766 (n=10). Así, *E. gibbiflora* resulta ser una especie con un área de vecindad muy pequeña, aún si la comparamos con las hierbas, de solo unos 17 m^2, aunque existen especies con vecindades menores, especialmente de herbáceas.

Los tamaños efectivos (Tabla 3) no son estadísticamente distintos entre hierbas y árboles (Mann-Whitney z=0.26, P=0.79), principalmente debido a las altas densidades que pueden presentar las hierbas. En éstas el $\underline{N}_e$ reportado va de 1 a 3844 individuos, con una media de 363.9 individuos y una mediana 152.3 (n=22). En árboles el $\underline{N}_e$ va de 1 a 3000, con una media de 291.8 individuos y una mediana de 208 (n=11). El tamaño efectivo de *E. gibbiflora* de 21.7 individuos, es relativamente pequeño, aunque similar al de otras plantas polinizadas por colibríes.

En general es posible que las estimaciones de la vecindad y del tamaño efectivo por estos métodos estén sesgadas y den tamaños menores a los reales, pero en la mayor parte de los casos el considerar posibles movimientos a grandes distancias en bajas proporciones no incrementa en mucho las estimaciones promedio de la vecindad (Eguiarte, 1990). Por otra parte, para estimar más finamente el tamaño efectivo se necesitan tomar en cuenta todas las posibles violaciones a la población ideal de la genética de poblaciones, tal como mencionamos en la introducción (varianza en la fecundidad y sobrevivencias entre individuos, generaciones continuas, cambios en los tamaños poblacionales en el tiempo, estructura de edades no estable, etc., ver Eguiarte et al., 1993). Al incluir estas estimaciones, generalmente se reduce el tamaño efectivo estimado (Crawford, 1984a; Eguiarte, 1990; Eguiarte et al, 1993), por lo que posiblemente el no considerar estas violaciones a la población ideal anularía los efectos de subestimación del área de la vecindad.

Tabla 3. Valores de área de vecindad genética y tamaños efectivos calculados a partir de ellas para especies de plantas.

Especie	Area de vecindad (m^2)	Tamaño efectivo (individuos)	Referencia
Hierbas:			
Avena barbata	2-16*	8-800*	Nic Lughadha y Parnell (1989)
Borrichia frutescens	2*	40-60*	Antlfinger (1982)
Carduus nutans	650-3500*	1281-3844*	Smyth y Hamrick (1987)
Chamaecrista fasciculata		100*	Fenster no publ.
Delphinium nelsonii	5.5	27.7	Waser y Price (1983)
Ipomopsis aggregata	34.5	68.9	Waser y Price (1983)
Liatris cylindracea	63*	300*	Nic Lughadha y Parnell (1989)
Linanthus parryae	30*	10-100*	Wright (1978)
Lithospernum carolinenese	10-42*	4-10*	Nic Lughadha y Parnell (1989)
Lupinus amplus		18*	Nic Lughadha y Parnell (1989)
Lupinus texensis	6-13*	84-191*	Nic Lughadha y Parnell (1989)
Menyanthes trifoliata	14.8*	0.6-65*	Nic Lughadha y Parnell (1989)
Phlox pilosa	108*	1409*	Nic Lughadha y Parnell (1989)
Plantago lanceolata	0.4-16*	14-20*	Bos et al (1986)
Polygala vulgaris	1.7-2.0*	165-204*	Lack y Kay (1987)
Primula veris	6-38*	4-500*	Richard e Ibrahim (1978)
Primula vulgaris	0.5-20*	2-90*	Cahalan y Gliddon (1985)
Senecio spp.	0.4-280*	4-3000*	Schmitt (1980)
Thermophis montana		81*	Nic Lughadha y Parnell (1989)
Trifolium sp. (solo polen)	1.4-2.0*	2.0-2.8*	Eguiarte no publ.
Viola blanda	19.13*	175*	Beattie y Culver (1979)
Viola pedata	25-57*	205-547*	Beattie y Culver (1979)
Viola pennsylvanica	43*	310*	Beattie y Culver (1979)

Especie	Area de vecindad (m cuadrados)	Tamaño efectivo (individuos)	Referencia
Viola rostrata	25*	167*	Beattie y Culver (1979)
Hierbas:			
MEDIA	134.40	363.86	
DESVIACION ESTANDAR	458.15	605.59	
MEDIANA	23.5	152.25	
N	20	22	
Arbustos, bejucos, etc.:			
Combretum fruticosum	188*	6*	Eguiarte y Domínguez no pub.
Echeveria gibbiflora	16.9*	21.7*	Este trabjo

Especie	Area de vecindad (m cuadrados)	Tamaño efectivo (individuos)	Referencia
Arboles:			
Astrocaryum mexicanum	2551.97*	436*6	Eguiarte (1990)
Cedrus atlantica	33623	208	Crawford (1984a)
Eucalyptus regans (solo polen)	2800 (aproximada)	57*	Adams (1989)
Fraxinus americana	1766	4.4	Crawford (1984a)
Fraxinus pennsylvanica	42	16	Crawford (1984a)
Popolus deltoides	1528	230	Crawford (1984a)
Pinus cembroides	1766	11	Crawford (1984a)
Pinus ellioti		365	Levin (1981)
Pinus radiata	29550	1-3200	Bannister (1965)
Pseudotsuga taxifolia	2101	26	Crawford (1984a)
Psychotria faxlucens	779*	70*	Eguiarte y Pérez no publ.
Ulmus americana	1681	253	Crawford (1984a)
Arboles:			
MEDIA	7527.35	291.77	
DESVIACION ESTANDAR	12722.49	458.87	
MEDIANA	1766	138.36	
N	10	11	

* Calculadas originalmente con la fórmula de Crawford (1984b) o recalculadas con esta fórmula por Nic Lughadha y Parnell (1989).

CONCLUSIONES

Este trabajo representa una contribución al entendimiento del tamaño efectivo en poblaciones naturales, y junto con un gran porcentaje de las estimaciones del tamaño efectivo estimado por el método de la vecindad de Wright (Tabla 3), señalan que tamaños efectivos menores de 100 individuos son muy comunes en plantas, sugiriendo que la deriva génica puede jugar un papel muy importante en la microevolución de muchas especies, tal como sugiriera Sewall Wright desde 1931. Sin embargo, a pesar de su clara relevancia dentro de la teoría de la evolución, el tamaño efectivo permanece cómo uno de los parámetros menos comprendidos y estudiados de las poblaciones naturales (Crawford, 1984a; Simberloff, 1988; Eguiarte, 1983). En concreto en *Echeveria gibbiflora* la deriva génica seguramente ha jugado un papel muy importante en su evolución, y esto podría explicar, por un lado, la poca adaptación que presentan varias de sus características florales (forma, concentración del néctar) a sus únicos polinizadores, los colibríes, y por otro lado el gran número de especies que presenta el género *Echeveria* (alrededor de 117 especies sólo en México, Walther, 1972).

Sería interesante ver si en esta especie en particular esta operando el proceso de los equilibrios cambiantes que Wright propuso desde 1932. Para estudiar esta posibilidad se requeriría estudiar a la especie en varias localidades durante varios años. Si se está sucediendo el proceso de los equilibrios cambiantes, los tamaños efectivos de *E. gibbiflora* deben de ser variables en diferentes sitios, incluyendo algunos muy pequeños en algunos sitios o tiempos, o sea menores de 100 individuos. Estos bajos tamaños de población permiten que localmente opere la deriva génica y la endogamia y se explore el paisaje adaptativo según el modelo de Wright. En otros sitios y/o tiempos, los tamaños efectivos deben de ser muy grandes, de mas de 1000 individuos. Tamaños efectivos tan grandes permiten que actúe eficientemente la selección natural y se escalen los picos adaptativos de este paisaje. Adicionalmente, se requeriría demostrar que existe flujo génico moderado entre los distintos sitios, el cual permitiría arrastrar a las distintas poblaciones de una especie a los nuevos picos adaptivos (Wright, 1932, 1978; ver Eguiarte, 1986 y Slatkin, 1989).

LITERATURA CITADA

Abramowitz H. y A. Stegun. 1965. Handbook of mathematical functions. Dover, New York.

Adams W.T. 1989. Effective pollen dispersal in a *Eucaliptus regnans* seed orchard, en P.E. McGuire (ed.). Population genetics and germplasm resources in imporvement University of California, Oakland, California, pag. 43.

Antlfinger, A.R. 1982. Genetic neighborhood structure of the salt marsh compositae, *Borrichia frutescens*. J. Hered. 31: 128-132.

Arizmendi A., M.C. 1987. Interacción entre los colibríes y su recurso vegetal en Chamela, Jalisco. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.

----- y J.F. Ornelas. 1990. Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry forest in México. Biotropica 22: 172-180.

Bannister, M.H. 1965. Variation in the breeding system of *Pinus radiata*, en H.G. Baker y G.L. Stebbins, (eds.) The genetics of colonizing species. Academic Press, New York, pags. 353-372.

Beattie, A.J. y D.C. Culver. 1979. Neighborhood size in *Viola*. Evolution 33: 1225-1229.

Bierzychudek, P. 1981. Pollinator limitation of plant reproductive effort. Amer. Natur. 117: 838-840.

Bolten, A.B., P. Feinsinger, H.G. Baker, I. Baker. 1979. On the calculation of sugar content in flower nectar. Oecologia 41: 301-304.

Bos, M., H. Harmens y K. Vrieling. 1986. Gene flow in *Plantago*. I. Gene flow and neighborhood size in *P. lanceolata*. Heredity 56: 43-54

Cahalan, C.M. y C. Gliddon. 1985. Genetic neighbourhood sizes in *Primula vulgaris*. Heredity 54: 65-70.

Charlesworth D. y B. Charlesworth. 1987. Inbreeding depression and its evolutionary consequences. Ann. Rev. Ecol. Syst. 18: 237-268.

Crawford, T.J. 1984 a. What is a population?, en B . Shorrocks, (ed.) Evolutionary ecology. Blackwell, Oxford, pags. 135-173.

----- 1984 b. The estimation of neihbourhood parameters for plant populations. Heredity 52: 273-283.

Crow, J.F. y C. Denniston 1988. Inbreeding and variance effective population numbers. Evolution 42:482-495.

Cruden, R.W. 1976. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. Evolution 31: 32-46.

------, S.M., Hermann y S. Peterson. 1983. Patterns of Nectar production and plant-pollinator coevolution. En B. Bentley y T. Elias (eds.). The Biology of Nectaries. Columbia University Press. New York, pags. 80-116.

Eguiarte, L.E. 1983. Biología floral de *Manfreda brachystachya* (Cav.) Rose en el Pedregal de San Angel, D.F. Tesis profesional. Facultad de ciencias, UNAM.

------ 1986. Una guía para principiantes a la genética de poblaciones. Ciencias, revista de difusión. Número especial 1: pags 30-38.

------ 1990. Genética de poblaciones de *Astrocaryum mexicanum* Liebm. en Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis Doctorado en Ecología, Centro de Ecología/UACPyP, UNAM.

------ y A. Búrquez. 1987. Reproductive ecology of *Manfreda brachystachya*, an iteroparous Agavaceae. Southwest. Nat. 32: 169-178.

------ y ----- 1988. Reducción en la fecundidad en *Manfreda brachystachya* (Cav.). Rose, una agavacea polinizada por murciélagos: los riesgos en la especialización en polinización. Bol. Soc. Bot. México 48: 147-149.

------ y D. Piñero. 1990. Leones vemos, genes no sabemos. Genética de la conservación. Ciencias, revista de difusión. Número especial 4: 34-47.

------, A. Búrquez, J. Rodríguez, M. Martínez-Ramos, J. Sarukhán y D. Piñero. 1993. Direct and indirect estimates of neighborhood and effective population size in a tropical palm *Astrocaryum mexicanum*. Evolution 47: 75-87.

------ y V. Souza 1993. Evolución experimental en bacterias: Diez mil generaciones del experimento de Irvine, California, en J. Nuñez-Farán y J. Cordero (editores). Tópicos de Biología Evolutiva I, Ciencias/Centro de Ecología pp:129-153.

Handel S.N. 1983. Pollination ecology, plant population structure, and gene flow, en L. Real ed. Pollination biology Academic Press, Orlando, Fla. pags. 163-211.

Hartl D.L. y A.G. Clark. 1989. Principles of population genetics, 2nd. ed. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.

Kimura M. 1983. The neutral theory of molecular evolution. Cambridge University Press, Cambridge.

----- y T. Otha. 1971. Theoretical aspects of population genetics. Princeton Univesity Press, Princeton, New Jersey.

Lack, A.J. y Q.O.N. Kay. 1987. Genetic structure, gene flow and reproductive ecology in sand-dune populations of *Polygala vulgaris*. J. Ecol. 75: 259-276.

Lande R. 1988. Genetics and demography in biological conservation. Science 241: 1455-1460.

Larson G., J. (1992) Estudio demográfico de *Echeveria gibbiflora* D.C. (Crassulaceae) en el Pedregal de San Angel. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F., México.

Levin D. 1981. Gene flow versus dispersal in plants. Ann. Missouri Bot. Gard. 68: 232-235

---- y H.W. Kerster. 1968. Local gene dispersal in *Phlox*. Evolution. 22: 130-139.

----- y H.W. Kerster. 1974. Gene flow in seed plants. Evolutionary Biology 7: 139- 220.

Lewontin R. 1985. Population genetics, en P. J. Greenwood, P. H. Harvey y M. Slatkin (eds.) Evolution. Essays in honour of John Maynard Smith Cambridge University Press, Cambridge, pags.3-18.

Linhart, Y.B. 1973. Ecological and behavioral determinants of pollen dispersal in hummingbird-pollinated *Heliconia*. Amer. Natur. 107: 511-523.

-------, W.H. Busby, J.H. Beach y P. Feinsinger. 1987. Forager behavior, pollen dispersal and inbreeding in two species of hummingbird-pollinated plants. Evolution 41: 679-682.

Martínez del Río C. y A. Búrquez. 1986. Nectar production and temperature dependent pollination in *Mirabilis jalapa*. Biotropica 18: 28-31.

Nei, M. 1987. Molecular population genetics. Columbia Univeristy Press. New York.

Nic Lughadha E.M. y J.A.N. Parnell. 1989. Heterostyly and gene- flow in *Menyanthes trifolita* L. (Menyanthaceae). Biol. J. Linn. Soc. 100; 337-354.

Parra T., V.P. 1988. Ecología de la polinización en una población de *Echeveria gibbiflora* DC en el Pedregal de San Angel. C.U. México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.

Parra, V., C. Vargas y L.E. Eguiarte. 1993. Reproductive biology, pollen and seed dispersal, and neighborhood size in the hummingbrid-pollinated *Echeveria gibbiflora* (Crassulaceae). Amer. J. Bot. 80: 153-159.

Provine, W.B. 1986. Sewall Wright and evolutionary biology. University of Chicago Press, Chicago.

Richards, A.J. y H. Ibrahim. 1978. Estimation of neighbourhood size in two populations of *Primula veris*, en A.J. Richards (ed). The pollination of flowers by insects. Symposia of the Linnean society of London, vol. 6. Academic Press, London. pags. 165-174.

Schmitt, J. 1980. Pollinator foraging behavior and gene dispersal in *Senecio* (Compositae) Evolution 34: 934-943.

Simberloff D. 1988. The contribution of population and community biology to conservation science. Ann. Rev. Ecol. Syst., 18: 474-511.

Slatkin M. 1989. Population structure and evolutionary progress. Genome 31: 196-202.

Smyth, C.A. y J.L. Hamrick. 1987. Realized gene flow via pollen in artificial populations of Musk Thistle, *Carduus nutans* L. Evolution 41: 613-619.

Van Dijk, H. 1985. The estimation of gene flow parameters from a continuous population structure, en P. Jaquard et al. (eds.) Genetic diferentiation and dispersal in plants. Springer Verlag, Berlín, pags. 311-325.

----- 1987. A method for the estimation of gene flow parameters from a population structure caused by restricted gene flow and genetic drift. Theor. Appl. Genet. 73: 724-736.

Vargas, M., C.F. 1988. Determinación del tamaño efectivo en una población de *Echeveria gibbiflora* D.C., en el Pedreqal de San Angel, C.U., México. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

Walther, E. 1972. *Echeveria*. California Academy of Sciences. San Francisco.

Waser N.M. 1982. A comparision of distances flown by different visitors to flowers of the same species. Oecologia (Berl.) 62: 262-268.

----- 1988. Comparative pollen and dye transfer by pollinators of *Delphinium nelsonii*. Functional ecology. 2: 41-48.

----- y M. Price. 1983. Optimal and actual outcrossing in plants, and the nature of plant-pollinator interactions, en C.E. Jones y R.J. Little, (eds). Handbook of experimental pollination biology. van Nostrand Reinhold, New York, pags. 341-359.

Webb, C.J. y K.S. Bawa. 1983. Pollen dispersal by hummingbirds and butterflies: a comparative study of two lowland tropical plants. Evolution 37: 1258-1270.

Wright, S. 1931. Evolution in Mendelian populations. Genetics 16: 97-159

----- 1932. The roles of mutation, inbreeding, crossbreeding and selection in evolution. Proceedings of the Sixth International Conqress of Genetics 1: 356-366.

----- 1938. Size of population and breeding structure in relation to evolution. Science 87: 430-431.

----- 1940. Breeding structure of populations in relation to speciation. Amer. Natur. 74 :232-248.

----- 1943 a. Isolation by distance. Genetics 28: 114-138.

----- 1943 b. Analysis of local variability of flower color in *Linanthus parryae*. Genetics 28: 114-138.

----- 1946. Isolation by distance under diverse systems of mating. Genetics 31: 39-59.

----- 1968. Evolution and genetics of populations, vol 1: Genetics and biometric fundations. University of Chicago press, Chicago.

----- 1969. Evolution and genetics of populations, vol 2: The theory of gene frequencies University of Chicago press, Chicago.

------ 1977. Evolution and the genetics of populations, vol 3: Experimental results and evolutionary deductions. University of Chicago press, Chicago.

----- 1978. Evolution and the genetics of populations, vol. 4: Variability within and among natural populations. University of Chicago press, Chicago.

Demografía de *Echeveria gibbiflora* DC. (Crassulaceae) en dos ambientes contrastantes del Pedregal de San Angel.

Jorge Larson, Luis E. Eguiarte y Carlos Cordero.

Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado postal 70-275, México, D.F. 04510, México. (Dirección actual JL:CONABIO, Periférico Sur 4118 1er. piso, Col. Jardines del Pedregal México D.F. 01900, México).

RESUMEN

Echeveria gibbiflora es una planta muy abundante en el Pedregal de San Angel, único sitio donde se le encuentra en el Valle de México. En este trabajo presentamos algunos de los resultados de un estudio de los parámetros demográficos de *Echeveria gibbiflora* y su correlación con parámetros ambientales (profundidad del suelo y cobertura aérea de la vegetación). Durante tres años estudiamos la morfometría y la sobrevivencia, crecimiento y reproducción de individuos marcados en dos sitios contrastantes de 320 m^2 cada uno; el primero de los sitios (CE) había sido perturbado recientemente por fuego, mientras que el otro (US) fue considerado como un sitio estable. El análisis demográfico se realizó con métodos matriciales, usando dos medidas diferentes del tamaño para clasificar a los organismos (largo del tallo y diámetro de la roseta). Encontramos que ambas medidas resultaron útiles, pues si bien el análisis por rosetas reflejaba lo que había ocurrido durante ese año (y esta característica correlaciona bien con la probabilidad de sobrevivencia y con la fecundidad), la demografía por tallos reflejaba mejor la historia de los sitios, ya que el largo del tallo refleja la edad de los individuos. La reproducción vegetativa fue poco importante en ambos sitios, por lo que fue ignorada en los análisis matriciales. Encontramos que las plantas ocupan de manera diferencial el espacio disponible en el ambiente. Ambos sitios son similares en relación a la distribución de profundidades del suelo, sin embargo en el sitio US la profundidad del suelo es la misma para las plantas que para el ambiente y esto apoya la idea de que es un sitio en equilibrio, ya que se han ocupado todo tipo de lugares. Esto contrasta con el sitio CE, donde la profundidad del suelo donde se encuentran las plantas es diferente a lo disponible. Respecto a la capa aérea de la vegetación, se encontró que las diferencias entre lo disponible en los sitios son significativas, pero los lugares sobre los que se encuentran las plantas no difieren entre sitios. Esto sugiere que la capa aérea afecta la distribución de las plantas de manera negativa (a más sombreado por otras plantas, menos individuos de *E. gibbiflora*). En ambos sitios las poblaciones demostraron una dinámica "saludable", mostrando crecimiento ($\lambda>1$) el sitio perturbado (CE) en el primer año, y estabilidad ($\lambda\approx1$) en los otros casos (CE segundo año, US ambos años). Consideramos que este estudio, junto con otros realizado en la misma especie, convierten a *E. gibbiflora* en una especie modelo para el estudio y la conservación de otros miembros de la familia Crassulacea en México.

INTRODUCCION

La ecología de poblaciones es el estudio de la dinámica numérica de los organismos de una misma especie. Su objetivo es responder preguntas acerca de las diferencias en las cantidades de organismos que encontramos entre distintos lugares y diferentes tiempos. La demografía es una de sus herramientas de estudio y pretende resumir estadísticamente la sobrevivencia, la fecundidad y el crecimiento de una población. De esta manera, la demografía expresa lo que en promedio le sucede a una población durante un intervalo de tiempo determinado (Harper, 1977).

Echeveria gibbiflora es una planta muy abundante en el Pedregal de San Angel (Soberón et al, 1988) y éste es el único sitio de distribución de la especie en el valle de México (Walther, 1972). Es un elemento conspicuo dentro del Pedregal, de importancia biológica por su abundancia y por las interacciones con diferentes animales que presenta (Parra, 1988; Vargas, 1988; Jiménez y Soberón, 1989). De acuerdo a la clasificación de formas de rareza propuesta por Rabinovitz (1981), *E. gibbiflora* es una planta abundante localmente, específica de un habitat y con un rango geográfico pequeño. Esto permite especular que su conservación depende casi exclusivamente de que no se destruya el hábitat en que se encuentra.

Echeveria gibbiflora tiene un tallo de escasa ramificación, presenta una roseta terminal y de una a cinco inflorescencias (Parra, 1988; Vargas, 1988; Parra et al, 1993). En las rosetas se expresan claramente las condiciones anuales, ya que las hojas son estructuras que acumulan agua y fotosintatos en la época de lluvias, los cuales son utilizados en la etapa reproductiva, que es en la temporada seca (Larson, 1992). El cambio constante de la roseta y su relación con aspectos ambientales (precipitación e insolación) hacen que en ella se refleje la suerte anual de cada individuo. Por otra parte, en la longitud y/o diámetro del tallo se expresan la historia del individuo y del sitio. Debido a estas características, estudiar la demografía de *E. gibbiflora* es interesante desde el punto de vista teórico, ya que permite comparar los resultados de un análisis demográfico utilizando como medidas de tamaño los tallos y las rosetas para un mismo conjunto de datos.

El objetivo de este trabajo es describir las principales características demográficas de *E. gibbiflora* en el Pedregal de San Angel, y sus correlaciones con características ambientales (la profundidad del suelo y la cobertura aérea de vegetación), haciendo énfasis en una comparación entre dos ambientes contrastantes. Los análisis matriciales y de perturbación detallados se presentan en otra parte (Larson, 1992; Larson et al. mans.).

METODOLOGIA

Sitios de trabajo

Se seleccionaron dos sitios contrastantes en cuanto a topografía y vegetación (Fig.1). El primero de ellos, que llamaremos sitio Centro de Ecología (CE), se caracteriza por presentar accidentes topográficos poco pronunciados y su vegetación dominante es de herbáceas (gramíneas y algunas plantas anuales) con unos cuantos tepozanes (*Buddleia* spp.) poco desarrollados. En él se encontraron evidencias claras de perturbación reciente por fuego uno o dos años previos al inicio del estudio (Eguiarte, obs. pers.). La topografía del segundo sitio es muy accidentada, con grietas de hasta dos metros de ancho por tres de profundidad. Este sitio no presenta signos evidentes de perturbación y la vegetación contiene porciones típicas de la asociación *Seneciaonetum praecocis* y encinares (*sensu* Rzedowsky, 1954). Este será referido en lo sucesivo como Sitio Unidad de Seminarios (US).

Muestreo demográfico.

Se estableció un transecto de ochenta metros de longitud por cuatro metros de ancho (320 m^2) en cada sitio. En el mes de julio de 1989 se marcó y mapeó a todos los individuos (excepto plántulas, es decir, individuos sin tallo reconocible o menor de 1 cm) en ambos sitios. Se utilizaron marcas de DYMO colocadas alrededor del tallo de la planta con alambre de cobre plastificado. Se llevaron a cabo cinco censos (enero y julio de 1990, enero, julio y octubre de 1991).

De cada planta se midió con cinta métrica, al centímetro más cercano, lo siguiente:

i) Tallo:

a) Longitud, medida a lo largo del mismo desde la implantación en el suelo hasta la base de la roseta.

b) Circunferencia, tomada aproximadamente a 5 cm de la base de la roseta.

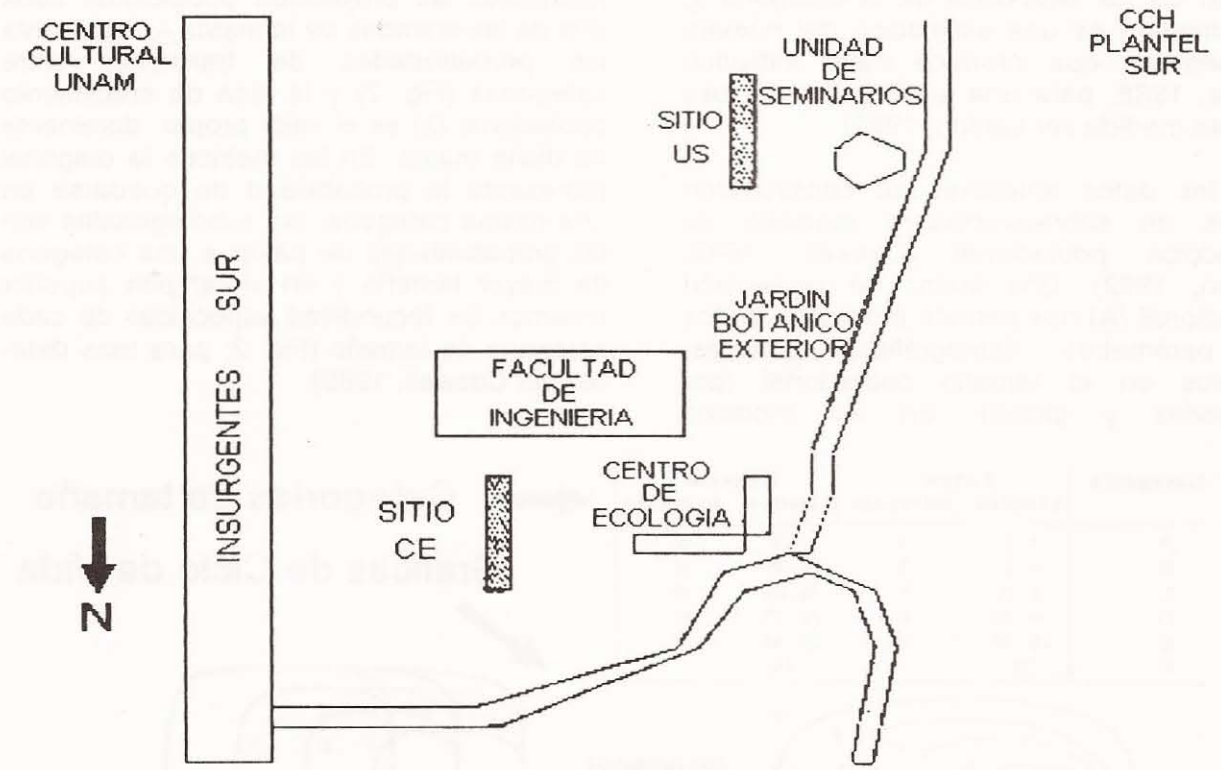


Fig. 1. Ubicación aproximada de los sitios CE y US (320m^2 cada uno) empleados en el estudio demográfico de *Echeveria gibbiflora* en el Pedregal de San Angel, C.U.

ii) Roseta:

a) Diámetro mayor.

b) Diámetro perpendicular al mayor.

Para el análisis de datos se utilizó el promedio entre ii.a y ii.b.

iii) Inflorescencias:

a) Número.

b) Longitud.

c) Número de flores por inflorescencia.

En octubre de 1989 fueron marcados y medidos individualmente todos los "chupones" o tallos vegetativos. El destino de estos chupones fue seguido durante los siguientes censos.

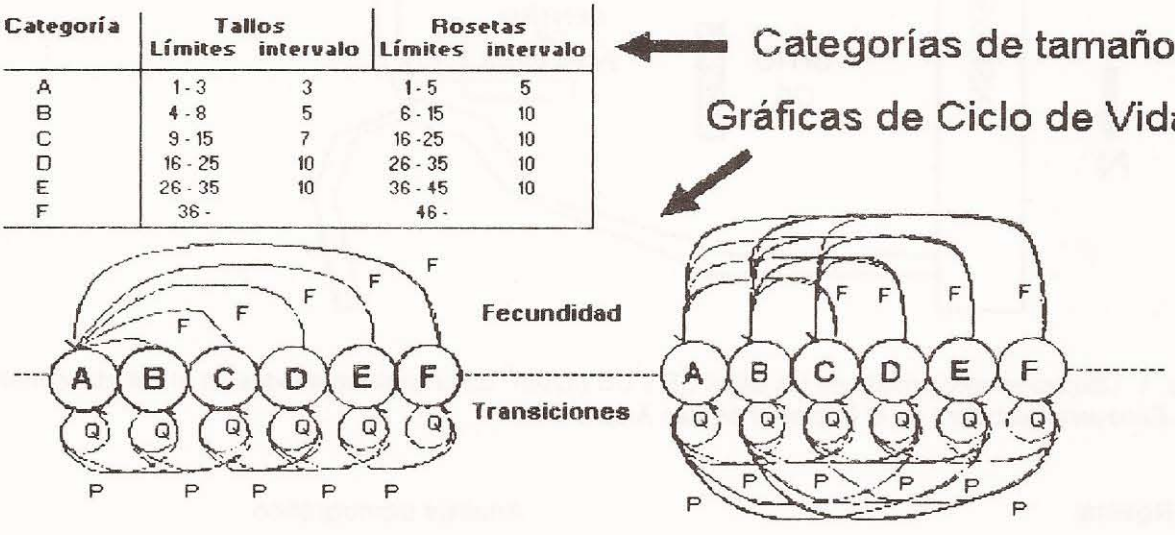
Análisis demográfico

El análisis demográfico realizado se basa en categorías de tamaño (ver Begon et al. 1986; Caswell, 1989). Como se mencionó en la introducción, se realizaron dos análisis demográficos, cada uno de ellos utilizando como medida de tamaño una diferente variable (longitud de tallo y diámetro promedio de la roseta). Las categorías de tamaño utilizadas se muestran en la figura 2 (para una discusión de los criterios de elección de las categorías ver Larson, 1992). La mortalidad específica de cada categoría de tamaño (q_x) se calcula como la proporción de individuos de la categoría de tamaño x que mueren de un año a otro. Q_x denota el promedio de las qx de un año y un sitio particular. La medida de fecundidad específica de una categoría de tamaño x utilizada fue el promedio del número de centímetros de inflorescencia (sumando todas las inflorescencias presentes en una

planta) de los individuos de la categoría x; esta medida es una estimación del número de semillas que produce cada individuo (Parra, 1988, para una justificación del uso de esta medida ver Larson, 1992).

Con los datos anteriores se construyeron curvas de sobrevivencia y matrices de proyección poblacional (Caswell, 1989; Larson, 1992). Una matriz de proyección poblacional (A) nos permite proyectar, dados los parámetros demográficos actuales, cambios en el tamaño poblacional (por categorías y global). En los modelos matriciales de proyección poblacional cada una de las entradas de la matriz A representa las probabilidades de transición entre categorías (Fig. 2) y la tasa de crecimiento poblacional (λ) es el valor propio dominante de dicha matriz. En las matrices la diagonal representa la probabilidad de quedarse en una misma categoría, las subdiagonales son las probabilidades de pasar a una categoría de mayor tamaño y en el renglón superior tenemos las fecundidad específicas de cada categoría de tamaño (Fig. 2; para más detalles ver Caswell, 1989).

Categoría	Tallos Límites	Tallos intervalo	Rosetas Límites	Rosetas intervalo
A	1 - 3	3	1 - 5	5
B	4 - 8	5	6 - 15	10
C	9 - 15	7	16 - 25	10
D	16 - 25	10	26 - 35	10
E	26 - 35	10	36 - 45	10
F	36 -		46 -	



Matrices de Proyección Poblacional

$$n(t+1) = \begin{bmatrix} Q & F & F & F & F & F \\ P & Q & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P & P & Q & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P & P & Q & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P & P & Q & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P & P & Q \end{bmatrix} n(t) \quad \text{(A B C D E F)}$$

TALLOS

$$n(t+1) = \begin{bmatrix} Q & P & FP & FP & FP & FP \\ P & Q & FP & FP & FP & FP \\ P & P & FQ & FP & FP & FP \\ P & P & P & Q & P & P \\ P & P & P & P & Q & P \\ 0 & P & P & P & P & Q \end{bmatrix} n(t) \quad \text{(A B C D E F)}$$

ROSETAS

Figura 2. Características de las matrices de proyección poblacional empleadas en el análisis demográfico de dos sitios de *Echeveria gibbiflora* en el Pedregal de San Angel. En la parte superior se muestran los límites inferiores y superiores en cm de las categorías de tamaños empleadas tanto en el análisis por rosetas como por tallos. En la parte media se muestran las gráficas de ciclo de vida (ver Caswell, 1989 y Larson, 1992) empleadas para la construcción del modelo matricial. Por arriba de la línea punteada se presentan las contribuciones por fecundidad y por abajo las contribuciones por crecimiento o sobrevivencia en la misma categoría (transiciones). La parte de abajo muestra las matrices modelo para cada análisis: mientras que en la demografía por categorías de tamaños de tallos solo existen posibilidades de reproducirse (F), quedarse en una categoría de tamaño (Q) y crecer (P), en la demografía por diámetro de rosetas pueden regresarse a tamaños menores

El modelo matricial de proyección poblacional es el siguiente:

$$n(t+1) = A\, n(t) \quad (1)$$

donde n es un vector de n renglones y una columna (nx1) cuyos elementos $\underline{a}_{it}$ son el número de individuos pertenecientes a la i-ésima categoría en el tiempo $\underline{t}$. El fundamento del análisis de este modelo está en la iteración de la matriz, es decir en sus propiedades asintóticas. Cuando multiplicamos la matriz $\underline{A}$ por el vector llega un momento en que la proporción de individuos por categoría se estabiliza; en este momento el cociente de n(t+1)/n(t) mide la tasa de crecimiento poblacional y se le conoce como lambda (λ). Al llegar al vector estable es lo mismo multiplicar la matriz por el vector que por un escalar, este escalar es λ. (Otra vertiente interesante de los modelos matriciales de poblaciones es el análisis de sensibilidad. El análisis de sensibilidad (Lewontin, 1965 en Caswell, 1989) evalúa los cambios de λ resultado de pequeños cambios en las entradas de la matriz. Estos análisis se presentan en otros trabajos (Larson, 1992; Larson et. al., mans.)).

Parámetros ambientales

Durante el mes de octubre de 1990, se llevaron a cabo las siguientes mediciones para cada planta:

a) Dos medidas de la profundidad del suelo en el punto de implantación del tallo (una a cada lado). Se utilizó el promedio de ambas. Para esto se enterró una aguja de tejer metálica (2.5 mm de diámetro y graduada con muescas cada centímetro) hasta que esta se detuvo en la roca.

b) Se midió la capa aérea de la vegetación de la siguiente manera: con una varilla (graduada cada 10 cm) colocada en el centro de la roseta se midió la altura al primer contacto con la vegetación (APC) y la altura máxima (AM) o último contacto de la varilla con la vegetación. La capa total (CT) se calculó restando a la altura máxima la altura al primer contacto.

Adicionalmente, con la intención de tener una hipótesis nula de disponibilidad de suelo y capa aérea de la vegetación, se realizaron las mismas medidas en una serie de 400 puntos dentro de cada sitio. Con cuerdas graduadas cada metro se hizo una cuadrícula de un metro en el campo y se midió en cada una de las intersecciones de las cuerdas la profundidad del suelo y los mismos dos valores de capa aérea mencionados en el párrafo anterior.

RESULTADOS

Morfometría

En la tabla 1 se presentan las correlaciones entre las variables morfológicas medidas. La longitud del tallo tiene una buena correlación con la circunferencia del tallo y con el diámetro de la roseta. La circunferencia del tallo tiene límites estrechos que una vez fijados en el individuo no cambian mucho y al seguir creciendo en longitud la correlación disminuye; cuando nos fijamos únicamente en los individuos reproductivos (Tabla 1) vemos que las correlaciones disminuyen, particularmente la que relaciona la longitud del tallo y el diámetro de la roseta.

Respecto a los aspectos reproductivos tenemos que los centímetros totales de inflorescencia y el número de flores están fuertemente correlacionados. La longitud del tallo tiene una baja correlación con las dos variables reproductivas en el sitio US; esta correlación no existe en el sitio CE. La circunferencia del tallo correlaciona positivamente con los aspectos reproductivos y con el diámetro de la roseta para ambos sitios.

El diámetro de la roseta muestra la correlación más fuerte con los dos parámetros reproductivos, por lo que el tamaño de la roseta predice mejor la magnitud de la reproducción (Tabla 1).

Aspectos ambientales

Para poner a prueba la hipótesis nula de que las plantas "experimentan" las variables ambientales (profundidad de suelo y cobertura aérea) en la misma proporción en que se encuentran "disponibles" en el ambiente, en

Tabla 1. Correlaciones de Pearson para la morfometría de *Echeveria gibbiflora* en dos sitios del Pedregal de San Angel, C. U. a) Sitio CE, b) Sitio US

Se indica la r (número superior), la r^2 (número inferior), entre paréntesis el tamaño de muestra y la significancia (n.s.=no significativa, *=p<0.05, **=p<0.01, ***=p<0.001). Al analizar sólo a los individuos reproductivos se modificaron las correlaciones, y estos se indican por las letras (A, r=0.43, n=75, P<0.001; B, r=0.11, n=75, n.s.; C, r=0.37, P<0.001, n=75; D, r=0.30, P<0.01, n=83; E, r=0.28, P<0.01, n=83, y F, r=0.47, P<0.001, n=83).

a) Sitio CE

	Circ. tallo	Diam. Roseta	Inflor. (cm)	Flores (num)
Longitud del Tallo	0.70*** 0.49 (468) **A**	0.45*** 0.203 (468) **B**	-0.00$^{n.s.}$ (75)	0.06$^{n.s.}$ (75)
	Circunferencia del Tallo	0.67*** 0.449 (468) **C**	0.44*** 0.194 (75)	0.45*** 0.203 (75)
		Diámetro promedio de la roseta	0.63*** 0.397 (75)	0.53*** 0.281 (75)
			Longitud de inflorescencia	0.84*** 0.706 (75)

b)Sitio US

	Circ. tallo	Diam. Roseta	Inflor. (cm)	Flores (num)
Longitud del Tallo	0.64*** 0.410 (293) **D**	0.61*** 0.372 (293) **E**	0.25** 0.063 (83)	0.20* 0.040 (83)
	Circunferencia del Tallo	0.47*** 0.221 (293) **F**	0.38*** 0.144 (83)	0.44*** 0.194 (83)
		Diámetro promedio de la roseta	0.61*** 0.372 (83)	0.57*** 0.325 (83)
			Longitud de inflorescencia	0.81*** 0.656 (83)

la tabla 2 presentamos varios análisis. En la tabla 2a se muestra la proporción de puntos con valor cero para las variables suelo y capa aérea. Las plantas no ocupan puntos con un valor cero de suelo por razones obvias, y el valor mínimo para las plantas fue de 0.5 cm de profundidad. En cuanto a la capa aérea, los valores cero indican exposición total a la insolación. Para las plantas cubiertas por vegetación (i.e. excluyendo las que están 100% expuestas al sol), el valor mínimo de altura al primer contacto y de capa total es de 10 cm y el de altura máxima es de 20 cm. Los resultados indican que la disponibilidad de puntos con suelo, susceptibles de ser ocupados por una planta, es ligeramente menor en el Sitio CE que en el US (Tabla 2a). Respecto a la capa aérea se muestra que no existen diferencias en la disponibilidad de sitios sin sombra entre ambos sitios, pero que

en los dos lugares las plantas se encuentran en puntos sin cobertura vegetal en mayor proporción a la disponible en el ambiente (Tabla 2a).

En la tabla 2b y 2c se comparan la disponibilidad ambiental y el patrón de "uso" por las plantas, eliminando los puntos de valor cero. En cuanto a la profundidad de suelo del ambiente, encontramos que no hubo diferencias entre los sitios. En el sitio US las plantas "utilizan" las diferentes profundidades de suelo en la misma proporción en la que se encuentran disponibles, mientras que en el sitio CE usan preferentemente sitios con suelo más somero.

La altura al primer contacto con la vegetación es considerablemente mayor en el sitio US que en el CE (Tabla 2b y 2c), esto se puede explicar por la topografía menos accidentada y la dominancia del estrato herbáceo en el sitio CE en contraste con el sitio US, que presenta matorrales y árboles bien desarrollados, así como grietas de mayor profundidad. Respecto a la altura máxima y la capa total de vegetación en relación a lo que experimentan las plantas, hay diferencias significativas en la disponibilidad entre los dos sitios y las plantas siempre se encuentran en sitios menos sombreados que el promedio. Sin embargo, las plantas "usan" ambientes con sombreados similares en ambos sitios. Esto demuestra que las plantas se encuentran en puntos distintos a lo que hay en el ambiente. El análisis anterior demuestra que la estructura de la vegetación de los sitios afecta la distribución espacial de *Echeveria gibbiflora*, dando como resultado un patrón de distribución agregado (Varianza/media = 3.58 sitio CE, 4.72 sitio US, $p < 0.001$ para ambas).

Demografía descriptiva.

En la tabla 3 se presentan aspectos generales de los sitios de muestreo. La longitud promedio del tallo fue significativamente menor en el sitio CE que en el US y esto es un reflejo claro de la perturbación que recientemente había sufrido. Por ejemplo, la planta con mayor longitud en el CE tenía 36 cm y en el US 94 cm, diferencias de esta magnitud muestran que la población del CE es más joven. La circunferencia del tallo y el diámetro promedio de la roseta no muestran diferencias importantes (Tabla 3).

El número total de plantas fue mayor en el sitio US y en ambos casos hubo un incremento importante para el intervalo 1990-91. El número de reclutamientos fue grande en ambos sitios y en términos relativos fue de 0.56 por planta para CE 89-90; de 0.24 para CE 90-91; de 0.38 para US 89-90 y de 0.28 para US 90-91 (Tabla 3).

La mortalidad promedio en el sitio CE fue menor en 1989-90 que en 1990-91 y en el sitio US sucedió lo contrario. Los límites de confianza para proporciones al 95% se sobrelapan en los cuatro casos sugiriendo que no existen diferencias en la mortalidad.

El número de plantas reproductivas por sitio y por año nunca fue mayor del 22% y el porcentaje siempre fue menor en el sitio US. Es importante notar que en la temporada reproductiva correspondiente al intervalo 1990-91, el número y proporción de plantas reproductivas fue mucho menor en ambos sitios (Tabla 3).

Respecto al crecimiento o reproducción vegetativa tenemos que el número de individuos que presentan "chupones" nunca alcanzó más del 5% de los individuos presentes en ese momento. Muchos de estos individuos fueron incluidos en los modelos matriciales ya que, aunque presentaran chupones, las dos medidas fundamentales para asignarlos a una categoría (la longitud del tallo y el diámetro de la roseta) estaban claramente definidas. Durante los dos años de observación en los dos sitios sólo se pudieron documentar 13 eventos de independencia donde con toda seguridad un genet dio lugar a dos o más ramets (sensu Begon et al., 1986:124-130). Estos eventos representan menos del 1% de los datos utilizados en la construcción de las matrices, por lo que no se justificó modificar el modelo para incluir el crecimiento vegetativo. La mortalidad de los individuos vegetativos fue mayor que la de los individuos normales

a)

	SITIO CE		SITIO US	
	AMBIENTE	PLANTAS	AMBIENTE	PLANTAS
SUELO (Proporción de puntos 0)	0.523 (0.460 - 0.585) n = 400	------- ------- n = 307	0.415 (0.374 - 0.477) n = 400	------- ------- n = 449
CAPA AEREA (Proporción de puntos 0)	0.170 (0.135 - 0.214) n = 400	0.251 (0.204 - 0.309) n = 307	0.165 (0.131 - 0.208) n = 400	0.243 (0.189 - 0.281) n = 449

b)

	SITIO CE		SITIO US	
	AMBIENTE	PLANTAS	AMBIENTE	PLANTAS
SUELO	7.2 (6.3 - 8.1) n = 178	4.3 (3.5 - 4.7) n = 307	6.0 (5.4 - 6.6) n = 211	5.0 (4.6 - 5.4) n = 449
A P C	33 (27 - 38) n = 178	35 (31 - 39) n = 230	91 (80 - 102) n = 211	65 (58 - 72) n = 340
A M	143 (130 - 156) n = 178	90 (82 - 98) n = 230	255 (235 - 275) n = 211	114 (103 - 125) n = 340
C T	110 (99 - 122) n = 178	55 (48 - 62) n = 230	164 (147 - 181) n = 211	49 (43 - 55) n = 340

c)

	SUELO	APC	A M	C T
Ambiente (CE) *vs* Ambiente (US)	$x^2 = 3.46$ n. s.	$x^2 = 92.02$ ***	$x^2 = 68.89$ ***	$x^2 = 41.72$ ***
Plantas (CE) *vs* Plantas (US)	$x^2 = 12.51$ **	$x^2 = 41.21$ ***	$x^2 = 3.374$ n. s.	$x^2 = 0.665$ n. s.
Ambiente (CE) *vs* Plantas (CE)	$x^2 = 32.86$ ***	$x^2 = 13.50$ **	$x^2 = 38.78$ ***	$x^2 = 36.61$ ***
Ambiente (US) *vs* Plantas (US)	$x^2 = 5.42$ n. s.	$x^2 = 33.29$ ***	$x^2 = 162.3$ ***	$x^2 = 173.7$ ***

Tabla 2. Análisis del ambiente de los sitios (400 puntos muestreados regularmente) y su "uso" por *Echeveria gibbiflora* en el Pedregal de San Angel. Las dos variables ambientales medidas fueron profundidad del suelo y la cobertura aérea de vegetación (ver texto).

a) Comparación de puntos con valor cero, ya fuera de suelo (o sea en el punto se encontraba solamente roca) o cobertura de vegetación aérea (en el sitio se recibía directamente la luz solar). Para cada casilla se indica la proporción de ceros en la muestra, su intervalo de confianza al 95% y el número de puntos o de plantas medidas.

b) Promedios, quitando los puntos con valor cero, de la profundidad del suelo y de la capa aérea de vegetación (dividida en APC = altura primer contacto, AM = altura máxima de la vegetación aérea y CT= ancho de la capa de vegetación aérea total, ver texto y Larson, 1992, para detalles). Para cada casilla se indica el promedio en la muestra, su intervalo de confianza al 95% y el número de puntos o de plantas medidas.

c) Pruebas de chi cuadrada para las distribuciones de la Tabla 2b. Las categorías usadas fueron, para el suelo, 1-5, 6-10 y 11 cm de profundidad en adelante, quitándose el valor cero. Para la vegetación aérea se utilizaron 0, 1-10 y 11 cm en adelante. Los grados de libertad fueron 2 en todos los casos.

(Larson, 1992). Es importante notar que esta mortalidad diferencial de los individuos que presentan crecimiento vegetativo no indica que este evento sea riesgoso en sí, sino que la producción de chupones se presenta como respuesta ante la pérdida de la roseta terminal u otro tipo de estrés que estimula el desarrollo de sus yemas latentes (Larson, 1992). Es decir, un individuo al que le va mal tiende al crecimiento vegetativo.

En ambos sitios la fecundidad total (medida como la suma del total de centímetros de inflorescencia producidos por todos los individuos) fue menor en 1990-91 que en 1989-90, con una reducción de 30.4% en CE y de 41.6% en US. Esta diferencia es producto de la disminución en el número de individuos reproductivos (Tabla 3), que fue de 28.8 y 41.5% respectivamente, y no de una disminución en los parámetros reproductivos a nivel individual. En la figura 3A vemos que la contribución proporcional a la fecundidad en CE 89-90 de las categorías B y C por tallos fue mucho mayor que la de las mismas categorías en el mismo sitio al siguiente año y del sitio US en los dos años. Esta diferencia entre CE 89-90 y los demás conjuntos de datos no se observa en el análisis por rosetas (Fig. 3B). Los patrones que se observan en la figura 3 demuestran que individuos jóvenes (o pequeños en términos de longitud de tallo) se reprodujeron "precozmente" en el sitio CE en 89-90, aunque este patrón no se refleja en el análisis por rosetas.

La tasa de mortalidad por categorías de tamaños (Figura 4) es claramente diferente para la demografía por tallos y la de por rosetas, ya que en el caso de los tallos la mortalidad es prácticamente constante para todas las categorías de tamaño, mientras que en el caso de las rosetas es mucho mayor en las dos primeras categorías.

Análisis matricial

A partir de matrices de proyección poblacional por tallo y por rosetas (Larson, 1992) se obtuvieron las tasas de crecimiento ($\underline{\lambda}$; tabla 4). Las lambdas resultaron mayores para el sitio CE que para el US. En CE las diferencias respecto al equilibrio ($\underline{\lambda}$ =1, este valor indica que el tamaño poblacional se mantiene constante de un año a otro) son siempre positivas y mayores de 0.1 (Tabla 4). Para el sitio US las diferencias con respecto a $\underline{\lambda}$ = 1 son tanto positivas como negativas y cuando mucho de 0.052 (Tabla 4). Las $\underline{\lambda}$'s obtenidas por tallos son mayores en 89-90

	FECHA	SITIO CE	SITIO US
Longitud del tallo - Promedio, intervalo de confianza y valor máximo-	Julio 1989	8.8 cm (8.0 - 9.6) 36	13.2 cm (12.1 - 14.3) 94
Circunferencia del tallo - Promedio, intervalo de confianza y valor máximo-	Julio 1989	7.0 cm (6.5 - 7.4) 25	7.5 cm (7.2 - 7.8) 16
Diámetro de roseta -Promedio, intervalo de confianza y valor máximo-	Julio 1989	26.0 cm (24.1 - 27.8) 78	23.8 cm (22.4 - 25.2) 70
Número de plantas	1989-90 1990-91	369 492	515 569
Reclutamientos	1990 1991	205 117	194 157
Mortalidad -*Qx* y límites de confinza al 95%	1989-90 1990-91	0.144 (0.111-0.199) 0.201 (0.168-0.235)	0.214 (0.180-0.249) 0.183 (0.154-0.215)
Plantas reproductivas -Número y Proporción-	1989-90 1990-91	80 (0.22) 57 (0.12)	77 (0.15) 45 (0.08)

Tabla 3. Comparación de algunos aspectos de la demografía de E. gibbiflora en dos sitios de 320 m2 cada uno, estudiados en el Pedregal de San Angel.

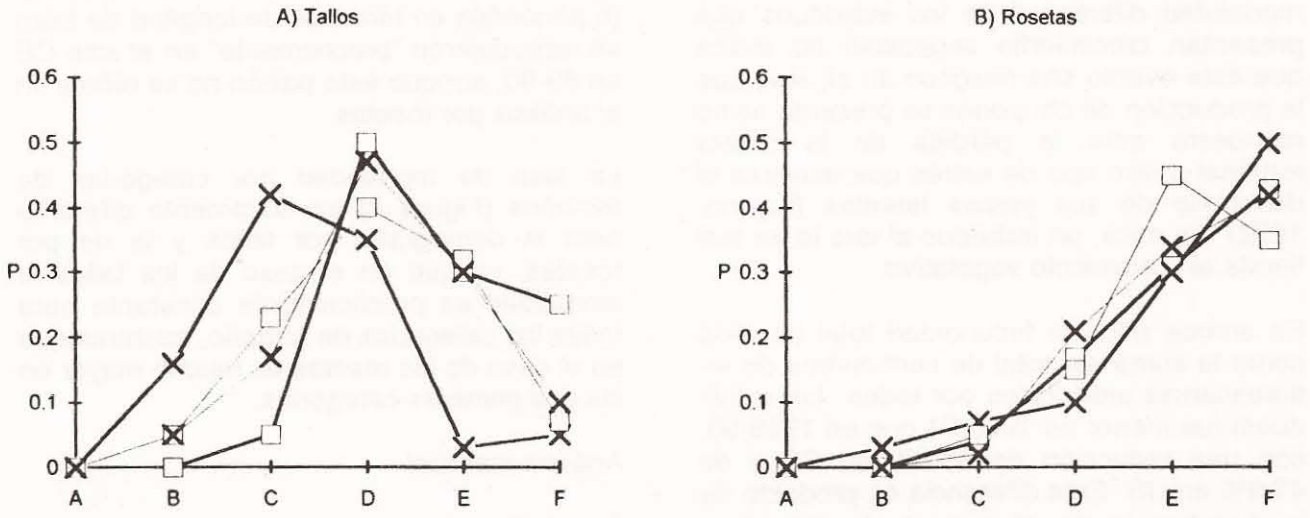


Fig. 3. Contribución por categoría de tamaños (ver figura 2) a la fecundidad proporcional medida en cm de inflorescencia (ver texto) para dos sitios en el Pedregal de San Angel en dos tiempos diferentes. A) Por tallos, B) Por rosetas.

La línea gruesa denota al sitio CE, línea delgada al US. X 89-90, □ 90-91.

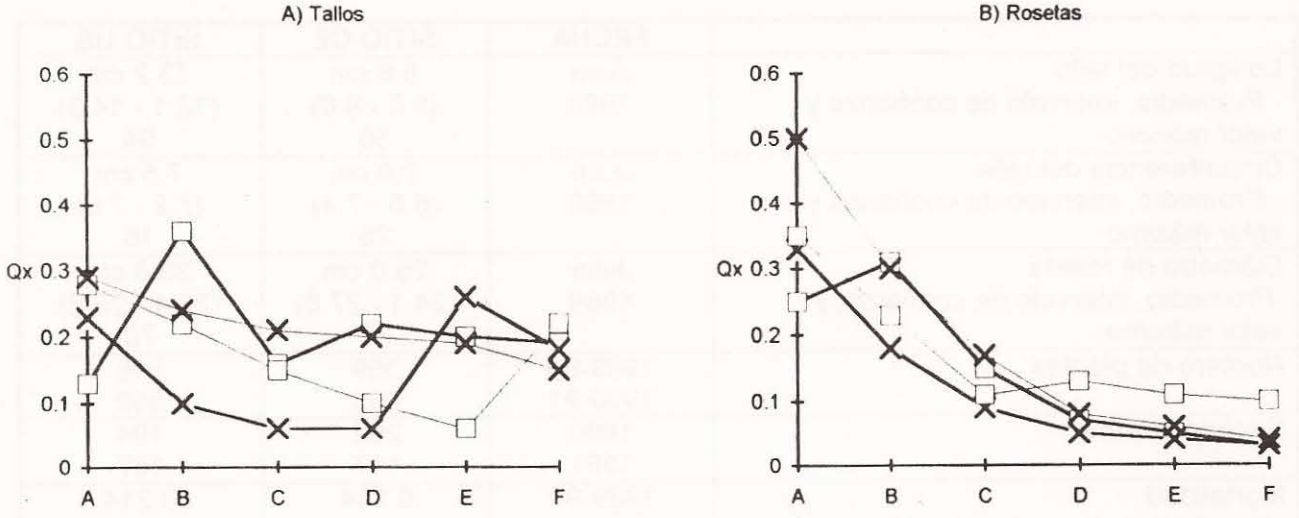


Fig. 4. Mortalidad por categoría de tamaño (ver figura 2), para dos sitios en el Pedregal de San Angel en dos tiempos diferentes. A) Por tallos, B) Por rosetas.

La línea gruesa denota al sitio CE, línea delgada al US. X 89-90, □ 90-91.

	Sitio CE λ	Sitio US λ
Tallos		
1989-1990	1.343	1.025
1990-1991	1.118	0.052
Rosetas		
1989-1990	1.147	0.962
1990-1991	1.152	1.008

Tabla 4. Tasas de crecimiento poblacional ($\underline{\lambda}$) de *Echeveria gibbiflora* en el Pedregal de San Angel para 8 matrices de proyección poblacional (ver Larson, 1992 y Larson et al., mans.).

que en 90-91 y por rosetas la situación se invierte, es decir, las tasas 89-90 son menores que las 90-91 (Tabla 4). En general, la estimación de la tasa de crecimiento por rosetas resultó más conservadora, ya que las diferencias respecto a 1 son siempre menores que en el caso de la demografía por tallos.

DISCUSION

Al seleccionar los dos sitios de estudio se enfatizó la necesidad de explorar las diferencias demográficas bajo dos condiciones ambientales contrastantes. El sitio CE fue objeto de una perturbación por fuego 2 ó 3 años antes de iniciado el estudio (Eguiarte, obs. pers.) y esto se corroboró con evidencias directas, como la corteza carbonizada de arbustos (Larson, obs. pers.) e indirectas, como la abundancia de gramíneas y plantas anuales.

Variables ambientales

La proporción de puntos de roca es mayor en el sitio CE y esto sugiere que la capacidad de carga ($\underline{K}$; Begon et al., 1986) del sitio es ligeramente menor. Esto sugiere que para *E. gibbiflora* la $\underline{K}$ depende en parte de la disponibilidad de sitios apropiados para el establecimiento.

Una hipótesis acerca de la relación que guardan la profundidad del suelo y la capa aérea de vegetación es que como los suelos del Pedregal tienen un componente de materia orgánica importante, conforme avanza la sucesión se genera más suelo y la vegetación aumenta de tamaño (Larson, 1992). Se encontró una correlación significativa entre la profundidad del suelo y la altura de la vegetación ($\underline{r}$ = 0.334 CE, r=0.304, US, ambas $\underline{p}$<0.001; Larson, 1992), lo que apoya esta idea.

Las plantas ocupan de manera diferencial el espacio disponible en el ambiente. En el sitio US las plantas "utilizan" las diferentes profundidades de suelo en la proporción en que estas se encuentran en el ambiente y esto apoya la idea de que es un sitio en equilibrio, ya que se han ocupado todo tipo de puntos. Esto contrasta con el sitio CE, donde lo que experimentan las plantas es diferente a lo disponible, a pesar de que entre los dos sitios la disponibilidad es similar. Respecto a la capa aérea de la vegetación se encontró que las diferencias entre los sitios son significativas, mientras que las plantas de ambos sitios muestran el mismo patrón de uso. Esto demuestra que la capa aérea afecta la distribución de las plantas de manera negativa (a más sombreado por otras plantas, menos individuos de *E. gibbiflora*). En los trabajos de Werner y Caswell (1977) y Menges (1990) también se encuentran evidencias en el sentido de que la productividad de la comunidad y la cobertura de vegetación total y arbórea afecta de manera negativa a las poblaciones estudiadas.

Análisis demográfico.

Los resultados obtenidos justifican plenamente el uso independiente de dos variables de tamaño para clasificar a los individuos. El supuesto detrás de esta decisión era que en

la estructura y dinámica poblacional basada en la longitud del tallo se reflejarían "eventos históricos", mientras que en el análisis basado en el diámetro de la roseta se reflejarían más bien las condiciones particulares de un intervalo de tiempo cercano al momento en que se efectuó el estudio (Larson, 1992).

Una de las evidencias más importantes del impacto de la perturbación sobre las propiedades demográficas y de la rapidez con que la población responde y comienza su recuperación es la reproducción precoz de los individuos de CE en 89-90. Este patrón se expresa claramente en el primer año, mientras que para el segundo año el patrón en CE ya es semejante al del otro sitio (US). Esto posiblemente se debe a que los "sitios seguros" (aplicando al reclutamiento, crecimiento y reproducción el concepto de "safe site" de Harper, 1977:111-113) fueron desocupados por la perturbación en ese sitio, y durante la colonización algunos individuos ocuparon un conjunto de espacios buenos para el establecimiento y crecimiento; estos individuos crecieron y se reprodujeron muy rápido, aunque su edad (reflejada por el largo de tallo) era relativamente pequeña. Existen evidencias de que en otras especies de plantas (e.g, *Dipsacus silvestris* y *Pedicularis furbishiae*) las tasas de crecimiento están relacionadas de manera inversa con la productividad de la comunidad; esto sugiere que el éxito de la comunidad es inverso al de las poblaciones de algunas plantas para las que la permanencia está relacionada con la perturbación y los procesos de sucesión (Werner y Caswell, 1977; Menges, 1990; Larson, 1992). En el caso de *E. gibbiflora* podríamos estar ante un caso semejante, ya que la respuesta a la perturbación es rápida y aparentemente las tasas de crecimiento van disminuyendo durante la sucesión.

El hecho de que ésta secuencia se exprese en las tasas de crecimiento muestra que la fecundidad de categorías pequeñas y su probabilidad de cambiar de categoría son muy importantes para el crecimiento poblacional. Podemos ver en esta secuencia una transición de un "comportamiento r" a un "comportamiento K" (Begon et al, 1986). Esto se ajusta a la suposición de que en la etapa de colonización el crecimiento de los individuos y su reproducción son los factores más importante para determinar la adecuación, mientras que cuando se llega cerca de la capacidad de carga, o sea a la etapa estable, la sobrevivencia y la competencia pasan a ser los parámetros críticos (Begon et al., 1986).

La demografía por rosetas muestra efectos pequeños o nulos de la historia de los sitios. Esto se debe a que independientemente del desarrollo de un individuo en términos de longitud de tallo, la roseta puede ser grande o pequeña y cambiar de categoría de tamaño de un año a otro sin que se observe algún patrón en particular. Las evidencias que apoyan esta idea son: la proporción de individuos por categoría es muy semejante entre años (Larson, 1992; Larson et al., mans.), y la contribución proporcional por categoría de tamaño de roseta a los centímetros de inflorescencia fue casi igual entre sitios y entre años. Un análisis detallado de las matrices de transición (Larson, 1992), muestra que mientras que el intervalo 89-90 fue dominado por la probabilidad de permanecer en la misma categoría, en el intervalo 90-91 los valores más altos correspondieron a las probabilidades de pasar a las siguientes categorías (Larson, 1992; Larson et al., mans.). Por otra parte, mientras que según el análisis usando el tamaño de las rosetas las mortalidades fueron mas altas para las categorías pequeñas, el análisis usando las categorías de largo de tallo indicó que las mortalidades permanecían constantes, independientemente del tamaño, los sitios y los años.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Estos resultados muestran, en primer lugar, que las poblaciones de *Echeveria gibbiflora* del Pedregal de San Angel se mantienen estables y "vigorosas", a pesar del especializado sistema reproductivo que presenta (solo es polinizada por una especie de colibrí en el Pedregal, ver Eguiarte et al., este volumen), y de las diferentes perturbaciones y drástica reducción de área que ha sufrido recientemente la reserva del Pedregal de San Angel. No sólo esto, sino

que según las proyecciones matriciales, se deben de mantener abundantes las poblaciones de *E. gibbiflora* en un sitio estable (US) y en un sitio perturbado se pueden recuperar muy rápidamente (CE). Dada que esta es una especie que, si bien es muy abundante en el Pedregal, tiene una distribución muy restringida, tanto por las localidades donde se le encuentra como por el tipo de habitat donde crece (Walther, 1972; Parra, 1988), esta es una información relevante, ya que su conservación dependerá básicamente de que se mantenga una área razonable del Pedregal sin perturbación excesiva.

En segundo lugar, los resultados muestran que el ejercicio de analizar la demografía a partir de dos mediciones distintas para obtener las categorías de tamaño es un ejercicio muy útil y relevante, ya que se complementan, revelando cada una patrones ecológicos diferentes, y de esta manera aportan informaciones distintas sobre procesos demográficos e históricos.

Este estudio, junto con los realizados en relación a sus interacciones con animales (Soberón et al.,1988; Parra, 1988; Jiménez y Soberón, 1989; Parra et al., 1993), a su ecología reproductiva (Parra 1988; Parra et al, 1992) y a su ecología evolutiva (Vargas, 1988; Eguiarte et al., este volumen) hacen de *Echeveria gibbiflora* una de las crasuláceas mejor estudiada en términos ecológicos y evolutivos del mundo (Parra et al, 1988). Es por esto que los trabajos con *Echeveria gibbiflora* son de gran importancia para la conservación de esta familia. Las crasuláceas comprenden más de 25 géneros y unas 1,550 especies, incluyendo unas 117 especies del género *Echeveria* en México (Walther, 1972; Parra et al., 1993). La mayoría de las especies de la familia son endémicas, teniendo poblaciones locales pequeñas y usualmente se encuentran restringidas a hábitats muy particulares. Esta contribución representa una etapa dentro de un estudio más amplio de la especie y la familia que estamos realizando en el Centro de Ecología, tanto en términos de su ecología, de su genética evolutiva y de su conservación.

LITERATURA CITADA

Begon, M., Harper, J.L. & C.R. Townsend (1986). Ecology: Individuals, Populations, and Communities. Blackwell, Oxford, UK.

Caswell, H. (1989). Matrix Population Models: Construction, Analysis, and Interpretation. Sinauer, Sunderland, Mass., USA.

Eguiarte, L.E., V. Parra y F. Vargas (1993) Biología reproductiva y tamaño efectivo en *Echeveria gibbiflora*: un homenaje a Sewall Wright (este volumen).

Harper, J.L. (1977). Population Biology of Plants. Academic Press. London, UK.

Jiménez, G. y J. Soberón (1989) Laboratory rearing of *Sandia xami xami* (Lycaenidae: Eumaeinii). Journal of Research on the Lepidoptera 27: 268-271.

Larson, J. (1992) Estudio demográfico de *Echeveria gibbiflora* DC (Crassulaceae) en el Pedregal de San Angel. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F. México.

Larson J., C.R. Cordero y L.E.Eguiarte (mans.). Evolutionary demography of *Echeveria gibbiflora* (Crassulacea): Variability, sensitivity analysis and effective populations size.

Leslie, P.H. (1945). On the Use of Matrices in Certain Population Mathematics. Biometrika 33: 183-212.

Menges, E.S. (1990). Population Viability Analysis for an Endangered Plant. Conservation Biology 4:52-62.

Parra, V. (1988). Ecología de la Polinización en una población de *Echeveria gibbiflora* D.C. en el Pedregal de San Angel, C.U. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM, México, D.F., México.

Parra, V., C. F. Vargas y L.E.Eguiarte (1993) Reproductive biology, pollen and seed dispersal, and neighborhood size in the hummingbird-pollinated *Echeveria gibbiflora* (Crassulaceae). American Journal of Botany 80: 153-159.

Rabinovitz, D. (1981). Seven forms of rarity. En: Synge, H. (ed.) The Biological Aspects of Rare Plant Conservation, p. 205-217. John Wiley & Sons Ltd. NY, USA.

Rzedowski, J. (1954). Vegetación del Pedregal de San Angel (D.F. México). Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas 8:59- 129.

Soberón, J., C. Cordero, B. Benrey, P. Parlange, C. García-Saénz. y G. Berges (1988) Patterns of oviposition by *Sandia xami* (Lepidoptera, Lycaenidae) in relation to food plant apparency. Ecological Entomology 13: 71-79.

Vargas, F. (1988). Determinación del tamaño efectivo de una población de *Echeveria gibbiflora* D.C. en el Pedregal de San Angel, C.U., México. Tesis de licenciatura, UNAM, México D.F. México.

Walther, E. (1972). Echeveria. California Academy of Sciences, San Francisco, USA.

Werner P.A. & H. Caswell (1977). Population growth rate and age versus stage distribution models for teasel (Dipsacus sylvestris HUDS.) Ecology 58: 1103-1111.

Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica El Pedregal

Aquiles Negrete Y. & Jorge Soberón.

INTRODUCCION

La flora y fauna que habita la reserva El Pedregal ha sido sometida a un rápido aislamiento, debido al veloz crecimiento urbano. El acelerado ritmo de construcción en tan sólo 40 años ha ocupado más del 90% del área que originalmente constituía el Pedregal de San Angel. El resultado final de este fenómeno de colonización humana ha sido la formación de varias "islas" de vegetación, en las que han sobrevivido pequeñas poblaciones de animales. Los mamíferos silvestres que han permanecido dentro de la "isla" de mayor extensión, la que conforma actualmente la Reserva El Pedregal, son el motivo de la presente investigación.

De las 100 especies de mamíferos que habitaban el Valle de México en un área de 9600 Km^2 solo subsisten 87, y de éstas, gran parte se encuentra en serio peligro de desaparecer del área (Lopez-Forment, 1989).

En la región donde hoy se localiza la delegación de Coyoacan existían coyotes, mapaches, cacomixtles, tlalcoyotes, liebres y conejos. Los últimos reportes de fauna mayor son en la periferia de la ciudad y consisten en avistamientos de coyotes en Milpa Alta, venados en el Desierto de los Leones, por supuesto, en números muy reducidos (Lopez-Forment, 1989). Hace alrededor de 20 o 30 años, fue visto un puma en el Ajusco y un lince en el Ixtacihuatl.

Algunos naturalistas que visitaron el pedregal de San Angel el siglo pasado, hicieron descripciones tanto faunísticas como florísticas. Sin embargo los primeros ejemplares de mamíferos del Pedregal de San Angel reportados formalmente en la literatura fueron colectados recientemente por Villa (1953).

En el presente trabajo se identificaron las especies de mamíferos silvestres que aun ocurren en la reserva, se reconocieron aspectos de su distribución y abundancia y se evaluó el estado actual de sus poblaciones.

El Muestreo

Los mamíferos no voladores fueron capturados con trampas Tomahawk y Sherman, los murciélagos fueron muestreados en redes ornitológicas. Todos los mamíferos fueron marcados con aretes numerados para su identificación posterior y liberados después del manejo y toma de datos.

Una fotografía aérea de Ciudad Universitaria fue digitalizada, el punto marcado con el número uno corresponde a el CCH Sur, el número dos sitúa al Espacio Escultórico, la avenida Insurgentes está señalada con el número tres y el Jardín Botánico con el cuatro. En este mismo esquema aparecen los puntos aproximados donde fueron capturados las diferentes especies de mamíferos medianos. La linea a trazos, marca los tres puntos de recaptura del zorrillo *Spilogale putorius*.

Se instalo también un sistema de trampas o camas de arena para registrar huellas. Este sistema permitió corroborar los datos de trampeo en cuanto a presencia y ausencia de mamíferos en el área, y efectuar una comparación entre el ala este y oeste de la reserva. En la figura 1 las líneas alternadas de trazos y círculos representan la ubicación de los transectos.

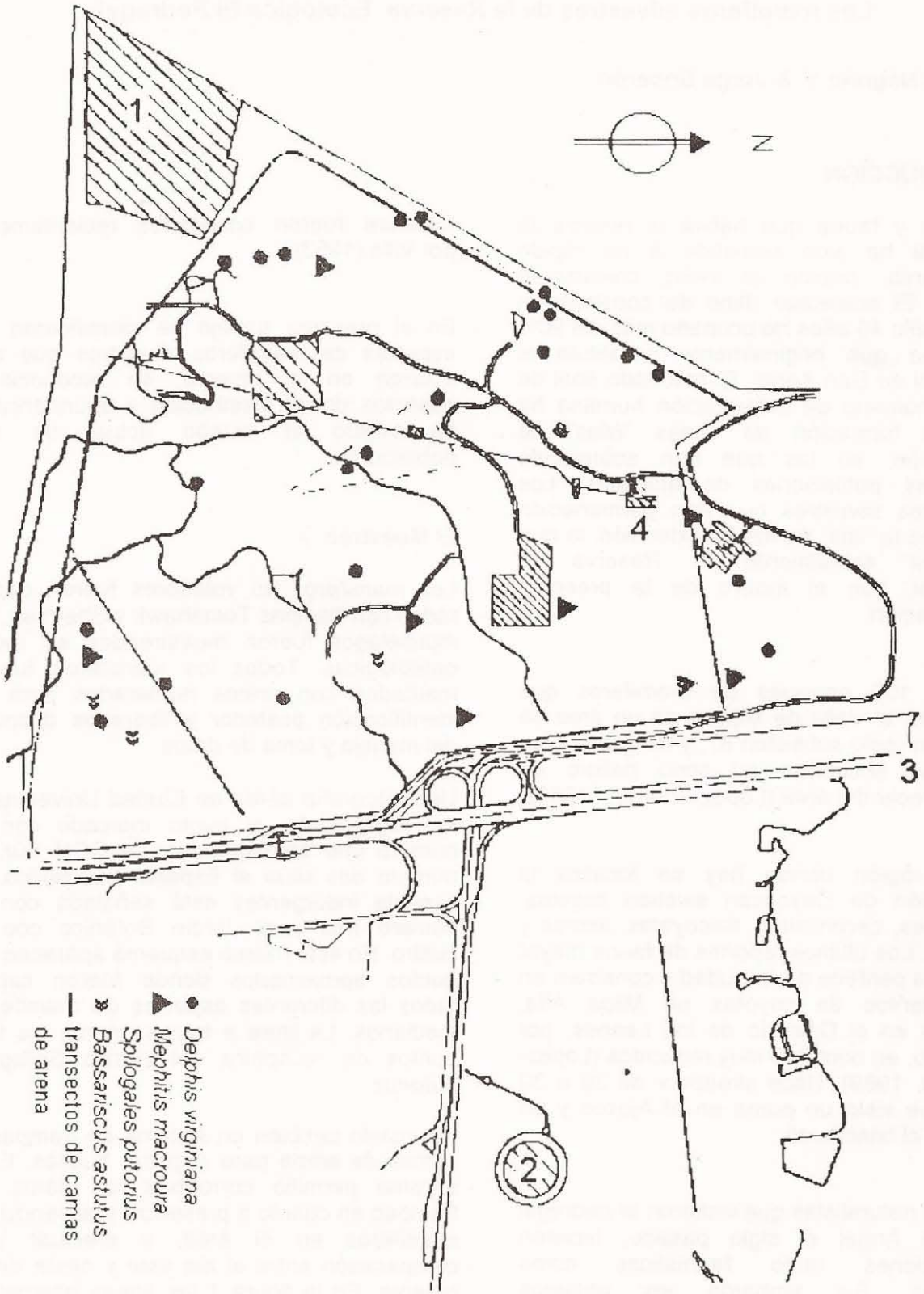

1
N
4
3
2
• Delphis virginiana
▲ Mephitis macroura
Spilogales putorius
Bassariscus astutus
— transectos de camas de arena

Figura 1

Las Especies

Históricamente se han registrado 36 especies de mamíferos en El Pedregal (tabla 1). Es este estudio sólo se registraron 16 especies en el área. Consideramos, sin embargo, que 10 especies adicionales de murciélagos no registrados pueden estar presentes, ya que son de hábitos migratorios y el muestreo de este grupo no fue intensivo. Por lo tanto, la fauna actual es de aproximadamente 22 especies.

Durante los últimos 50 años han desaparecido 14 especies de mamíferos, este numero representa el 39% del total que alguna vez existió en el área. De las especies ausentes, la mayoría son roedores, constituyendo el 86% del total de especies desaparecidas. Actualmente los mamíferos del Pedregal pertenecen en un 46% (12 spp) al Orden Chiroptera, 30% (7 spp) al Orden Rodentia, 15% (4 spp) al Orden Carnívora, Insectívora, Marsupialia y Lagomorpha cada uno 4% (1 spp) del total. Cuadro 1. Lista Actualizada de los Mamíferos del Pedregal. Se registran todas las especies reportadas hasta 1991, y se indica con un asterisco (*) aquellas que posiblemente están ya ausentes de la zona, con dos asteriscos (**) las que fueron observadas durante el desarrollo de este trabajo y, finalmente con tres (***) las que no se registraron pero probablemente siguen presentes.

TABLA 1

Orden Marsupialia

1) *Didelphis virginiana californica* Bannett 1833
Tlacuache. **

Orden Insectívora

Familia Soricidae

2) *Sorex saussurei* Merriam 1842.
Musaraña. **

3) *Sorex ventralis* Merriam 1892.
Musaraña. *

Orden Chiroptera

Familia Mormoopidae

4) *Mormoops megalophylla megalophylla* Peters 1864.
Murciélago ***

Familia Phyllostomatidae

5) *Anoura geoffroyi lasiopyga* Peters 1868.
Murciélago **

6) *Choeronycteris mexicana* Tschudi 1844.
Murciélago ***

7) *Leptonycteris nivalis* Saussure 1860.
Murciélago ***

8) *Leptonycteris curasaoe yerbabuena* Martínez y Villa 1940.
Murciélago **

Familia Vespertilionidae

9) *Myotis velifer velifer* J. A. Allen 1890.
Murciélago ***

10) *Lasiurus cinereus cinereus* P. de Beauvois 1796.
Murciélago ***

11) *Idionycteris phyllotis* G. M. Allen 1916.
Murciélago ***

12) *Eptesicus fuscus miradorensis* H. Allen 1866.
Murciélago ***

13) *Plecotus mexicanus* G.M. Allen 1916.
Murciélago ***

Familia Molossidae

14) *Tadarida brasilensis mexicana* Saussure 1860.
Murciélago ***

15) *Nyctinomops macrotis* Gray 1839.
Murciélago ***

Orden Lagomorpha

Familia Leporidae

16) *Sylvilagus floridanus orizabae* Merriam 1893.
Conejo **

Orden Rodentia

Familia Sciuridae

17) *Spermophilus mexicanus mexicanus* Erxleben 1777.
Ardilla *

18) *Spermophylus variegatus variegatus* Erxleben 1777.
Ardilla **

Familia Geomydae

19) *Pappogeomys merreami merreami* Thomas 1893.
Tuza *

Familia Heteromydae

20) *Liomys irrotatus alleni* Coves 1881.
Ratón *

Familia Cricetidae

21) *Reithrodontomys fulvescens toltecus* Merriam 1901.
Ratón *

22) *Reithrodontomys megalotis saturatus* Allen 1897.
Ratón *

23) *Baiomys taylori analogus* Osgood 1909.
Ratón.

24) *Peromyscus gratus* Merriam 1898.
Ratón **

25) *Peromyscus maniculatus labecula* Eliiot 1903.
Ratón *

26) *Peromyscus melanotis* J. A. Chapman 1897.
Ratón *

27) *Microtus mexicanus mexicanus* Saussure 1861.
Ratón *

28) *Sigmodon hispidus berlandieri* Baird 1855.
Rata *

29) *Neotoma mexicana torguata* Ward 1891.
Rata **

Familia Muridae

30) *Rattus norvegicus norvegicus* Berkenhout 1769.
Rata gris **

31) *Rattus rattus alexandrinus* Geoffroy 1803.
Rata Negra ***

32) *Mus musculus brevirostris* Waterhouse 1837.
Ratón **

Orden Carnínova

Familia Canidae

33) *Urocyon cinereoargenticus nigrirostris* Lichtenstein 1850.
Zorra gris **

Familia Procyonidae

34) *Bassariscus astutus astutus* Lichtenstein 1830.
Cacomixtle **

Familia Mustelidae

35) *Spilogale putorius angustifrons* A. H. Howell 1902.
Zorrillo **

36) *Mephitis macroura macroura* Lichtenstein 1832.
Zorrillo **

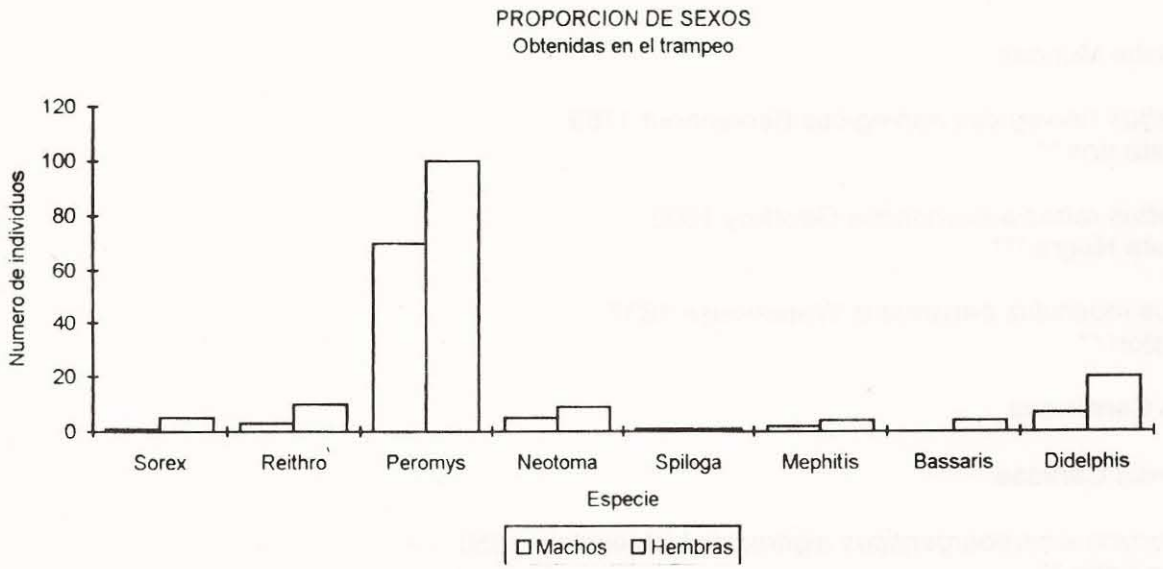
37) *Mustela frenata perotae* Hall 1936.
Comadreja ***

Es importante destacar que dentro de El Pedregal existen también especies de mamíferos introducidas como ratones, ratas, perros y gatos. A estas especies se les encuentra habitualmente asociadas a edificios, basureros y otros lugares de actividad humana. Aunque se sospecha que estas especies pudieran competir con las nativas e incluso depredarlas, su interacción hasta el momento no ha sido demostrada.

Abundancias y Densidades

El mamífero mas abundante según los trampeos es el ratón *Peromyscus gratus* (n=168), en el cuadro 1 aparece solo la mitad de las capturas debido a que el esfuerzo de captura es el doble que el de los mamíferos medianos. En segundo lugar de abundancia se encuentra en el Tlacuache, *Didelphis virginiana* (n=27), siendo una especie que presenta altas densidades en la zona. Una especie común es el zorrillo, *Mephitis macroura*, (n=8), las demás especies son poco abundantes o escasas (n=5 o menos).

La proporción de sexos que se observó durante el trampeo, muestra claramente que en todas las especies la proporción de hembras es mayor a la de machos.



Cuadro 1. Proporción de sexos obtenida en los individuos capturados durante el muestreo.

Especie	D. Teóricas	D. absolutas	
Sorex saussurei	124	--	
Reithrodontomys sp.	69	1	*
Peromyscus gratus	61	65	*
Neotoma mexicana	14	13	*
Spermophilus variegatus	8	--	
Mephitis macroura	6	.75	#
Sylvilagus floridanus	4	--	
Bassariscus astutus	.25	.27	#
Didelphis virginiana	4	3	#
Urocyon cinereoargenteus	1/13	--	

Cuadro 2. Densidades absolutas (*) y relativas (#) recabadas durante el trampeo dentro de la reserva El Pedregal.

Las densidades absolutas fueron calculadas por el sistema de mínimo número vivo (Krebs 1966) y las relativas fueron obtenidas de los trampeos en el área durante 2 noches cada cuadrante (aprox. 1 hectárea). Se asume que el número de individuos capturados es el total que habita en esa hectárea, esto aunque subestima la abundancia ofrece un medio de comparación.

El cuadro 2 muestra las densidades relativas obtenidas en el campo durante el muestreo y las absolutas obtenidas por C. Chávez-Tovar en 1991.

Con los datos paralelos de densidades, obtenidos por trampeo de captura y con el sistema de camas de arena, se construyo la figura 2. En ella, los valores numéricos acerca de la abundancia de las especies están representados de manera porcentual, con el objeto de hacer comparables los dos estimadores.

En relación con las curvas de abundancia relativa presentadas en la figura 2, puede notarse que el perfil general es semejante; aún cuando la superposición de las gráficas muestra algunas diferencias en las proporciones de las especies, permite constatar que nuestros valores no son del todo discrepantes.

La comparación de los datos obtenidos con los dos estimadores sobre abundancia relativa de las especies muestra que en el caso del sistema de trampas para captura las poblaciones de Cacomixtles son ya reducidas. En cambio con el muestreo con el sistema de camas de arena, se estima un tamaño de población mayor. Una posible interpretación de estas diferencias pudiera ser, el hecho de que un mamífero con mayor grado de encefalización posee también mayor capacidad para evadir la captura.

En cualquier circunstancia la población estimada de *Basariscus astutus* no supera algunas decenas de individuos y justifica una atención especial y una cercana vigilancia numérica.

Las densidades teóricas fueron obtenidas mediante regresiones peso-densidad poblacional (Peters, 1976).

Comparación Este-Oeste

La comparación de las zonas este y oeste de la reserva mediante el procedimiento de camas de arena, permite hacer las siguientes aseveraciones: La composición de especies en ambas zonas de la reserva no resultó estadísticamente diferente por lo que pueden seguir considerandose como similares.

Por otra parte el análisis estadístico de la composición de la diversidad de ambas zonas muestra que existen ya diferencias significativas entre la zona este y oeste de la reserva. Los valores de equidad mostraron que el oeste de es más equitativo que el este.

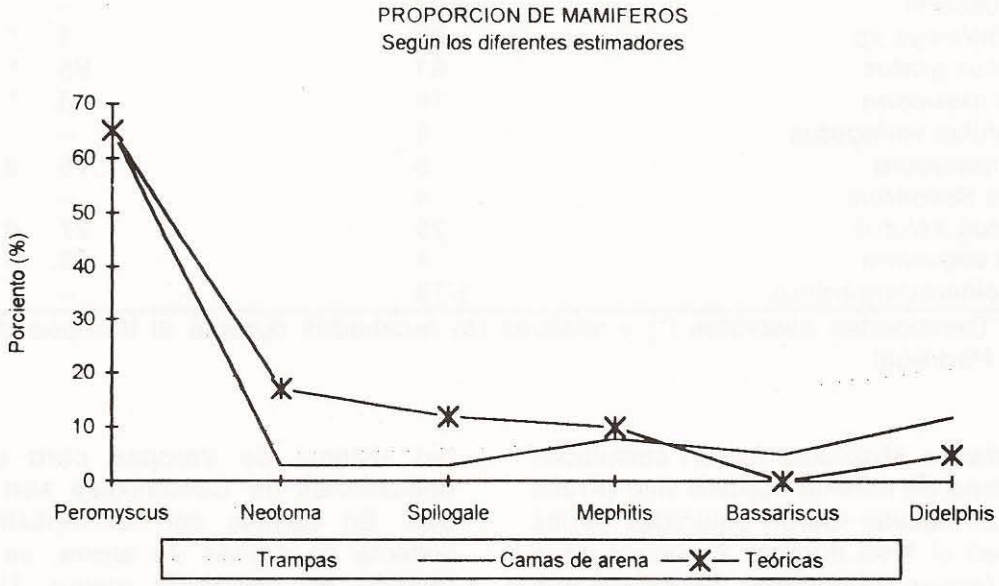


Figura 2

El Pedregal en Perspectiva

Comparando El Pedregal con las zonas cercanas se observa como el primero, a pesar de su área tan reducida (1.4 Km^2) y aislada, ha mantenido gran diversidad; en el sitio se encuentran casi todos los Ordenes de mamíferos. (figuras 3a y 3b).

figura 3a. Ordenes de mamíferos registrados en El Pedregal desde 1950 vs 1991 en el mismo Pedregal y en Zoquiapan, El Ajusco y El Pelado.

En la actualidad todavía se puede observar que hasta muy recientemente, la diversidad en el Pedregal era una de las más ricas en especies.

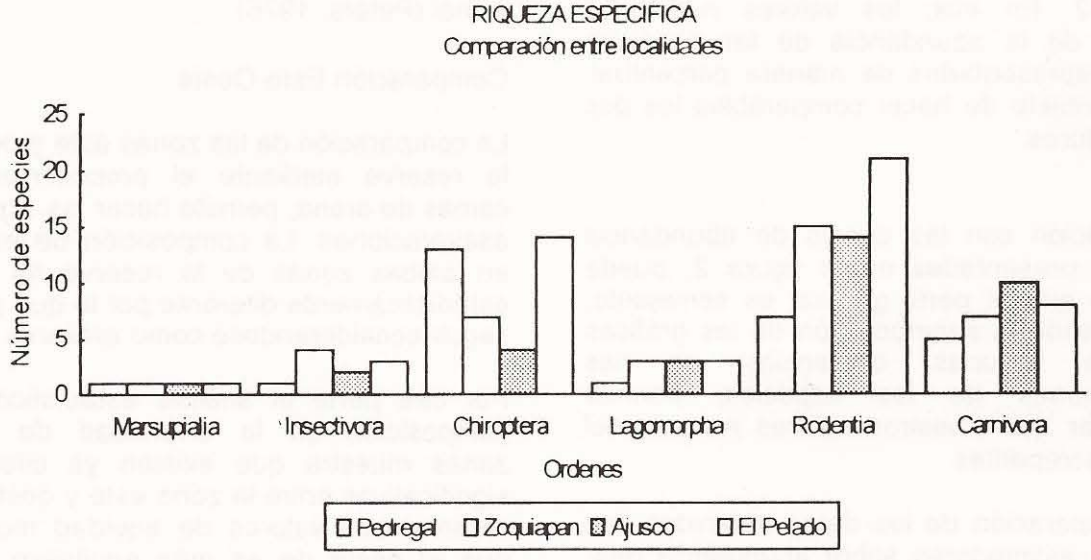


Figura 3a

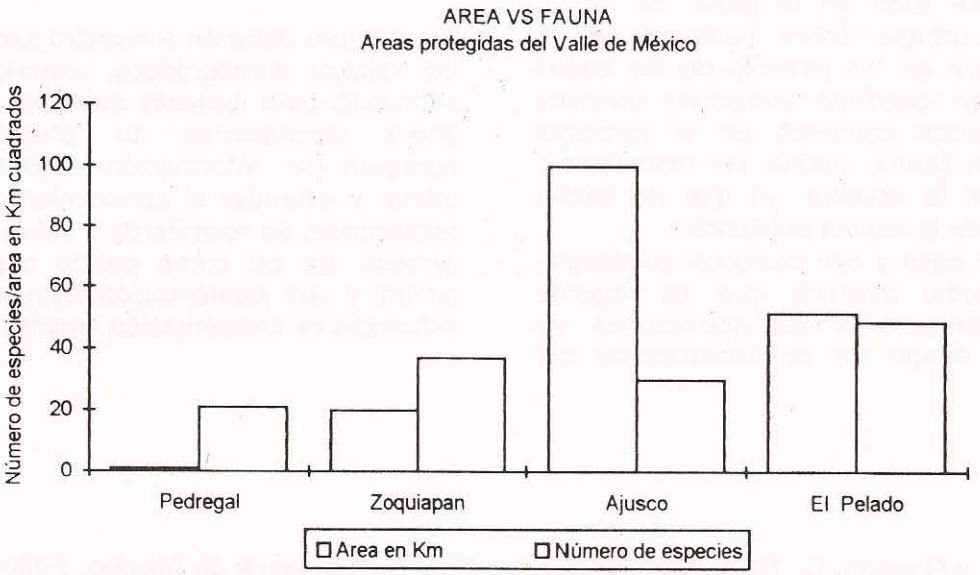


Figura 3b

Conservación y manejo

Desde la creación de la reserva, el deterioro de la zona ha podido ser frenado considerablemente, no obstante existen aún muchos problemas pendientes de solución.

Un ejemplo de una acción protectora muy reciente ha sido la construcción de una barda alrededor de la reserva. Esta nueva barrera se espera que proteja a la reserva del deterioro que produce el crecimiento urbano como la generación de basureros; el saqueo de plantas y animales o los actos delictivos de muy diversa índole que se llevan a cabo en esta zona.

También representa una especial protección para aquellos animales que suelen cruzar las avenidas y que con frecuencia se encuentran atropellados. Inquieta, no obstante, el posible impacto negativo que el aislamiento puede producir sobre los organismos que viven ya sea dentro de la reserva o los que viven en los camellones y zonas de vegetación aledañas.

Se teme que las poblaciones de algunos animales, para lo que es importante la interconexión de las zonas, caso de tlacuaches y ardillas, se vieran afectadas aislando a los organismos que habitan en las islas de vegetación, de los del interior de la reserva, reduciendo aún mas sus poblaciones.

Es justificado suponer que algunas de las poblaciones de animales vivan en un hábitat subdividido con una trama con conexiones complejas que hasta ahora desconocemos. Es de hecho factible, que la zona este y la oeste estén conectadas por una cadena de parches o camellones por donde las especies establezcan "contacto genético".

En cualquier caso habiendo o no estado conectadas las zonas a través de la avenida de los Insurgentes, para este momento tal posibilidad ha sido limitada con la construcción de la barda. El aislamiento general de la reserva, adicionado al de reciente generación, hace inminente un buen diseño integral para el seguimiento y control de la zona en su totalidad.

En relación específicamente a la fauna sería conveniente, en primera instancia, intercambiar periódicamente organismos entre ambas zonas de la reserva e introducir algunos adicionales de las mismas especies y variedades reubicados desde zonas aledañas, ello permitiría el mantenimiento de los acervos genéticos.

Un fenómeno común en la zona sur de la ciudad, sobre todo en la parte de rápido crecimiento urbano sobre pedregal, es el hecho de que en los jardines de las casas privadas, han quedado atrapados diversos animales, antes comunes en el pedregal original. Esta fauna, podría ser rescatada y reubicada en la reserva, ya que de hecho forma parte de la misma población.
En cualquier caso y con cualquier estrategia, nuestro estudio muestra que es urgente elevar numéricamente las poblaciones ya escasas, a riesgo de su desaparición del área.

El futuro

En el futuro deberán a nuestro juicio afinarse los trabajos demográficos, usando trampeos intensivos para aquellas especies de las que ahora constatamos su presencia. Ello agregará la información necesaria para refinar y extender el conocimiento sobre las poblaciones de mamíferos y sobre el área en general. Es así como puede esperarse un control y una reorientación adecuada de los esfuerzos de conservación vigentes.

Bibliografía

Ceballos, S. y Galindo, C. 1984. Mamíferos Silvestres de la Cuenca de México. Editorial Limusa México.

Ceballos y Navarro 1991 (En prensa)

Gómez, J. L. 1990. Ecología de Poblaciones de Pequeños Mamíferos en el Volcán Pelado D. F. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias UNAM. México.

Leopold, A. S. 1982 Fauna Silvestre de México. Ed. Pax-México. México D.F.

López-Forment, Conradt, W. "La Situación Actual de los Mamíferos

Maass, J. et al. 1981. Ecología de la estación experimental Zoquiapan Universidad Autonoma Chapingo.

Negrete A. 1991 Los Mamíferos Silvestres de la Reserva Ecológica El Pedregal. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias UNAM. México.

Peters, R. H. 1983. The Ecological Implications of Body Size. pp 235-284 Cambridge University Press USA.

Rzedowsk, J. 1955. Vegetación del Pedregal de San Angel, D. F. An. ENCB, IPN. México.

Rzedowski, J. 1978. La Vegetación de México, Limusa Wiley. México.

Sánchez, O., G. López-Ortega y R. López-Wilchis. "Murciélagos de la Ciudad de México y sus Alrededores" en: Ecología Urbana Gio-Argaéz, R. et al (Comps.) 1989.

Soberón, J. 1991 "Ecología Hipotética del Pedregal de San Angel" en: Ciencia y Desarrollo. XVII (99): 25-38.

Soulé, M. E. 1987 Vible Populations For Conservation. Cambridge University Press. U.S.A.

Historia Natural Comparada de los Pequeños Mamíferos de la Reserva El Pedregal

J. Cuauhtémoc Chávez y Gerardo Ceballos

INTRODUCCION

Las actividades antrópicas han provocado severos impactos negativos sobre el ambiente. El impacto de estas actividades ha pasado de escalas locales y regionales a una escala global. Entre los impactos de mayor envergadura a este nivel se encuentran el calentamiento global de la atmósfera, la reducción de la capa de ozono y la lluvia ácida (Ceballos, 1993).

Dentro de este contexto uno de los mayores problemas que enfrenta la fauna silvestre es la destrucción del hábitat. Muchos sitios naturales han sido transformados en áreas urbanas, causando con ello la desaparición de la mayoría de las especies de mamíferos silvestres; solo algunas han logran sobrevivir en los suburbios o en jardines y parques citadinos (e. g., Parren y Capen, 1985; Sánchez, et al., 1989; López-Forment, 1989).

Las especies de mamíferos que han podido sobrevivir dentro de los fragmentos de vegetación "natural" se enfrentan a problemas de diversa índole, como depredación y competencia por parte de especies introducidas, así como de las contínuas perturbaciones por actividades antrópicas (e.g. Ostfeld y Klosterman, 1986; Fa, et al., 1990). El estudio de las especies que se encuentran en estos fragmentos de vegetación natural es necesario para comprender el efecto que ha tenido la reducción y fragmentación del hábitat sobre sus poblaciones, así como para proponer medidas adecuadas para la conservación de los fragmentos de áreas naturales en las ciudades.

La Ciudad de México es una las metrópolis más pobladas del y extensas del mundo, abarcando una área de alrededor de mil kilómetros cuadrados. Su acelerado crecimiento ha causado la destrucción de comunidades enteras de plantas y animales, quedando pocas áreas naturales poco perturbadas, dentro de las cuales cabe destacar la Sierra de Guadalupe y el Pedregal de San Angel.

Situado al sur de la ciudad, El Pedregal es un buen ejemplo de las transformaciones que han sufrido los ecosistemas en la Cuenca de México debido a la expansión de la mancha urbana. Durante los últimos 40 años el área del Pedregal se ha reducido en un 90% de alrededor de 80 km² a menos de 2 km², desapareciendo habitats como pastizales y bosques de encino. Por este motivo en este estudio revisamos la historia natural de seis especies de pequeños mamíferos presentes en el Pedregal de San Angel, así como el impacto que ha tenido su reducción y fragmentación, en estas especies. Información detallada de su ecología poblacional y de comunidades se reporta en Chávez (1993a).

METODOS

El trabajo de campo fue hecho durante los meses de septiembre de 1989 a octubre de 1990. El área de estudio se localiza en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel, en la delegación de Coyoacán al sur de Ciudad Universitaria, Distrito Federal, entre los 19°20'22" y 19°13'25" N y 99°08'26" y 99°14'3" W. Hace unas décadas, el Pedregal se extendía desde el Pedregal de San Angel (pueblo) hasta la falda del Ajusco (Alvarez et al, 1982). La elevación a la que se encuentra es de 2,540 m.s.n.m. La topografía

es muy accidentada, presentando cuevas, hondonadas y promontorios rocosos.

El clima es templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano (Cb(W1)(W)) (Gárcia, 1978). Se encuentra entre las isotermas de 15.3 °C y 15.6 °C. La precipitación promedio anual es de 870.2 m. La época de secas se registra de octubre a mayo.

El medio es muy heterogéneo, con una gran cantidad de microambientes, los que han permitido el establecimiento de plantas con requerimientos ambientales muy diversos y que conforman una flora muy variada con 350 especies de plantas, de las que sólo se han registrado recientemente 226 especies (Rzedowski, 1954, 1979; Alvarez et al., 1982; Valiente-Banuet y De Luna, 1990).

Algunas de las especies arbustivas y arbóreas dominantes son *Senecio praecox*, *Opuntia tomentosa*, *Agave ferox*, *Wigandia urens*, *Senna septentrionalis*, *Verbesina virgata*, *Montanoa tomentosa*, *Dodonaea viscosa*, *Eupatorium petiolare*, *Buddleia chordata* y *Buddleia parviflora*. La mayoría de estos arbustos superan el metro de altura. En el estrato herbáceo predominan las gramíneas y las compuestas dentro de las cuales la más abundante es *Muhlenbergia robusta*, siendo menos conspícuas *Muhlenbergia rigida* y *M. plicata* así como *Dahlia coccinea*. Fenológicamente, el periodo vegetativo ocurre de fines de mayo hasta agosto; y en septiembre y octubre se presenta el máximo de plantas en flor y fruto aunque en noviembre, diciembre y enero se reproducen otras especies. Muy pocas son las plantas activas entre febrero y mayo (Rzedowski, 1954).

Las observaciones fueron realizadas en dos cuadrantes de muestreo, separados entre sí por 30-50 m con una dirección Norte-Sur, en la sección oeste de la reserva. Para el muestreo de los roedores se empleó el método de captura-recaptura, usando trampas tipo "Sherman" (28 X 8 X 9 cm). En cada cuadrante se colocaron 100 trampas separadas entre sí por una distancia de 10 m formando un reticulado, con 10 hileras y 10 columnas, abarcando una área de 8,100 m² (0.81 ha). Las trampas fueron puestas mensualmente durante tres noches consecutivas durante luna nueva. Adicionalmente se pusieron trampas en los árboles. Las trampas se cebaron con una mezcla de hojuelas de avena, crema de cacahuate y esencia de vainilla.

A los individuos capturados se les tomaron las medidas externas (largo de la oreja y pata izquierdas en milímetros y la masa corporal en gramos) y la condición reproductiva (para hembras, presencia de embriones o lactantes o no reproductivas; para machos la posición de los testículos inguinales o excrotados fueron registrados. Los organismos capturados fueron marcados mediante un arete numerado en la oreja, excepto *Reithrodontomys* que debido a su tamaño, fue marcado por ectomización de falanges, y liberados en el lugar de captura.

Para calcular la diversidad de especies se empleó el índice de Shannon-Wiener (H'), la diversidad máxima (H' max) y la equitatividad (J') (Zar 1984). Se hizo una comparación de la diversidad entre sitios usando la fórmula modificada por Zar (1984).

Para los análisis de comparaciones de las densidades entre los cuadrantes se ocuparon los datos promedio, utilizando pruebas de U de Mann-Whitney, para diferenciar entre dos medias de valores no paramétricos, ya que los datos no se comportaban de una manera normal (Siegel, 1982).

Para el calculo de las densidades de los organismos se empleó el método del número mínimo vivo (MNV)(Krebs 1966). Este método es más confiable que otros métodos de uso común, tales como el estocástico de Jolly o el de enumeración directa, que tiende a subestimar la densidad de población (Smith, 1968; Cameron, 1977).

RESULTADOS

Históricamente se han reportado 33 especies de mamíferos en El Pedregal (Villa, 1953; Ceballos y Galindo, 1984), número que se ha reducido en la actualidad a 24 especies, ya que han desaparecido 6 especies de ratones, una musaraña, una tuza y una ardilla (Negrete, 1991; Chávez y Ceballos, 1992; Chávez, 1993b).

El éxito de trampeo fue de 20.95% para el Cuadrante I y de 24.86% para el cuadrante II, en 4200 noches-trampa para cada cuadrante. Se capturaron a seis especies de pequeños mamíferos (*Sorex saussurei*, *Didelphis virginiana*, *Spermophilus variegatus*, *Reithrodontomys fulvescens*, *Neotoma mexicana* y *Peromyscus gratus*) representantes de 3 órdenes, 4 familias y 6 géneros. Apartir de aquí, todas las especies se referirán por su nombre génerico.

La riqueza de especies en los dos cuadrantes fue de 6 especies. La diversidad no fue diferente entre los cuadrantes ($t=0.13$, $p>0.05$, $n=6$) (Cuadro 1). La diversidad de los roedores sigmodontinos (*Peromyscus*, *Neotoma* y *Reithrodontomys*) mostró una diversidad mayor ($t=3.972$, $P<0.0025$, $n=3$) en el cuadrante I.

Las especies se clasificaron como abundantes si estaban representadas por más de 40 individuos, comúnes de 10-39 y escasas con menos de 9 individuos. Para el cuadrante I se encontró una especie abundante (*Peromyscus*), dos especies comunes (*Neotoma* y *Reithrodontomys*) y tres escasas (*Sorex*, *Spermophilus* y *Didelphis*); mientras que para el cuadrante II las especies mostraron las mismas abundancias, con excepción de *Reithrodontomys* que fue escasa (Cuadro 2; Figura 1).

A continuación se presenta la información más relevante para cada especie:

Didelphis virginiana.- El tlacuache es una especie de hábitos nocturnos. Es la única especie de marsupial en la Cuenca de México. Su tamaño es similar al de un gato casero, con patas cortas, rostro afilado, cola desnuda y prensil. Se encuentra ampliamente distribuído en toda la reserva, con densidades poblacionales de por lo menos 1 ind/ha (Negrete, 1991; Chávez y Ceballos, 1992). Las capturas en las trampas Sherman fueron ocasionales, ya que se capturaron a ocho individuos juveniles en los meses de junio y julio, que corresponde con la época de reproducción. Su alimentación consiste

CUADRO 1. Número de especies que suman más del 65% de capturas (por ejemplo especies comunes), número de individuos, diversidad de especies (H´), diversidad máxima (H´máx) y equitatividad (J) en el Pedregal de San Angel.

	No. DE ESPECIES	ESPECIES COMUNES	NUMERO DE INDIVIDUOS	H´	H´max	J
CUADRANTE 1	6	3	172	0.31	0.48	0.14
CUADRANTE 2	6	2	166	0.17	0.30	0.08
TOTAL	6	3	338	0.25	0.48	0.10

CUADRO 2. Respuesta al trampeo por poblaciones de roedores en el Pedregal de San angel.

ESPECIES	# DE INDIVIDUOS CAPTURADOS			DENSIDAD (IND/Ha)		
	M	H	TOT	M	H	TOT
Peromyscus gratus						
CUADRANTE 1	61	68	129	12.4 ± 3.0	17.1 ± 5.8	14.2 ± 5.0
CUADRANTE 2	65	81	149	15.9 ± 6.0	22.1 ± 7.4	38.0 ± 13
TOTAL	127	149	275	14.2 ± 5.0	19.6 ± 7.1	33.7 ± 11.6
Neotoma mexicana						
CUADRANTE 1	17	12	29	2.4 ± 1.8	2.6 ± 2.6	5.1 ± 1.7
CUADRANTE 2	03	16	19	0.5 ± 0.7	2.1 ± 1.3	2.7 ± 1.7
TOTAL	20	28	48	1.5 ± 1.7	2.4 ± 2.1	3.9 ± 3.2
Reitrhodontomys fulvescens						
CUADRANTE 1	02	12	14	0.1 ± 0.3	1.0 ± 0.9	1.1 ± 1.1
CUADRANTE 2	01	00	01	-----	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3
TOTAL	03	12	15	0.1 ± 0.3	0.5 ± 0.8	0.6 ± 0.9

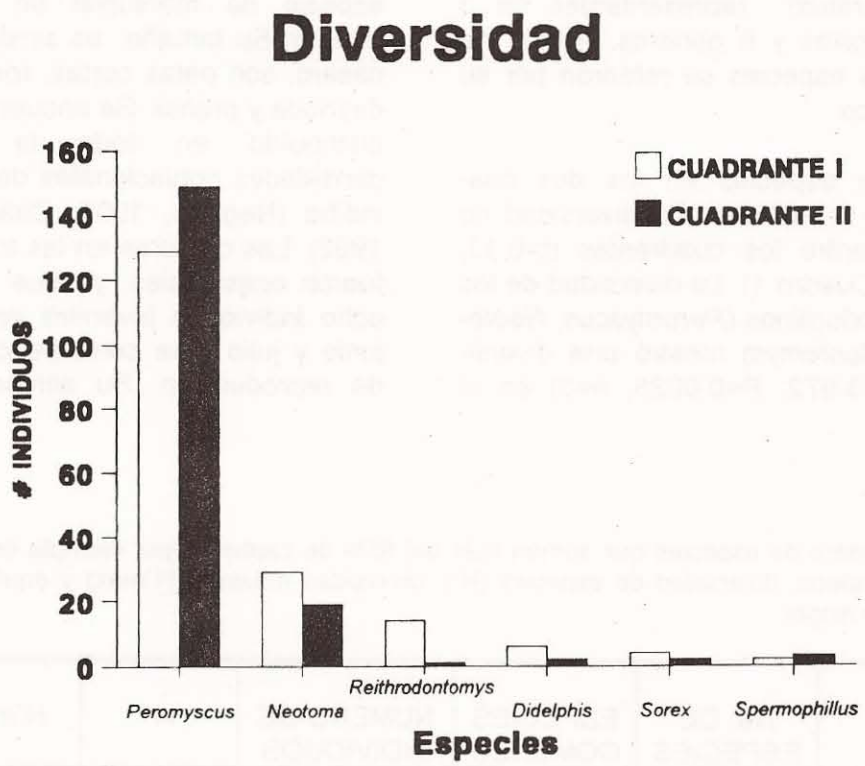


Figura 1. Diversidad y composición de las especies de pequeños mamíferos en el Pedregal de San Angel.

principalmente de materia vegetal, pero ocasionalmente llega a consumir insectos y otros pequeños mamíferos.

Sorex saussurei.- Esta musaraña que se encuentra distribuida en suelos con cubierta de pastos, principalmente en bosques

templados como encinares, oyamentales y bosques de pino fue capturada de manera accidental en el trampeo. Se colectaron 6 ejemplares entre los meses de agosto a enero, meses en los cuales hay una mayor disponibilidad de insectos.

Spermophilus variegatus.- El ardillón es de hábitos diurnos, y vive principalmente en lugares rocosos. Es de color gris mezclado con negro. Su cola esponjada es casi del tamaño del cuerpo. Es una especie común en El Pedregal, que generalmente puede encontrarse entre las rocas, aunque ocasionalmente puede trepar a los árboles. Es una especie que ha resistido bastante bién la perturbación, ya que es posible encontrarla en los camellones y jardines dentro de Ciudad Universitaria. Hace sus madrigueras en las fisuras de las rocas, grietas o en hondonadas. Se reproducen en la primavera y el verano. Se capturaron 6 individuos subadultos en los meses de diciembre y enero.

Reithrodontomys fulvescens.- Este ratón es de color cafe rojizo, mezclado con negro. Está especie es común en los pastizales (Sánchez, en prensa), por lo que la desaparición de estos en El Pedregal es probablemente la causa principal de que presente números tan bajos en la reserva, y que se encuentre en serio peligro de desaparecer del área. La densidad obtenida es de 0.6 individuos por hectárea, y sólo se capturaron 12 hembras y tres machos. Al parecer se reproduce en el verano. Su alimentación consiste principalmente de materia vegetal, aunque también puede alimentarse de insectos.

Neotoma mexicana.- Esta rata de campo de es una de las más grandes de la Cuenca de México y ocupa una gran variedad de habitats como bosques de encinb, pino pastizales y matorrales espinosos. Su coloración es café grisaceo con el vientre blanco. Es una especie común en El Pedregal. Sus densidades más altas se alcanzan en el mes de marzo con 9 ind/ha, mientras que sus más bajas densidades se encuentran en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre. Su comportamiento reproductivo fue irregular. Se puede apreciar un máximo en los meses de febrero a mayo, que coincide con los meses de más alta densidad. En cuanto a la persistencia (definida como el porcentaje de individuos que sobreviven en el tiempo; Ceballos, 1989) en *Neotoma* se observó que en los tres primeros meses había desaparecido el 52% de los individuos y sólo uno (4%) permaneció en el lugar más de 9 meses. La residencia (definida como el promedio de tiempo en el cual los individuos estuvieron presentes en el área de estudio; Ceballos, 1993) total fue de 2.12 meses; para hembras y machos fue de 1.64 meses y 3.85 meses respectivamente.

La mayoría de los individuos de *Neotoma* (28) fueron recapturados en distancias menores a los 10 m, con un promedio de 13.0 ± 8.4 m. Se encontró que los machos tienen una mayor movilidad entre recapturas (MER) que las hembras ($t=7.98$, $gl=34$, $p<<0.001$). Los movimientos a largo plazo (MLP, es el movimiento entre la primera y la última captura) en *Neotoma* son pequeños comparados con los movimientos entre recapturas, encontrándose que los machos muestran una mayor distancia de desplazamiento que las hembras.

Peromyscus gratus.- El ratón piñonero es una especie que se encuentra distribuída desde el sur de Estados Unidos hasta el Centro de México (Hall, 1981). Es la más abundante de todas las especies de mamíferos en El Pedregal. Sus densidades durante el año presentaron un máximo en diciembre de 1989 con 58 ind/ha, hasta su minímo de 22 ind/ha en septiembre de 1990. Sus densidades en la época de lluvias de mayo a octubre fueron en promedio de 26.66 ind/ha, mientras que la de secas (noviembre a abril) fueron de 50.25 ind/ha. Es una especie que también se puede colectar en los árboles. La poporción de sexos fue de 1:1 ($N=275$; $X^2=1.04$, $gl=1$, $P<0.1$).

En *Peromyscus* los valores más altos en reproducción se alcanzaron al final de la época de lluvias, en los meses de septiembre y octubre de 1989. Sin embargo, en 1990, ya que en estos meses el número y la proporción disminuyen en forma relativamente marcada (15 a 2 individuos y del 68 al 13%)

El mayor porcentaje de individuos juveniles se capturó entre septiembre y enero de 1989 y en los meses de septiembre y octubre de 1990 hubo un reclutamiento bastante grande debido a la época reproductiva El mes con más organismos juveniles fue octubre de 1990 (29). El mayor número de subadultos de *Peromyscus* se registró en febrero con 52 individuos y no se capturó ninguno en julio y agosto. El mayor número de adultos fueron capturados en junio (44 animales) y el menor fue durante octubre de 1990 (24 individuos).

El 49.7% de los individuos de *Peromyscus* desaparecieron en 3 meses y únicamente el 3.1% (6 individuos) permanecieron hasta el final del estudio (13 meses). El promedio de residencia total fue de 3.6 meses con algunas diferencias entre sexos ya que en las hembras fue mayor que en los machos (2.95 y 4.2 meses respectivamente)

Los movimentos entre recapturas (MER) en *Peromyscus* muestra que gran parte de los individuos (450), fueron capturados en distancias menores a los 10 m, con un promedio de 11.6 ± 12.5 m. Existió un mayor desplazamiento de los machos que las hembras ($t=177.72$ $gl=896$, $p<<0.001$).

Los movimientos a largo plazo (MLP, es decir la distancia observada entre la primera y última captura) en *Peromyscus* son ligeramente más grandes en el total (16.8±18.5 m) que los MER y los machos mostraron un movimiento MLP ligeramente mayor que las hembras (20.2±21.4 m y 13.9±15 m respectivamente; $t=2.6$, $gl=105$, $p<0.02$) Las hembras y los machos tuvieron un MLP menor a 20 m (85.6 m y 72.9 m respectivamente).

DISCUSION

La diversidad de pequeños mamíferos de la Reserva del Pedregal es baja, ya que se compone de solo a una especie abundante, una común y cuatro escasas. La fauna de está zona se encuentra depauperada y esto posiblemente tiene relación con la pérdida de especies por fragmentación y destrucción del hábitat (Negrete, 1991; Chávez y Ceballos, 1992), así como por la modificación de la estructura y composición de la vegetación. El número de especies de roedores sigmodontinos registradas (4 spp) es menor respecto a otras comunidades templadas (Brown, 1967 Miller and Getz 1977 Southern, 1979; Anthony y Niles, 1981) como bosques de coníferas (9 spp Anthony y Niles, 1981), matorrales áridos con 5 a 13 especies (M'Closkey, 1972; Serrano 1987 Brown, 1989; Brown y Heske, 1990) y tropicales con rangos de 6 a 8 especies (Fleming, 1973; Ceballos, 1989).

En relación con las comunidades vegetales del Eje Neovolcánico y Valle de México, los resultados de este trabajo se ubican en el límite inferior del intervalo de variación (de 4-7 especies) de especies de roedores registrado para estudios de un año o más (Sánchez-Cordero 1980; Rojas, 1984 Gómez, 1990).

En la Reserva del Pedregal y sus alrededores han desaparecido alrededor del 60% (6) de las especies de roedores reportadas para la zona (Villa, 1957; Ceballos y Galindo, 1984, Negrete, 1991; Chávez y Ceballos, 1992). La reducción del área del pedregal en un 90% (de 80 km² a menos de 2 km²) debido, en gran medida, a que el acelerado ritmo de crecimiento urbano en los últimos cuarenta años, provocó la desaparición de hábitats y microhábitats como pastizales, matorrales, bosques de encino y bosques de pino (Alvarez, et al., 1982) En los últimos años la reserva ha quedado prácticamente aislada de otras áreas naturales, lo que ha impedido el flujo de especies. Todo esto ha resultado en una notable reducción de la riqueza de

especies del área tanto de especies vegetales como animales.

La desaparición de habitats apropiados para algunas especies provocó su extinción local, sobreviviendo únicamente aquellas especies que han tolerado estos cambios, y cuyos requerimientos de hábitat están relacionados con lugares parecidos a la reserva, es decir, hábitats rocosos y con estratos arbustivos más o menos densos. Muchas de las especies que no se encuentran en la reserva han sido registradas en otras asociaciones vegetales, por ejemplo, *Microtus* y *P. melanotis* suelen habitar suelos profundos y un sotobosque en el que predominan los pastos amacollados (Baca del Moral, 1982). El motocle (*Spermophilus mexicanus*) y la tuza (*Pappogeomys merriami*) se encuentran principalmente en pastizales, con suelos profundos (Ceballos y Galindo, 1984).

La fragmentación y reducción del hábitat tiene un profundo efecto en la comunidad de pequeños mamíferos de El Pedregal, siendo tal vez una de las principales causas de la desaparición de estas especies. Por lo tanto es necesario proponer medidas tendientes a manejar y conservar está pequeña isla de vegetación natural, ya que es la depositaría de un parte importante de la riqueza biólogica de la Cuenca de México.

LITERATURA CITADA

Alvarez, S. F. J., J. L. Carabias, J. Meave del Castillo, P. Moreno, D. Nava, F. Rodriguez, C Tovar y A. Valiente, 1982. Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Angel, Laboratorio de Ecologia, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Anthony, R., G. Lawrence, J. Niles y J. D. Spring, 1981. Small-mammals asociations in forested and old field habitats. A quantitative comparison. Ecology, 62:955-963.

Baca del Moral, J. 1982. Estudio Ecológico de la subcomunidad de roedores en el Ajusco, D. F., Tesis licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional..

Brown, J. H., 1975. Geographical ecology of desert rodents. Pp. 315-341, In Ecolgy and Evolution of communities (M. L. Cody, and J. M. Diamond, eds). Harvard University Press, Cambridge.

Brown, J. H., y E. J. Heske, 1990. temporal changes in a chihuahuan desert rodent community. Oikos 59:290-302.

Brown, J. S., 1989. Desert rodent community structure: a test of for mechanisms of coexistence. Ecological. Monograph. 59:1-20.

Brown, L. N., 1967. Ecological distribution of mice in the Medicine Bow Mountains of Wyoming. Ecology 48:677-680.

Cameron, G. N., 1977. Validation of temporary removal trapping and extension to a two species system. Journal of Mammalogy. 58:78-83.

Ceballos, G. y C. Galindo, 1984. Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Limusa-MAB. México D. F. 299p.

Ceballos, G., 1989. Population and community ecology of small mammals from tropical deciduous and arroyo forest in western México. Tess, Doctor of philosophy.

Ceballos, G. 1991. Comparative natural history of small mammals from tropical forest in western México. Journal Mammalogy., 71:263-266.

Chávez, T. J. C., 1993a. Dinámica poblacional y uso de hábitat por roedores en un matorral de palo loco (*Senecio praecox*). Tesis licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Chávez, T. J. C., 1993b. Los roedores silvestres de El Pedregal. Oikos= 21:4.

Chávez, T. J. C. y G. Ceballos, 1992. Los mamíferos silvestres del Pedregal. Oikos= 13:4.

Fa, J., Lopez-Paniagua, J., Romero, F. J. Goméz, J. L. y J. C. Lopez., 1990. Influence of habitat characteristics on small mammals in Mexican high-altitude grassland. Journal Zoological London. 221:275-292.

Fleming, T. H., 1973. Numbers of Mammal species in North and Central American Forest Communities. Ecology, 54:55-563.

García, E., 1978. Los climas del Valle de México. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.

Gómez, J. L., 1990. Ecología de Poblaciones de Pequeños Mamíferos en el volcán Pelado, D. F. Tesis licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Hall, E. R., 1981. The mammals of North America. Wiley-Interscience, New York.

Kitchigs, T. J. and D. J. Levy, 1981. Habitat patterns in small mammal community. Journal of Mammalogy., 62:814-820.

Krebs, C. J. 1966. Demographic changes in fluctuating populations of *Microtus californicus*. Ecological Monograph, 36:239-273.

López-Forment, C. W. 1989. En Ecología Urbana. Gio-Argaéz, R, Hernández, R. I. y E. Saínz-Hernández (edit). México, D. F.

M'Closkey, R. T., 1972. Temporal changes im populations and species diversity in a california rodent community. Journal of Mammalogy, 53:850-860.

Miller D. H. and L. L. Getz, 1977. Factors influecing local distribution and species diversity of forest small mammals in New England. Canadian Journal of Zoology, 55:806-814.

Negrete, Y, A. 1991. Los mamíferos silvestres de la reserva ecológica "El Pedregal". Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Ostfeld, R. S. y L. L. Klosterman, 1986. Demographic substructure in a California vole population inhabiting a patchy enviroment. Journal of Mammalogy, 67:693-704.

Rojas, M. A., 1984. Descripción del microhábitat de cinco especies de ratones en la Sierra del Ajusco. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Rzedowski, J., 1954. Vegetación del Pedregal de San Angel (D. F., México). Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, 8:59-129.

Rzedowski, J., 1979. La vegetación de México. Limusa, México, D. F.

Sadleir, R. M., 1970. Population dynamics and breeding behavior of the deer mouse *P. maniculatus* on Burnaby Mountain. British Columbia Syesis 3:67-74.

Sánchez-Cordero, V. 1980. Patterns of demography and reproduction in rodent community in Central Mexico. Tesis of Master, University of Michigan.

Sánchez-H, O., López-Ortega, G., y R. López-Wilchis, 1989. Murciélagos de la Ciudad de México y sus alrededores. En Ecología Urbana. Gio-Argaéz, R, Hernández, R. I. y E. Saínz-Hernández (edit). México, D. F.

Siegel, S. 1982. Estadistica Noparamétrica. Ed. Trillas. México, D. F. 344pp.

Smith, M. H., 1968. A comparison of different methods of capturing and stimating numbers of mice. Journal of Mammalogy 49:455-462.

Soberón M. J., Rosas M. de la C. y G. C. Jiménez, 1991. Ecología hipotética del Pedregal de San Angel. Ciencia y Desarrollo, 17:21-22.

Southern, 1979. Population proceses un small mammals. In Ecology of Small Mammals. (ed. M. Stoddart.) Chapman and Hall, London.

Valiente-Banuet, A. y E. De Luna, 1990. Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Angel, México D. F., Acta Botánica Méxicana, 9:13-30.

Villa, R. B., 1953. Mamíferos silvestres del Valle de México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 23:269-492.

Zar, J. H. 1984.Biostatics. Prentice Hall, Englewoods Cliffs.

Las Aves del Pedregal de San Angel

Ma. del Coro Arizmendi A.[1] Alejandro Espinosa de los Monteros[1] y J. Francisco Ornelas R.[2]

1 Centro de Ecología. UNAM AP 70-275, Mexico 04510 D. F.
2 Departament of Ecology and Evolutionary Biology, University of Arizona, Tucson Arizona, Az. 85721

RESUMEN

En este trabajo se presenta una lista actualizada de la avifauna de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel como una herramienta de trabajo necesaria para la realización de trabajos específicos futuros. En el Pedregal podemos encontrar 106 especies de aves, pertenecientes a 76 géneros y 54 familias lo que representa el 41.6% de la avifauna del Distirito Federal.

Adicionalmente, 4 especies endémicas de México están presentes en esta zona. La conservación del Pedregal de San Angel aseguraría el mantenimiento de un area singular y rica avifaunísticamente.

INTRODUCCION

El Pedregal de San Angel constituye en la actualidad uno de los pocos refugios para la fauna silvestre que habita en la Ciudad de México o que utiliza esta zona como lugar de paso. de invernación, o de reproducción. Sin embargo su extensión se ha reducido notablemente en los últimos años concomitativamente con el crecimiento de la urbanización. Adicionalmente, con la construcción de avenidas y colonias residenciales se han cortado por completo la continuidad que en el pasado existió hacia la zona boscosa del Ajusco.

Las aves que habitan en el Pedregal de San Angel son sin duda vulnerables a todos estos factores, siendo tal vez uno de los grupos menos afectados, dada su amplia capacidad de movimiento que les permite visitar el Pedregal en ciertas épocas o momentos del año o del día, refugiándose en zonas más conservadas como podría ser la serranía del Ajusco. Sin embargo, el aislamiento que se presenta el Pedregal hoy en día puede ser la causa de que especies de aves con capacidad de movimiento baja no puedan cruzar toda la urbanización que separa al Pedregal de las zonas naturales aledañas.

En el presente trabajo se pretende analizar la avifauna presente en la reserva del Pedregal de San Angel comparándola con lo que se ha reportado para la Ciudad de México (Friedmann et al., 1957; Ramos, 1974; Wilsoln & Ceballos, 1986). Se presenta una lista anotada de todas las aves que han sido reportadas para la zona del Pedregal de San Angel, así eomo aquellas que fueron detectadas por los autores durante observaciones realizadas en la zona desde 1989 hasta la fecha. La lista incluye información acerca del estatus de residencia, así como la dieta predominante de cada especie de ave. Adicionalmente, se presenta una recopilación de todas las especies que han sido reportadas para el Distrito Federal, como un marco de referencia necesario para el entendimiento de la avifauna de la zona de estudio.

ANTECEDENTES

La primera recopilación que se conoce acerca de la distribución de las aves Mexicanas es la presentada por Friedman et al. (1957) en donde encontramos la distribución por estados de todas las especies de aves de México. Posteriormente, Wilson y Ceballos (1986) realizan un análisis de las aves que habitan en las zonas aledañas a la ciudad de México. En conjunto para el Distrito Federal se reportan un total de 254 especies de aves

agrupadas en 39 familias que representan a 14 ordenes.

En un trabajo específico acerca de la avifauna del Pedregal de San Angel, Ramos (1974) encontró 94 especies de aves a lo largo del año.

El Pedregal de San Angel, representa una zona poco conocida en cuanto a su avifauna. por lo que la presente recopilación pretende ser una herramienta de trabajo, alrededor de la cual se genere un conocimiento ornitológico integral que permita conocer a las aves de la región para poder así.

METODOLOGIA

Una primera fase del trabajo consistió en la obtención de los registros bibiográficos y de colecciones acerca de las aves del Distrito Federal y del Pedregal de San Angel.

Entre 1989 y 1991 se llevaron a cabo recorridos periódicos por la reserva con el propósito de elaborar un listado avifaunistico de la zona. De la misma forma, se pusieron redes de niebla para completar los registros para el listado. De 1991 a la fecha se han realizado visitas esporádicas a la zona con lo que se han obtenido registros adicionales para la lista.

Para la identificación de las especies en el campo, se usaron las guias de Edwards (1972, 1991). Peterson y Chalif (1973), Robbins et al. (1983) y National Geographic (1983). La nomenclatura taxonomica utilizada es la propuesta en la última revisión de la AOU, (1983). Los nombres comunes tanto en español como en inglés, se estandarizaron según la lista para aves mexicanas de Birkenstein y Tomlinson (1981), aunque en los casos en donde se conocía el nombre local se optó por éste.

La condición de las aves se ordenó de acuerdo a las siguientes categorías: RESIDENTE (R), son aquellas que se reproducen en el área y se les puede encontrar durante todo el año, MIGRATORIO ALTITUDINAL (MA) son aquellas que se mueven entre hábitats en diferentes épocas del año y que por lo tanto solo se pueden encontrar en la zona en cierta época. TRANSITORIO (T), provienen ó van hacia latitudes templadas y sus zonas invernales estan localizadas al sur del Distrito Federal y VISITANTE DE INVIERNO (VI) son aquellas que pasan el invierno en el Pedregal pero se reproducen en otras zonas, generalmente latitudes tampladas.

Para el caso de la dieta se modificaron las categorías propuestas por Nocedal (1984) y Arizmendi et al. (1990). Las categorías utilizadas son las siguientes: CARNIVORO (C), INSECTIVORO (I), GRANIVORO (G), NECTARIVORO (N) Y OMNIVIVORO (O). En los casos en donde se presenta una dieta "mixta" se presenta una combinación de letras, en donde la primera siempre es la dieta básica. Las categorías de dieta se asignaron en base a observaciones, de campo y se complementaron con información bobliográfica de las especies.

RESULTADOS

Para el Pedregal de San Angel se han reportado un total de 105 especies de aves, pertenecientes a 74 géneros. 21 familias y 9 órdenes (Apéndice 1). De estas, se considera como dudosas a 10 especies, por haber sido reportadas para la zona pero no observadas por los autores (marcadas en el Apéndice 1 con *).

La avifauna del Pedregal de San Angel representa el 33% de las especies, el 38% de los géneros, el 44% de las familias y el 53% de los órdenes reportados para el Distrito Federal (Apéndice 2).

Esta riqueza, comparada con otras regiones de México puede considerarse como intermedia, entre el alto número de especies conocidas para la Selva Baja Caducifolia (167 especies, Arizmendi et al., 1990) y aquellas presentes en una zona árida de remarcable riqueza avifaunística como es el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Tehuacán, Puebla (82 especies, Arizmendi & Espinosa de los Monteros, en prep.). En los bosques aledaños se han descrito comunidades avifaunísticas más diversas. Por ejemplo, en un bosque de coníferas del Estado de México se encontraron un total de 124 especies

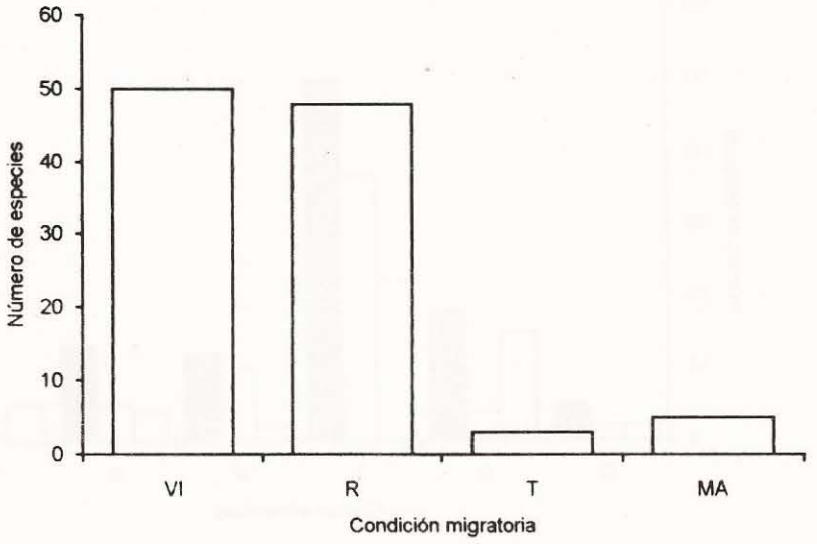


Figura 1. Condición migratoria de las aves del Pedregal de San Angel (VI = Visitante de Invierno, R= Residente, T= Transitorio y MA= Migrante altitudinal).

pertenecientes a 23 familias y 9 órdenes (Ornelas, Navarijo y Chávez, 1988). Esto implica que el Pedregal es una zona diversa avifaunísticamente y similar en su composición a los bosques aledaños.

En esta zona encontramos que más de la mitad (54.3%) de la avifauna es migratoria realizando movimientos altitudinales o latitudinales (Fig. 1).

GREMIOS ALIMENTICIOS

El gremio alimenticio prevalente entre las aves que habitan el Pedregal de San Angel es el de los insectívoros representando el 46.6% del total de especies. Los granívoros representan el 16.2%, mientras que lso nectarívoros 12.4% del total (Fig. 2). Los insectívoros son sin duda el grupo más numeroso tanto entre los residentes como entre los visitantes de invierno. En cambio, las granívoros son muy abundantes entre los residentes (29.2%) pero no entre los visitantes de invierno (8%). Los demás grupos presentan números de especies similares entre visitantes de invierno y residentes.

ESPECIES ENDEMICAS O DE IMPORTANCIA ECONOMICA

Para el Distrito Federal se ha reportado la presencia de 15 especies endémicas de México. En el Pedregal de San Angel encontramos solo a 4 especies *Hylocharis leucotis, Geothypis nelsoni, Turdus rufopalliatus* y *Melanotis coerulescens* (Apéndice 1 marcadas con @). Las especies restantes son características de los humedales que rodean la Ciudad de México (p. ej. *Dendrotyx macroura*).

Las aves del Pedregal de San Angel son usadas por el hombre como mascotas o bien como alimentos en algunos casos (Apéndice 1, marcadas con x). Por ejemplo, los halcones y aguilitas (*Falco sparverius* y *Buteo swainsonii*) son comunmente vendidos en los mercados de la ciudad con propósitos de cetrería. Algunas aves son mascotas codiciadas por la belleza de sus cantos o por sus plumajes llamativos. Tal es el caso de especies como el mulato *Melanotis coerulescens*, los gorriones *Passerina ciris, P. cyanea, P. versicolor* y *Guiraca caerulea*, las primaveras *Turdus rufopalliatus* y *Turdus migratorius* y los chinitos *Bombicylla cedrorum*. Los colibríes son usados como

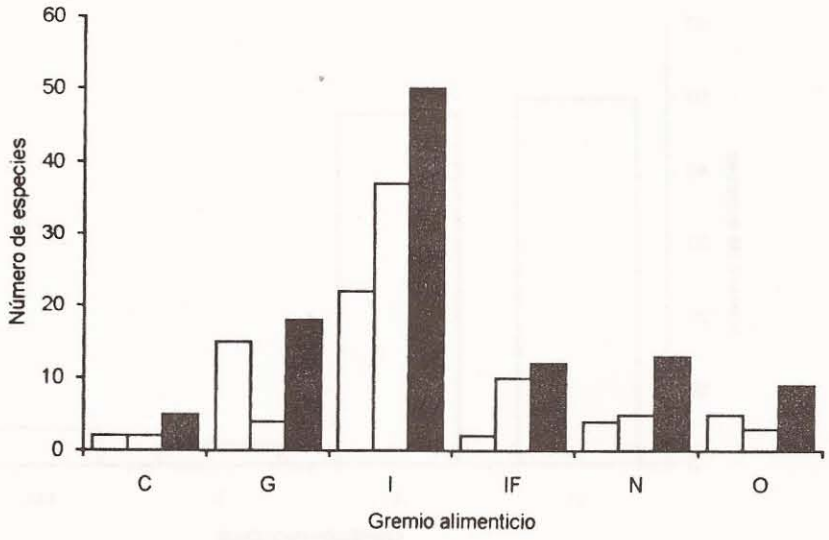


Figura 2. Gremios alimenticios de las aves del Pedregal de San Angel (C= Carnívoro, G= Granívoro, I= Insectívoro, IF= Insectívoro frugivoro, N= Nectarívoro, O= Omnívoro) separados en residentes (barras vacías) y visitantes de invierno (barras grises; totales en barras negras).

amuletos para la buena suerte y para el amor, creencia derivada de culturas indígenas en donde a estos animales se les asociaba con divinidades relacionadas con la fertilidad.

Las aves de importancia utilizadas como mascota o amuleto se venden en los mercados más grandes de esta ciudad, pero también son motivo de tráfico internacional por ser piezas codiciadas en paises como Estados Unidos y Japón.

ESPECIES INTRODUCIDAS

En el Pedregal de San Angel es fácil encontrar especies de ornato que por descuido se escapan de las casas aledañas en donde habitaban como mascotas. Tal es el caso de aves típicas de las selvas húmedas de México como el tucán *Ramphastus sulphuratus* o de periquitos australianos *Melopsitacus undulatus* que han sido vistos ocasionalmente, en las inmediaciones del Jardín Botánico Exterior y del Pedregal. Igualmente, es común encontrar sobrevolando el Pedregal bandas de loros (*Amazona autumnalis* y *A. finschi*). La sobrevivencia de estos animales en la zona es muy poco probable debido principalmente a la baja disponibilidad de frutos carnosos y de semillas grandes, comunes en los hábitas originales de las especies.

Es también común encontrar halcones y aguilillas que son usados como mascotas o para cetrería, y que se escapan o se dejan en libertad al no poder mantenerlos. Estos organismos pueden mantenerse un mayor tiempo en la zona debido a la abundancia de ratones y ratas en las inmediaciones de la reserva. La única especie de ave introducida que se mantiene permanentemente en la zona es el gorrión inglés *Passer domesticus*.

DISCUSION

La conservación de la reserva del Pedregal de San Angel significa para las aves al mantenimiento de una zona de refugio en donde pueden alimentarse y reproducirse. Asímismo, para las aves migratorias cuyo recorrido incluye el Valle de México, significa un lugar probablemente único en el Centro del País.

Sin duda representa, una de las pocas áreas naturales a las que la gente que vive en la

gran ciudad tiene acceso, siendo entonces una oportunidad única su conservación, para el fomento y la difusión del valor de los recursos naturales, para el mantenimiento ecológico y económico del país.

Las aves del Pedregal de San Angel puede representar un atractivo importante que impulse la formación de una conciencia de uso racional de los recursos. Este objetivo podría cumplirse utilizando parte de la reserva como centro de enseñanza y difusión de los recursos naturales tan diversos que contienen este tipo de vegetación, fomentándose la formación de aviarios y recorridos guiados de observación de aves por las diferentes partes de la reserva.

El mantenimiento de la reserva como área protegida asegurará que la gran diversidad avifaunística presente en la zona se mantenga, conservándose el "corredor" hacia los bosques de coníferas de las montañas que rodean a la Ciudad. Probablemente, el Pedregal de San Angel represente uno de los únicos sitios de inidación de especies como el gorrión mexicano (*Carpodacus mexicanus*) que han sido desplazados de las áreas verdes de la ciudad por el hombre así como por el gorrión inglés (*Passer domesticus*). Este seguramente será al caso de muchas especies de aves antes habitantes comunes del Valle de México y que ahora solo se encuentran en zonas como el Pedregal, el lago de Texcoco o las ciénegas de Xochimilco.

Sin embargo, es interesante notar que existen especies que fueron reportadas como comunes hace pocos años (Ramos, 1974) como *Diglossa baritula* y *Loxia curvirostre* que no han sido detectadas en los últimos años. Probablemente, sus poblaciones han disminuído mucho o desaparecido debido principalmente al gran avance de la urbanización y a la disminución de la extensión del Pedregal y de otras áreas de vegetación natural aledañas a la Ciudad de México.

La avifauna del Pedregal de San Angel requiere sin duda alguna de un estudio sistemático a largo plazo que involucre censos y marcajes permanentes de las diferentes especies, lo cual permitiría tener un seguimiento acerca de la dinámica de la comunidad de aves residentes y migratorias de la zona que ayudaría a implementar planes de manejo y conservación de este recurso en la zona.

LITERATURA CITADA

American Ornithologist Union (A. O. U.). Check list of North American Birds. 6th Edition.

Arizmendi, M. C. H. Berlanga, L. Márquez-Valdemar, L. Navarigo y Francisco Ornelas. 1990. Avifauna de la región de Chamela Jalisco. Cuadernos del Instituto de Biología, Instituto de Biología, UNAM. 4.

Edwards, E. P. 1975. A field guide to the birds of Mexico. E. P. Edwards, Sweet briar, Virginia, USA.

Edwards, E. P. 1989. Afield guide to the birds of Mexico. 2nd edition. E. P. Edwards Box AO Sweet Briar. VA 24595.

Friedmann, H. L. Griscome and R. T. Moore. 1950/57. Distributional Checklist of the birds of Mexico. Pacific Coast Avifauna no. 29.

National Geografic Society. 1983. Field guide to the birds of North America. Nat. Geog. Society Washington, D. C. USA.

Nocedal, J. 1984. Estructura y utilización del follaje de las comunidades de pájaros en bosques templados del Estado de México. Acta Zoologica Mexicana 6: 63-66.

Ornelas, F., L. Navarijo y N. Chávez. 1988. Análisis avifaunístico de la localidad de Temalcastepec, Estado de México, México. Anales del Instituto de Biología. UNAM 58: 377-388.

Peterson, R. T. 1961. A field guide to Mexican birds. Houghton Mifflin Co. Boston Massachussets, USA.

Ramos, M. 1974. Estudio Ecológico de las Aves del Pedregal de San Angel, Distrito Federal, Facultad de Ciencias, UNAM.

Robbins, C. S., B. Brunn and H. S. Zimm. 1983. Birds of North America: a guide to field identification. Golden Press New York, USA.

Wilson, R. G. and H. Ceballos-Lascurain. 1986. The Birds of Mexico City. BBC Printing & Graphics LTD. Ontario, Canada. 86 p.

APENDICE 1. Lista de especies de aves registradas para el Pedregal de San Angel; los datos provienen de observaciones realizadas de 1989 a 1993 por los autores, así como en registros reportados en la literatura o depositados en colecciones ornitologicas (*). Especies endémicas (@). Especies de importancia económica X.

Orden	Familia	Especie	Estatus	Dieta
FALCONICORMES	ACCIPITRIDAE	*Buteo swainsonii* x Gavilan Chapulinero Swainson´s hawk	T	C
	FALCONIDAE	*Falco sparverius* x Cernícalo American kestrel	VI	C
COLUMBIFORMES	COLUMBIDAE	*Columba livia* x Pichón Rock grove	R	G
		*Zenaida macroura** x Huilota comun Mourning Dove	VI	G
		Columbina inca x Cococha Ruddy ground-dove	R	G
CUCULIFORMES	CUCLIDAE	*Coccyzus americanus** Platerito Yellow-billed cuckoo	R	I
STRIGIFORMES	STRIGIDAE	*Otus kenicotii** Tecolotito Western Screech Owl	R	C
CAPRIMULGIFORMES	CAPRIMULGIDAE	*Chordeiles acutipennis* Tapacamino halcon Lesser nigthawk	R	I
APODIFORMES	APODIDAE	*Cypseloides niger* Vencejo Balck Swift	VI	I
		Cypseloides rutilus Vencejo Chestnut-collared Swift	VI	I
	TROCHILIDAE	*Cynanthus latirostris* x Chupaflor Broad-billed hummingbird	R	N
		Hylocharis leucotis @ x Chupaflor oreja blanca White-eared hummingbird	R	N
		Amazilia beryllina x Chupaflor Berylline hummingbird	R	N
		Amazilia violiceps x Chupaflor	T	N

APENDICE 1. Lista de especies de aves registradas para el Pedregal de San Angel; los datos provienen de observaciones realizadas de 1989 a 1993 por los autores, así como en registros reportados en la literatura o depositados en colecciones ornitologicas (*). Especies endémicas (@). Especies de importancia económica X.

Orden	Familia	Especie	Estatus	Dieta
		Violet-crowned hummingbird		
		Lampornis clemenciae x	MA	N
		Chupaflor		
		Blue-thoated Hummingbird		
		Eugenes fulgens x	MA	N
		Chupaflor		
		Rivoli´s Hummingbird		
		Tilmatura dupontii x	MA	N
		Chupaflor moscon		
		Sparklin-tailed hummingbird		
		Calothorax lucifer x	VI	N
		Chupaflor		
		Lucifer hummingbird		
		Stellula calliope x	VI	N
		Chupaflor		
		Calliope Hummingbird		
		Selasphorus platycercus	VI	N
		Chupaflor		
		Broad-billed Hummingbird		
		Selasphorus rufus x	VI	N
		Chupaflor		
		Rufous Hummingbird		
		Selasphorus sasin * x	VI	N
		Chupaflor		
		Allen´s Hummingbird		
CORACIIFORMES	ALCEDINIDAE			
		Ceryle alcyon *	VI	C
		Martín pescador		
		Belted kingfisher		
PICIFORMES	PICIDAE			
		Sphyrapicus varius	R	I
		Chupasavia		
		Yellow-bellied Sapsucker		
		Picoides scalaris	R	I
		Cheje		
		Ladder-backed Woodpecker		
		Colaptes auratus	R	I
		Pico Cobrizo		
		Norhtern Flicker		
PASSERIFORMES	TYRANNIDAE			
		Camptostoma imberbe	R	I
		Mosquerito		
		Norhthern beardless tyrannulet		
		Contopus borealis	VI	I
		Mosquero		
		Olive-sided Flycatcher		
		Contopus pertinax	VI	I
		Tengofrío		

APENDICE 1. Lista de especies de aves registradas para el Pedregal de San Angel; los datos provienen de observaciones realizadas de 1989 a 1993 por los autores, así como en registros reportados en la literatura o depositados en colecciones ornitologicas (*). Especies endémicas (@). Especies de importancia económica X.

Orden	Familia	Especie	Estatus	Dieta
		Yellow-bellied Flycatcher		
		Contopus sordidulus	VI	I
		Tengofrío Común		
		Western Wood-pewee		
		Empidonax minimus	VI	I
		Mosquerito		
		Least flycatcher		
		Empidonax hammondii	VI	I
		Mosquero Pasajero		
		Hammond´s flycatcher		
		Empidonax oberholseri	VI	I
		Mosquero obscuro		
		Dusky Flycatcher		
		Empidonax fulvifrons	VI	I
		Mosquero Canelo		
		Beff-breasted flycatcher		
		Pyrocephalus rubinus x	R	I
		Colorín		
		Vermilion flycatcher		
		Myiarchus tuberculifer	R	I
		Copetón común		
		Dusky-capped flycatcher		
		Myiarchus cinerascens	R	I
		Copetón cenizo		
		Ash-throated flycatcher		
		Tyrannus vociferans	R	I
		Churio		
		Cassin´s kingbird		
	HIRUNDINIDAE			
		Stegidopteryx serripennis	R	I
		Golondrina		
		Rough-winged swallow		
		Hirundo pyrrhonota	VI	I
		Avioncito		
		Ciff Swallow		
		Hirundo rustica	VI	I
		Golondrina tijerilla		
		Barn swallow		
	CORVIDAE			
		Aphelocoma coerulescens x	R	O
		Urraca azulejo		
		Scrub Jay		
		Aphelocoma ultramarina x	R	O
		Urraca azul		
		Gray-breasted Jay		
	PARIDAE			
		Parus sclateri	VI	I
		Mascarita Mexicana		

APENDICE 1. Lista de especies de aves registradas para el Pedregal de San Angel; los datos provienen de observaciones realizadas de 1989 a 1993 por los autores, así como en registros reportados en la literatura o depositados en colecciones ornitologicas (*). Especies endémicas (@). Especies de importancia económica X.

Orden	Familia	Especie	Estatus	Dieta
		Gray-sided Chickadee		
	AEGITHALIDAE			
		Psaltriparus minimus	R	I
		Sastrecillo		
		Common Bushtit		
	CERTHIDAE			
		Certhia americana	VI	I
		Cortecerito		
		Brown Creeper		
	TROGLODYTIDAE			
		Salpinctes obsoletus	R	I
		Cucarachero		
		Rock Wren		
		Catherpes mexicanus	R	I
		Saltapared Barranquero		
		Canyon Wren		
		Thryomanes bewickii	R	I
		Saltapared Tepetadero		
		Bewick´s Wren		
		Troglodytes aedon	VI	I
		Matraquita		
		Northen House Wren		
	MUSCICAPIDAE			
		Regulus calendula	VI	I
		Reyezuelo Rojo		
		Ruby-crowned Kinglet		
		Polioptila caerulea	R	I
		Pisita		
		Blue-gray gnatcatcher		
		Catharus ustulatus	VI	IF
		Mirlillo		
		Swainson´s thrush		
		Catharus guttatus	R	IF
		Tordo pinto		
		Hermit thrush		
		Turdus rufopalliatus @ x	MA	IF
		Primavera		
		Rofous-backed robin		
		Turdus migratorius x	VI	IF
		Primavera real		
		American robin		
	MIMIDAE			
		Mimus poliglottos x	R	GIF
		Centzontle		
		Northern mockingbird		
		Toxostoma longirostre	R	I
		Cuitlacoche alacranero		
		Long-billed thrasher		

APENDICE 1. Lista de especies de aves registradas para el Pedregal de San Angel; los datos provienen de observaciones realizadas de 1989 a 1993 por los autores, así como en registros reportados en la literatura o depositados en colecciones ornitologicas (*). Especies endémicas (@). Especies de importancia económica X.

Orden	Familia	Especie	Estatus	Dieta
		Toxostoma curvirostre	R	I
		Cuitlacoche pico curvo		
		Curve-billed thrasher		
		Melanotis caerulescens @ x	R	O
		Mulato		
		Blue mockingbird		
	BOMBYCILLIDAE			
		Bombycilla cedrorum x	VI	IF
		Chinito		
		Cedar waxing		
	LANIIDAE			
		Lanius ludovicianus	R	C
		Verdugo		
		Loggerhead shrike		
	VIREONIDAE			
		Vireo bellii	VI	IF
		Verdín		
		Bell´s vireo		
		Vireo solitarius	VI	IF
		Vireo anteojillo		
		Solitary vireo		
		Vireo huttoni	VI	IF
		Vireo pardillo		
		hutton´s vireo		
	EMBERIZIDAE			
		Vermivora peregrina	VI	I
		Verdín semillero		
		Tenessee warbler		
		Vermivora celata	VI	I
		Gusanero		
		Orange-crowned warbler		
		Vermivora ruficapilla	VI	I
		Verdín		
		Nashville warbler		
		Vermivora virginiae	VI	I
		Gusanero de anteojos blancos		
		Virginia´s warbler		
		Dendroica coronata	VI	I
		Verdín de toca		
		Yellow-rumped warbler		
		Mniotilta varia	VI	I
		Mexclilla		
		Black and while warbler		
		Setophaga ruticilla	VI	I
		Calandrita		
		American redstar		
		Seiurus aurocapillus	VI	I
		Verdín suelero		

APENDICE 1. Lista de especies de aves registradas para el Pedregal de San Angel; los datos provienen de observaciones realizadas de 1989 a 1993 por los autores, así como en registros reportados en la literatura o depositados en colecciones ornitologicas (*). Especies endémicas (@). Especies de importancia económica X.

Orden	Familia	Especie	Estatus	Dieta
		Ovenbird *Oporornis tolmiei* Verdín	VI	I
		MacGillivray´s warbler *Geothlypis trichas* Tapaojito	R	I
		Common yellowthroat *Geothlypis nelsoni* @ x Verdin enmascarado	R	I
		Hooded yellow-throat *Wilsonia pusilla* Pelusilla	VI	I
		Wilson´s warbler *Myioborus miniatus* Pavito	R	I
		Slate-throated redstar *Basileuterus rufifrons* Chipe	VI	I
		Rofous-capped warbler *Piranga flava* Piranga encinera	VI	IF
		Hepatic tanager *Piranga rubra* Piranga avispera	VI	IF
		Summer tanager *Cardinalis cardinalis* x Cardenal	R	G
		Cardinal *Pheuticus melanocephalus* Tigrillo	VI	O
		Back-headed grosbeak *Guiraca caerulea* x Picogordo azul	R	I
		Blue grosbeak *Passerina ciris* x Sietecolores	VI	I
		Painted bunting *Atlapetes pileatus* Saltón hierbero	R	GF
		Rufous-capped brush-finch *Pipilo erythrophtalmus* * Zarcero	R	GF
		Rufous-sided towhee *Pipilo fuscus* Pajaro rata	R	O
		Brown towhee *Diglossa baritula* * Picochueco canela	R	N

APENDICE 1. Lista de especies de aves registradas para el Pedregal de San Angel; los datos provienen de observaciones realizadas de 1989 a 1993 por los autores, así como en registros reportados en la literatura o depositados en colecciones ornitologicas (*). Especies endémicas (@). Especies de importancia económica X.

Orden	Familia	Especie	Estatus	Dieta
		Slaty-flower piercer *Aimophila ruficeps* *	R	G
		Zacatonero Rufous crowned sparrow *Spizella passerina*	R	G
		Chimbito común Chipping sparrow *Spizella atrogularis*	R	G
		Chimbito Black-chinned sparrow *Chondestes grammacus*	VI	G
		Chindiquito Lark sparrow *Melospiza lincolnii*	VI	GI
		Zorzal Linconln´s sparrow *Junco phaeonotus*	R	G
		Ojilumbre Yellow-eyed junco *Quiscalus mexicanus*	R	O
		Chanate Great-tailed grackle *Molothrus aeneus*	R	GI
		Tordo Bronzed cowbird *Molothrus ater*	VI	GI
		Tordo Brow-headed cowbird *Icterus spurius* x	VI	IF
		Calandria café Orchad oriole *Icterus galbula* x	VI	O
		Calandria Baltimore oriole *Icterus parisorum* x	VI	O
		Calandria Scott´s oriole		
	FRINGILLIDAE	*Carpodacus mexicanus* x	R	G
		Gorrión mexicano House finch *Loxia curvirostre* *	T	G
		Picocruzado Red crossbill *Carduelis notata*	R	G
		Dominiquito Black-headed siskin		

APENDICE 1. Lista de especies de aves registradas para el Pedregal de San Angel; los datos provienen de observaciones realizadas de 1989 a 1993 por los autores, así como en registros reportados en la literatura o depositados en colecciones ornitologicas (*). Especies endémicas (@). Especies de importancia económica X.

Orden	Familia	Especie	Estatus	Dieta
		Carduelis psaltria	R	G
		Chirina		
		Dark-backed goldfinch		

APENDICE 2. Lista de especies de aves registradas para el Distrito Federal (DF) y para el Pedregal de San Angel (PSA). El listado del Distrito Federal se basa en registros bibliográficos y de colecciones. El del Pedregal de San Angel en los datos de los autores y literatura.

Orden	Familia	Especie	DF	PSA
CICONIIFORMES	ARDEIDAE			
		Botaurus lentiginosus	W	
		Ixobrychus exilis	X	
		Ardea herodias	W	
		Casmerodius albus	W	
		Egretta caerulea	W	
		Egreta tricolor	W	
		Bubulcus ibis	W	
		Butorides striatus	W	
		Nycticorax nycticorax	W	
		Nycticorax violaceus	W	
	THRESKIORNITHIDAE			
		Plegadis chihi	W	
ANSERIFORMES	ANATIDAE			
		Dendrocygna bicolor	W	
		Dendrocygna autumnalis	X	
		Cairina moschata	W	
		Aix sponsa	X	
		Anas crecca	W	
		Anas platyrhynchus	X	
		Anas acuta	X	
		Anas discors	W	
		Anas cyanoptera	X	
		Anas clypeata	W	
		Anas strepera	W	
		Aythya valisineria	X	
		Aythya americana	W	
		Aythya collaris	W	
		Aythya affinis	W	
		Bucephala albeola	X	
		Lophodytes cuculatus	X	
		Oxyura jamaicensis	W	
FALCONIFORMES	CATHARTHIDAE			
		Coragyps atratus	W	
		Cathartes aura	W	
	ACCIPITRIDAE			
		Pandion haliaetus	X	
		Chondrohierax uncinatus	X	
		Elanoides forficatus	X	
		Circus cyaneus	W	
		Accipiter striatus	W	
		Accipiter cooperrii	W	
		Parabuteo unicinctus	W	
		Buteo swainsoni	X	
		Buteo albicaudatus	W	
		Buteo jamicensis	W	
		Buteo regalis	X	
	FALCONIDAE			
		Polyborus plancus	X	

APENDICE 2. Lista de especies de aves registradas para el Distrito Federal (DF) y para el Pedregal de San Angel (PSA). El listado del Distrito Federal se basa en registros bibliográficos y de colecciones. El del Pedregal de San Angel en los datos de los autores y literatura.

Orden	Familia	Especie	DF	PSA
		Falco spaverius		*
		Falco columbarius	W	
		Falco peregrinus	X	
GALLIFORMES	PHASIANIDAE			
		Dendrortyx macroura	X	
		Cyrtonyx montezumae	X	
		Callipepla squamata	X	
GRUIFORMES	RALLIDAE			
		Rallus longirostris	X	
		Rallus limicola	X	
		Aramides cajanea	X	
		Porzana carolina	W	
		Porphyrula martinica	W	
		Gallinula chloropus	W	
		Fulica americana	W	
	GRUIDAE			
		Grus canadensis	X	
CHARADRIFORMES	CHARADRIIDAE			
		Pluvialis dominica	W	
		Charadrius alexandrinus	W	
		Charadrius semipalmatus	W	
		Charadrius vociferus	X	
	RECURVIROSTRIDAE			
		Himantopus mexicanus	W	
		Recurvirostra americana	W	
	JACANIDAE			
		Jacana spinisa	W	
	SCOLOPACIDAE			
		Tringa melanoleuca	W	
		Tringa flavipes	W	
		Tringa solitaria	W	
		Catoptrophorus semipalmatus	W	
		Acitis macularia	X	
		Bartramia longicauda	W	
		Arenaria interpes	W	
		Calidris mauri	W	
		Calidris minutilla	W	
		Calidris bairdii	W	
		Calidris melanotus	W	
		Calidris himantopus	W	
		Limnodromus scolopaceus	W	
		Gallinago gallinago	W	
		Phalaropus tricolor	W	
	LARIDAE			
		Larus atricilla	X	
		Larus pipixcan	W	
		Chilidonias niger	W	

APENDICE 2. Lista de especies de aves registradas para el Distrito Federal (DF) y para el Pedregal de San Angel (PSA). El listado del Distrito Federal se basa en registros bibliográficos y de colecciones. El del Pedregal de San Angel en los datos de los autores y literatura.

Orden	Familia	Especie	DF	PSA
COLUMBIFORMES	COLUMBIDAE			
		Columba livia	X	*
		Columba flavirostris	X	
		Zenaida asiatica	X	
		Zenaida macroura	X	*
		Ectopistes migratorius (E)	X	
		Columbina inca	X	*
		Columbina passerina	X	
		Leptotila verreauxi	X	
		Leptotila rufaxilla	X	
CUCULIFORMES	CUCULIDAE			
		Coccyzus americanus		*
		Coccyzus erythropthalmus	X	
		Geococcyx californianus	X	
STRIGIFORMES	TYTONIDAE			
		Tyto alba	X	
	STRIGIDAE			
		Otus flammeolus	X	
		Otus kenicotii		*
		Otus trichopsis	W	
		Bubo virginianus	W	
		Glaucidium gnoma	X	
		Glaucidium brasilianum	X	
		Micrathene whitneyi	X	
		Athene cunicularia	X	
		Asio otus	X	
		Asio flammeus	X	
		Aegolius acadicus	X	
CAPRIMULGIFOMES	CAPRIMULGIDAE			
		Chordeiles acutipennis		*
		Chordeiles minor	W	
		Caprimulgus vociferus	W	
APODIFORMES	APODIDAE			
		Cypseloides niger		*
		Cypseloides rutilus		*
		Streptoprogne semicollaris	W	
		Chaetura vauxi	W	
		Aeronautes saxatalis	X	
	TROCHILIDAE			
		Colibri thalassinus	X	
		Chlorostilbon canivetii	X	
		Cynanthus sordidus	X	
		Cynanthus latirostris	X	*
		Hylocharis leucotis	X	*
		Amazilia beryllina	X	*
		Amazilia violiceps		*
		Lampornis amethystinus	X	
		Lampornis clemenciae	X	*

APENDICE 2. Lista de especies de aves registradas para el Distrito Federal (DF) y para el Pedregal de San Angel (PSA). El listado del Distrito Federal se basa en registros bibliográficos y de colecciones. El del Pedregal de San Angel en los datos de los autores y literatura.

Orden	Familia	Especie	DF	PSA
		Eugenes fulgens	X	*
		Tilmatura dupontii	X	*
		Calothorax lucifer	X	*
		Calothorax pulcher	X	
		Archilochus colubris	X	
		Archilochus alexandri	X	
		Stellula calliope	X	*
		Atthis heloisa	X	
		Selasphorus platycercus	X	*
		Selasphorus rufus	X	*
		Selasphorus sasin	X	*
TROGONIFORMES	TROGONIDAE			
		Trogon mexicanus	W	
CORACIIFORMES	ALCEDINIDAE			
		Ceryle alcyon		*
		Chloroceryle americana	X	
PICIFORMES	PICIDAE			
		Melanerpes formicivorus	X	
		Melanerpes hypopolius	X	
		Melanerpes aurifrons	X	
		Sphyrapicus varius	X	*
		Picoides scalaris		*
		Picoides villosus	W	
		Picoides stricklandi	X	
		Colaptes auratus	X	*
PASSERIFORMES	FORMICARIDAE			
		Grallaria guatimalensis	X	
	TYRANNIDAE			
		Camptostoma imberbe	X	*
		Myiopagis viridicata	X	
		Mitrephanes phaeocercus	X	
		Contopus borealis	X	*
		Contopus pertinax	X	*
		Contopus sordidulus	X	*
		Empidonax minimus	X	*
		Empidonax hammondii	X	*
		Empidonax oberholseri	X	*
		Empidonax wrightii	X	
		Empidonax affinis	X	
		Empidonax difficilis	X	
		Empidonax fulvifrons	X	*
		Sayornis nigricans	X	
		Sayornis phoebe	X	
		Sayornis saya	X	
		Pyrocephalus rubinus	X	*
		Myiarchus tuberculifer	X	*
		Myiarchus cinerascens	X	*
		Tyrannus melancholichus	X	

APENDICE 2. Lista de especies de aves registradas para el Distrito Federal (DF) y para el Pedregal de San Angel (PSA). El listado del Distrito Federal se basa en registros bibliográficos y de colecciones. El del Pedregal de San Angel en los datos de los autores y literatura.

Orden	Familia	Especie	DF	PSA
		Catharus ustulatus	X	*
		Catharus guttatus	X	*
		Turdus assimilis	X	
		Turdus rufopalliatus	X	*
		Turdus migratorius	X	*
		Ridgwayla pinicola	X	
	MIMIDAE			
		Dumetella carolinensis	X	
		Mimus poliglottos	X	*
		Toxostoma longirostre	X	*
		Toxostoma ocellatum	X	
		Toxostoma curvirostre	X	*
		Melanotis caerulescens	X	*
	MOTACILLIDAE			
		Anthus spinoletta	X	
		Anthus spragueii	X	
	BOMBYCILLIDAE			
		Bombycilla cedrorum	X	*
	PTILOGONATIDAE			
		Ptilogonys cinereus	X	
		Phainopepla nitens	X	
	LANIIDAE			
		Lanius ludovicianus	X	*
	STURNIDAE			
		Sturnus vulgaris	X	
	VIREONIDAE			
		Vireo griseus	X	
		Vireo bellii	X	*
		Vireo solitarius	X	*
		Vireo huttoni	X	*
		Vireo gilvus	X	
	EMBERIZIDAE			
		Vermivora peregrina	W	*
		Vermivora celata	X	*
		Vermivora ruficapilla	W	*
		Vermivora virginiae	W	*
		Vermivora crissalis	W	
		Parula americana	W	
		Parula superciliosa	X	
		Dendroica petechia	X	
		Dendroica pensylvanica	X	
		Dendroica magnolia	W	
		Dendroica coronata	X	*
		Dendroica nigrescens	X	
		Dendroica townsendl	X	
		Dendroica occidentalis	X	
		Dendroica virens	W	
		Dendroica fusca	X	

APENDICE 2. Lista de especies de aves registradas para el Distrito Federal (DF) y para el Pedregal de San Angel (PSA). El listado del Distrito Federal se basa en registros bibliográficos y de colecciones. El del Pedregal de San Angel en los datos de los autores y literatura.

Orden	Familia	Especie	DF	PSA
		Mniotilta varia	X	*
		Setophaga ruticilla	W	*
		Helminterus vermivorus	W	
		Seiurus aurocapillus	W	*
		Seiurus noveborascensis	X	
		Seiurus motacilla	W	
		Oporornis philadelphia	W	
		Oporornis tolmiei	X	*
		Geothlypis trichas	X	*
		Geothlypis speciosa	X	
		Geothlypis nelsoni	X	*
		Wilsonia pusilla	X	*
		Wilsonia canadensis	W	
		Cardelina rubrifrons	X	
		Ergaticus ruber	X	
		Myioborus pictus	X	
		Myioborus miniatus	X	*
		Basileuterus rufifrons	X	*
		Basileuterus belli	X	
		Icteria virens	X	
		Peucedramus taeniatus	X	
		Euphonia elegantisima	W	
		Piranga flava	X	*
		Piranga rubra	X	*
		Piranga ludoviciana	X	
		Piranga bidentata	W	
		Cardinalis cardinalis	W	*
		Pheuticus ludovicianus	X	
		Pheuticus melanocephalus	X	*
		Guiraca caerulea	X	*
		Passerina cyanea	W	
		Passerina versicolor	X	
		Passerina ciris	X	*
		Spiza americana	X	
		Atlapetes pileatus	X	*
		Atlapetes virenticeps	X	
		Melozone kieneri	W	
		Pipilo chlorurus	X	
		Pipilo ocai	W	
		Pipilo erythrophtalmus	X	*
		Pipilo fuscus	X	*
		Volatinia jacarina	W	
		Sporophila torqueola	X	
		Diglossa baritula	X	*
		Sicalis luteola	W	
		Aimophila botterii	X	
		Aimophila ruficeps	X	*
		Oriturus superciliosus	X	
		Spizella passerina	X	*

APENDICE 2. Lista de especies de aves registradas para el Distrito Federal (DF) y para el Pedregal de San Angel (PSA). El listado del Distrito Federal se basa en registros bibliográficos y de colecciones. El del Pedregal de San Angel en los datos de los autores y literatura.

Orden	Familia	Especie	DF	PSA
		Spizella pallida	X	
		Spizella atrogularis	X	*
		Poeceates grammineus	X	
		Chondestes grammacus	X	*
		Passerculus sanwichensis	X	
		Xenospiza baileyi	X	
		Melospiza melodia	X	
		Melospiza lincolnii	X	*
		Junco phaeonotus	X	*
		Agelaius phoeniceus	X	
		Sturnella magna	X	
		Sturnella neglecta	X	
		Xanthocephalus xanthocephalus	X	
		Euphagus cyanocephalus	X	
		Quiscalus mexicanus	X	*
		Molothrus aeneus	X	*
		Molothrus ater	X	*
		Icterus spurius	X	*
		Icterus cucullatus	X	
		Icterus graduacauda	X	
		Icterus galbula	X	*
		Icterus parisorum	X	*
	FRINGILLIDAE			
		Carpodacus mexicanus	X	*
		Loxia curvirostra	X	*
		Carduelis pinus	X	
		Carduelis notata	X	*
		Carduelis psaltria	X	*
		Cocothraustes abeillei	X	
		Cocothraustes vespertinus	X	
	PASSERIDAE			
		Passer domesticus	X	*
		Total Especies	314	105
		Total Generos	197	74
		Total Familias	48	21
		Total Ordenes	17	9

Ecología y conducta de la mariposa *Callophrys xami* (LYCAENIDAE)

Betty Benrey B., Carlos Cordero M., Gabriela Jiménez C, y Jorge Soberón M.

Lab. Ecología Teórica, Centro de Ecología, Apdo. Postal 70-275, UNAM, CP 04510.

INTRODUCCION

Las poblaciones de insectos herbívoros varian en tamaño y estabilidad, desde densidades bajas y estables como es el caso de *Heliconius editha* (Lepidoptera) en Costa Rica (Ehrlich y Gilbert 1973), hasta poblaciones como la de la palomilla *Zeiraphera diniana*, cuya densidad poblacional ha oscilado entre 4 y 30,000 individuos en los últimos 50 años (Baltensweiler *et al.* 1977). En los últimos años se han estudiado muchas especies de insectos con el objeto de entender los patrones de abundancia y sus causas, fluctuación y distribución de sus poblaciones. Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de datos con los que se cuenta, a la fecha no se ha logrado concretar una teoría que integre todos los aspectos de la ecología de poblaciones de insectos herbívoros (Soberón, 1986).

La abundancia de los recursos es uno de los factores que se han identificado como responsables de determinar las densidades poblacionales de insectos herbívoros (Lomnicki, 1988). Sin embargo, existe mucha evidencia que demuestra que la presencia de la planta de alimentación de un herbívoro no necesariamente implica que esta disponible para su explotación (Lawton y McNeill 1979; Denno y McClure 1983). Características morfológicas y conductuales del herbívoro, así como características químicas y de distribución de la planta de alimentación pueden limitar el acceso a ésta y dar como resultado la subutilización de los recursos (Soberón *et al.* 1988). Los enemigos naturales de los herbívoros también pueden actuar selectivamente en algunos hábitats resultando en distribuciones agregadas del herbívoro. Así mismo, la existencia de variación en la calidad de la planta puede resultar en distribuciones agregadas de la mortalidad que a su vez pueden afectar su interacción con sus enemigos naturales (Benrey 1993, Price *et al.* 1980).

En 1983 en el Laboratorio de Ecología del Instituto de Biología de la UNAM (ahora Centro de Ecología), se inició un estudio sobre la ecología y conducta de *Callophrys xami* (= *Xamia xami, Sandia xami*) (Lepidoptera: Lycaenidae) en el Pedregal de San Angel. El objetivo inicial de este proyecto fue el de investigar la dinámica poblacional de la mariposa en relación a la calidad y al uso que esta hace de su recurso, la Crassulacea *Echeveria gibbiflora*. Esta mariposa resultó atractiva debido a que, a pesar de que su planta de alimentación larval es de la más abundantes del Pedregal de San Angel (> 1 planta/m^2; Soberón *et al.* 1988), los adultos son poco comunes.

El presente capítulo se encuentra organizado de la siguiente manera. En primer lugar se describe el ciclo de vida y la historia natural de *C. xami*; en segundo lugar se resume la información que se tiene acerca de la ecología poblacional de la mariposa. Posteriormente se describe la conducta de los adultos, y se finaliza exponiendo las perspectivas futuras de estudio de *C. xami*.

Ciclo de Vida e Historia Natural de *Callophrys xami*.

Describir el ciclo de vida o historia natural de insectos holometábolos requiere de un estudio completo de la morfología externa de sus estados inmaduros y adultos, pues son organismos que presentan metamorfosis completa, lo que permite a la larva y al adulto vivir en ambientes diferentes (Parlange 1991). Sin embargo, es común encontrar que la clasificación de insectos holometábolos y

particularmente de mariposas, se basa únicamente en los estadios adultos, especificamente en las venaciones alares y estructuras genitales (Elliot 1973), llevando esto a problemas en su ubicación taxonómica. Tal es el caso de *Calloprhys xami*.

Con el fin de obtener datos que permitan la correcta clasificación de la especie así como una descripción detallada del ciclo de vida e historia natural de la mariposa, se llevaron a cabo dos estudios de laboratorio (Jiménez 1987; Parlange 1991). Por un lado, Parlange (1991) describió el ciclo de vida de *C. xami* y por otra parte Jiménez (1987) investigó los patrones de oviposición en el laboratorio. Ambos estudios han permitido mantener cultivos a lo largo de todo el año.

Callophrys xami pertenece a la familia Lycaenidae y a la subfamilia Theclinae, actualmente la familia se encuentra en revisión taxonómica (R. Robbins, com. pers.). *Callophrys xami* habita zonas secas y rocosas, vuela desde la parte central de México, en los estados de Oaxaca, Guerrero, Veracruz y otros estados del centro del país, Valles de Tehuacán y México, en la Sierra Madre Occidental y del Sur, hasta los estados de Jalisco y Sonora, llegando hasta la parte sur de Texas y Arizona (Ziegler y Escalante 1964; Pyle 1981; Beutelspacher 1980). Aunque no es muy abundante, *C. xami* puede encontrarse en el Valle de México durante todo el año, pero su época de mayor abundancia es de octubre a enero (Soberón *et al.* 1988).

Callophrys xami presenta un estadio de huevo, cuatro estadios larvarios, uno prepupal, el pupal y el adulto (Parlange 1991). La duración de cada uno de los estadios varía según la época del año (X ± E.E.): huevo = 6.89 ± 0.07; larva de primer estadio = 5.36 ± 0.06; larva de segundo estadio = 4.71 ± 0.07; larva de tercer estadio = 5.40 ± 0.10; larva de cuarto estadio = 6.72 ± 0.13; larva en prepupa = 3.70 ± 0.04; pupa = 18.39 ± 0.25 y el adulto = 31.34 ± 1.18. Una hembra puede ovipositar más de 200 huevos en un periodo de tres semanas, siendo la primera semana el pico de oviposición (Jiménez y Soberón 1988-89).

Las larvas se alimentan de plantas de la familia Crassulaceae, siendo su principal planta de alimentación en el Pedregal de San Angel *Echeveria gibbiflora*, De Candolle, de la que las larvas consumen las hojas, flores y tallo. Aunque en menor proporción las larvas de *C. xami* también se alimentan de *Sedum dendroideum*, arbusto de tallos erectos, colgantes y cuya época de floración es de febrero a septiembre (Sánchez 1980). *Echeveria gibbiflora* es una planta muy abundante en el Pedregal de San Angel (X > 1 planta/m^2) (Soberón *et al.*, 1988; Larson *et al.* y Eguiarte *et al.*, en este volumen) cuyas hojas forman una roseta de hojas ovaladas u oblongas de color verde o rosa liliáceo con inflorescencias de flores color rojo-amarillento (Sánchez 1980). La época de floración es de octubre a enero, pero la planta al ser perenne se encuentra presente en el área durante todo el año (Larson *et al.*, y Eguiarte *et al.* en este volumen).

La hembra adulta oviposita sobre flores, hojas y tallos, en ese orden de preferencia, y evitando ovipositar únicamente sobre hojas viejas. Una vez que la larva emerge del huevo, se entierra en la planta y se alimenta del tejido interno, formando un túnel (mina) y dejando únicamente una capa muy delgada en la superficie. Por el tamaño de la mina, así como por la presencia de excremento es posible determinar la existencia de una larva así como el estadio de ésta. Una vez que la larva alcanza el último estadio, abandona la planta y pupa en el suelo, hojarasca o rocas en el área cercana a su planta de alimentación. En el laboratorio, el ciclo de vida en condiciones de temperatura ambiente tiene una duración aproximada de 2 meses, y la mariposa puede ser cultivada tanto en hojas como en flores (Jiménez 1987; Parlange 1991). La tasa mas alta de mortalidad en condiciones de laboratorio se presenta durante la etapa de huevo y de primer estadio (Fig. 1) (Jiménez 1987). El color de las larvas varía desde rosa liliáceo hasta verde, se cree que esta variación en la coloración está asociada con la parte de la planta de la cual se alimentan. Actualmente se está investigando la relación entre la dieta de las larvas y la coloración de éstas y de las pupas. Los adultos se alimentan del néctar de flores. Cordero (en prep.) reporta haber

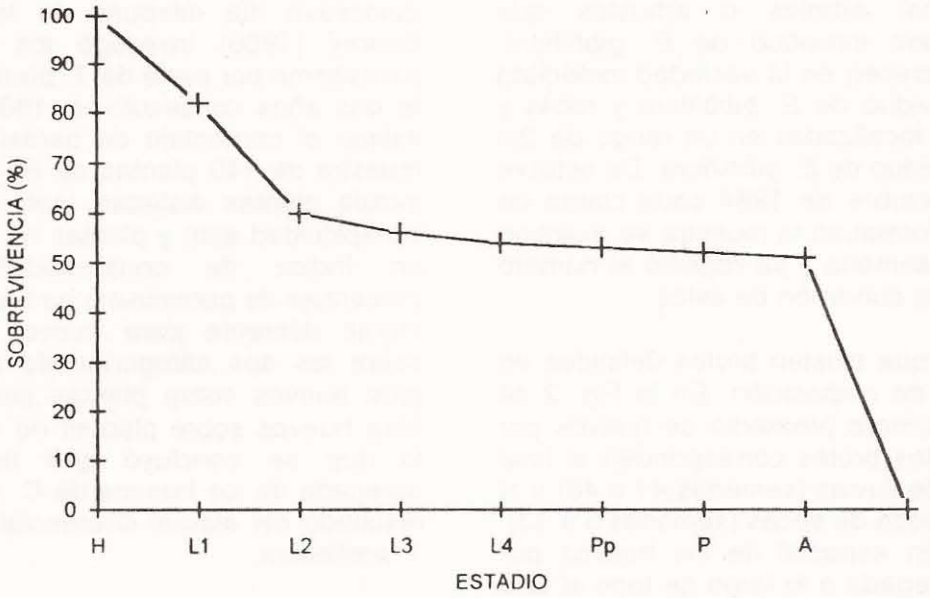


Figura 1. Curva de sobrevivencia promedio de siete tablas de vida realizadas en el laboratorio. H = huevos, L1 = larva de primer estadio, L2 = larva de segundo estadio, L3= larva de tercer estadio, L4 = larva de cuarto estadio, Pp = larva en prepupa, P = pupa, A = adulto.

observado individuos, en su mayoría hembras, alimentándose de *Sedum dendroideum*, *Eupatorium petiolate, Astragalus* sp, *Tagetes tenuifolia y Budleja* sp. La razón sexual en los adultos es de 3: 1 a favor de las hembras.

Parlange (1991) describe la asociación con hormigas (mirmecofilia) que se presenta en 368 géneros, de los 392 que comprenden a la familia de los licénidos. En las larvas de *C. xami* no hay evidencia de la presencia de la glándula secretora de miel, a pesar de que si se han encontrado las perforaciones o cupolas de Malicky (conjunto de orificios localizados en el séptimo segmento abdominal, que por lo general están asociadas a la presencia de una glándula de miel o Glándula de Newcomer) (Downey 1979).

Actualmente se mantienen en el laboratorio cultivos de *C. xami* a lo largo todo el año. El poder disponer de los distintos estadios de la mariposa y de altas densidades de estos ha permitido la realización de experimentos de campo y laboratorio durante un período de diez años, y los resultados obtenidos a través de estos estudios han contribuido al conocimiento de su ecología y conducta.

Ecología Poblacional

Soberón *et al.* (1988) investigaron los patrones de oviposición de *C. xami* sobre *E. gibbiflora*. En octubre de 1983 se marcaron 415 plantas en una superficie de 2 has. De éstas, se eligió al azar una muestra de 140 plantas las cuales se examinaron durante cuatro períodos: octubre de 1983, enero de 1984, mayo-junio de 1984 y octubre de 1984. Para cada planta se registró: 1) el diámetro mayor, 2) diámetro perpendicular, 3) la altura de las inflorescencias y de la planta, 4) una medida del grado de conspicuidad de la planta, 5) el número de huevos y larvas de *C. xami* sobre las inflorescencias y las hojas y 6) el número de huevos de otras especies de insectos. Los huevos de *C. xami* son fácilmente identificados en el campo.

Para medir la conspicuidad de las plantas, se construyó un "índice de conspicuidad" que considera al menos tres factores relacionados con la apariencia de las plantas y con

su grado de aislamiento con respecto a conespecíficos: árboles o arbustos que cubren a cada individuo de *E. gibbiflora*, plantas que crecen en la vecindad inmediata de cada individuo de *E. gibbiflora* y rocas y plantas altas localizadas en un rango de 2m de cada individuo de *E. gibbiflora*. De octubre de 1983 a octubre de 1984 cada planta de las 140 que formaban la muestra se examinó una vez por semana y se registró el número de huevos y la condición de estos.

Se encontró que existen brotes definidos en los patrones de oviposición. En la Fig. 2 se muestra el número promedio de huevos por planta. Los dos brotes corresponden al final de la época de lluvias (semanas 41 a 48) y al inicio de la época de secas (semanas 5 a 13). La distribución espacial de los huevos por planta es agregada a lo largo de todo el año (Fig. 3). Esto es debido al hecho de que pocas plantas reciben una carga desproporcionada de huevos, resultando esto en la existencia de plantas con una mayor probabilidad de recibir huevos que otras. Estas plantas reciben el nombre de "plantas preferidas" y se definen como aquellas con una proporción de 0.1 o más de semanas con huevos (Fig. 4). Así mismo, se encontró que la preferencia está asociada con características físicas de la planta como: altura, grado de aislamiento y densidad de conespecíficos en un diámetro de un metro (Fig. 5). La importancia relativa de estos tres factores varía de acuerdo a la época del año y a la escala de tiempo considerada.

Con el fin de obtener un mejor conocimiento de los factores que contribuyen a la distribución agregada de los huevos de *C. xami* y a las bajas densidades de los adultos, se investigó el impacto de los enemigos naturales en la sobrevivencia de los huevos de la mariposa. Específicamente, se estudió la interacción entre *C. xami* y el parasitoide generalista *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), el cual constituye la principal causa de mortalidad de los huevos de *C. xami*. *Trichogramma pretiosum* parásita los huevos de *C. xami* durante las primeras 24 a 48 hrs de haber sido puestos (Benrey 1986), la hembra adulta oviposita un promedio de 4 huevos por hospedero, las larvas del parasitoide se desarrollan dentro del hospedero y emergen alrededor del quinceavo día después de la oviposición. Benrey (1986) investigó los patrones de parasitismo por parte de *T. pretiosum*. Durante dos años consecutivos, 1984 y 1985, se estimó el porcentaje de parasitismo en una muestra de 140 plantas de *E. gibbiflora* que incluía plantas aisladas (con un índice de conspicuidad alto) y plantas no aisladas (con un índice de conspicuidad bajo). El porcentaje de parasitismo no fue significativamente diferente para huevos de *C. xami* sobre las dos categorías de plantas (22% para huevos sobre plantas aisladas y 15% para huevos sobre plantas no aisladas), por lo que se concluyó que la distribución agregada de los huevos de *C. xami* no es el resultado del ataque diferencial por parte de *T. pretiosum*.

Se ha sugerido que para que un enemigo natural pueda regular a la población de su hospedero, debe existir una relación positiva entre la densidad del hospedero y las tasas de mortalidad por parte del enemigo natural (Hassell 1978; Morrison *et al.* 1980). Para investigar el papel de *T. pretiosum* en la regulación de la población de *C. xami*, se han realizado experimentos de campo en los que se determina la relación entre la densidad de los huevos de *C. xami* y los porcentajes de parasitismo a distintas escalas espaciales (planta y hoja) y en distintas épocas del año (Benrey 1986; M.C. Rosas trabajo no publicado). Los resultados de estos dos trabajos muestran que a la escala de la planta no existe un efecto significativo de la densidad de los huevos de *C. xami* sobre el porcentaje de parasitismo, sin embargo cuando la escala considerada fue la hoja, se encontró una relación positiva entre la densidad del hospedero y el porcentaje de parasitismo (Fig. 6). Los datos sobre parasitismo sugieren que aunque *T. pretiosum* no juega un papel importante en determinar la distribución agregada de los huevos de *C. xami* sobre *E. gibbiflora*, si puede potencialmente contribuir a las densidades poblacionales bajas de la mariposa. Al examinar los patrones de parasitismo en el tiempo, se encontró que estos son densodependientes para al menos un intervalo que corresponde a las densidades más bajas de huevos de la mariposa. Esto ha llevado a proponer un

modelo sobre la regulación poblacional de *C. xami* por parte de *T. pretiosum*, en el cual el factor densodependiente es capaz de regular sólo a bajas densidades lo cual conduce a un régimen de equilibrios múltiples (Soberón y Benrey 1988; Benrey y Soberón en prep.).

Sin un conocimiento detallado de otros factores de mortalidad resulta difícil evaluar la importancia relativa del parasitismo de huevos en la dinámica poblacional. Actualmente, se está llevando a cabo un estudio sobre los factores de mortalidad de *C. xami* en relación a la calidad de sus plantas de alimentación en distintas épocas del año. Este estudio permitirá la construcción de las tablas de vida de la mariposa, las cuales son indispensables para poder tener un conocimiento completo de su dinámica poblacional.

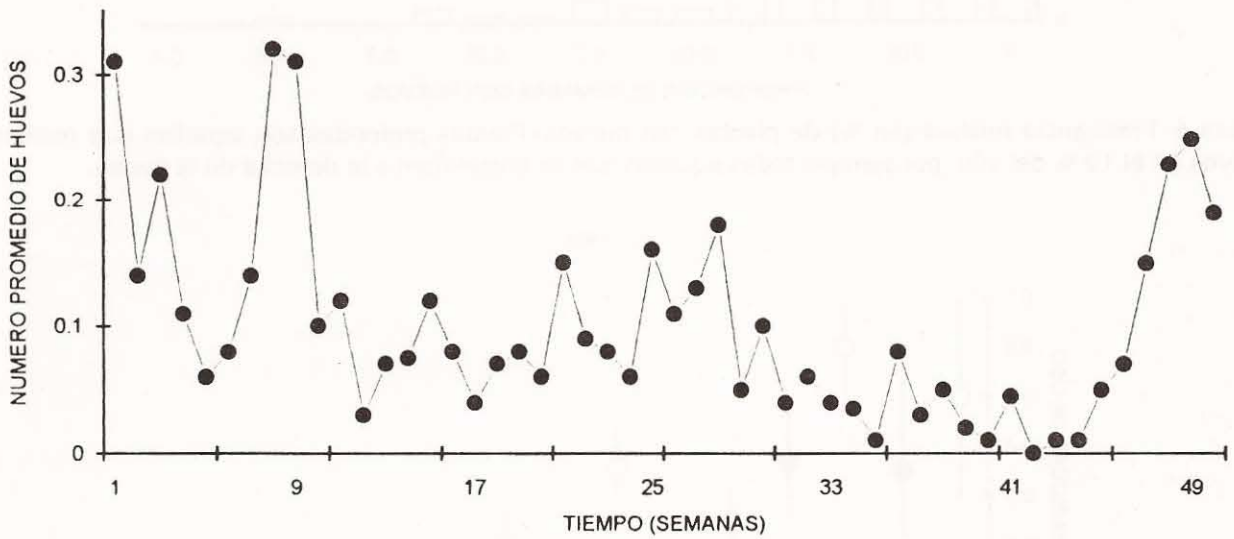


Figura 2. Variación anual en el número de huevos por planta. La semana 1 corresponde a la última semana de octubre de 1983 y la semana 49 corresponde a la primera semana de octubre de 1984.

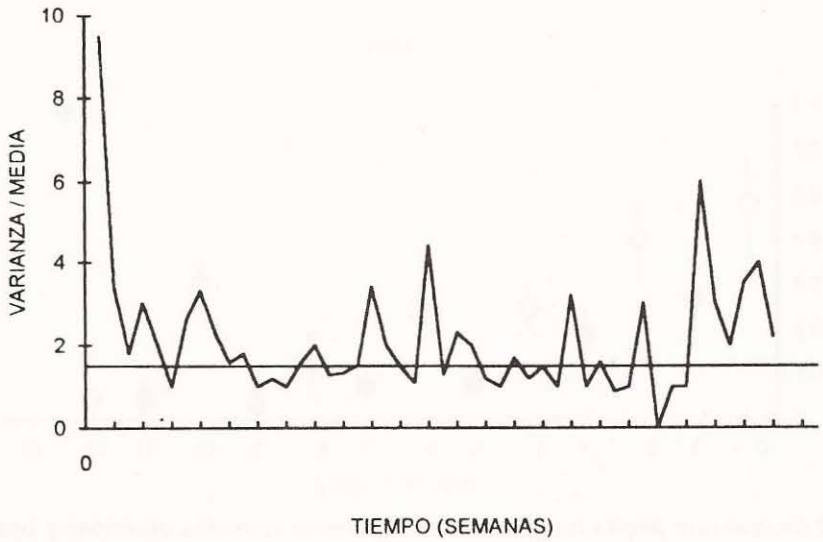


Figura 3. Variación anual en la distribución agregada de los huevos por planta (medida como Var/X).

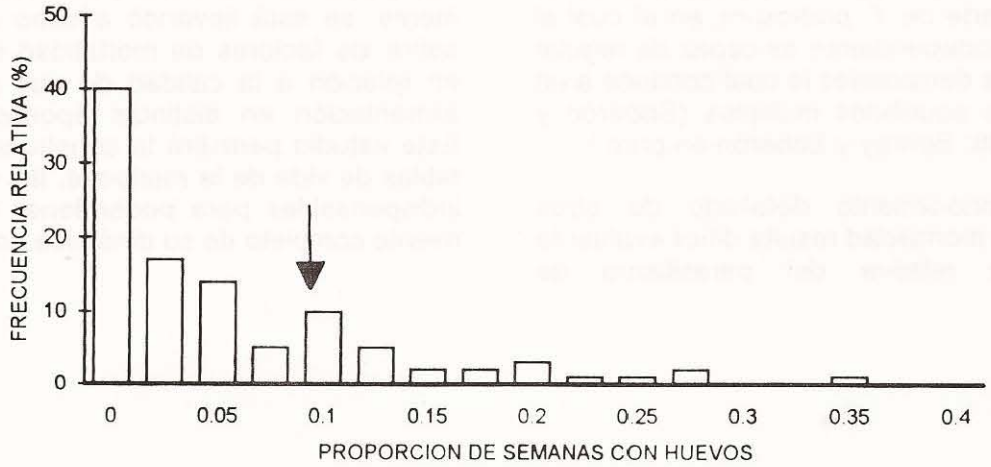


Figura 4. Frecuencia relativa (en %) de plantas con huevos. Plantas preferidas son aquellas que reciben huevos en el 10 % del año, por ejemplo todas aquellas que se encuentran a la derecha de la flecha.

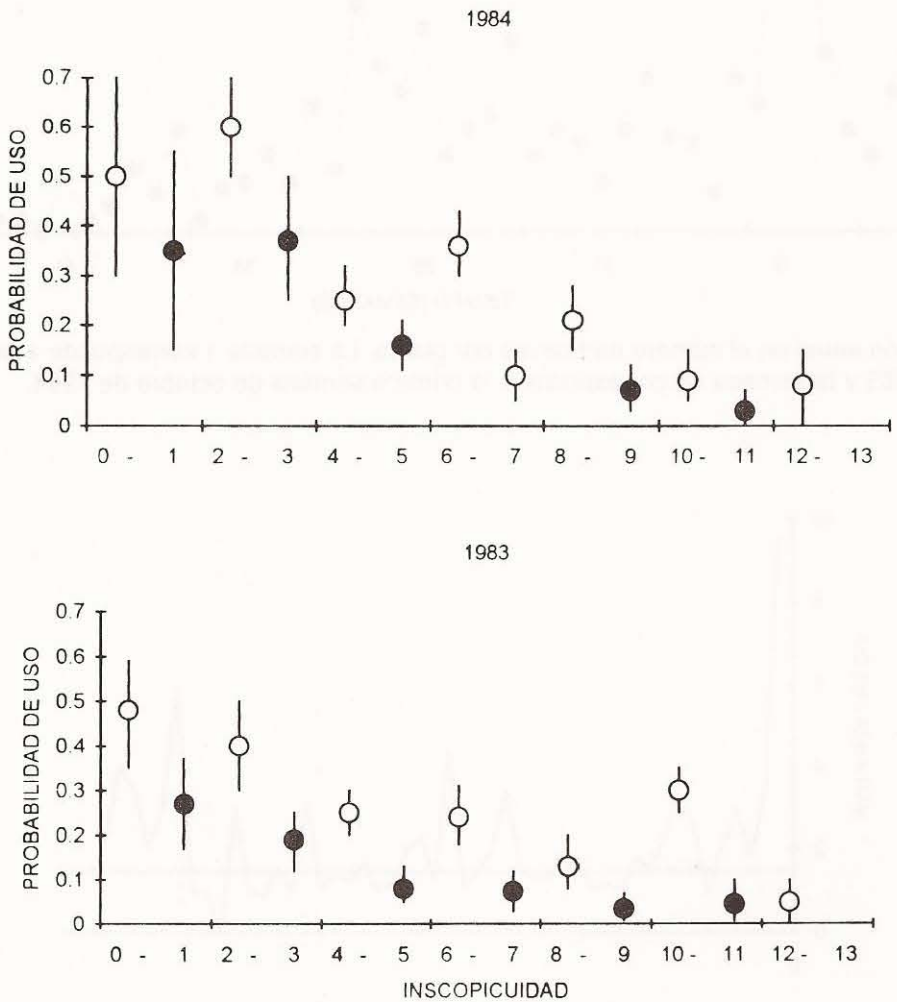


Figura 5. Probabilidad de que una planta tenga uno o más huevos (círculos abiertos) y probabilidad de que existan picos (más de tres huevos) de oviposición (círculos cerrados), en función del índice de conspicuidad (ver texto). Las barras representan el Error Estandar.

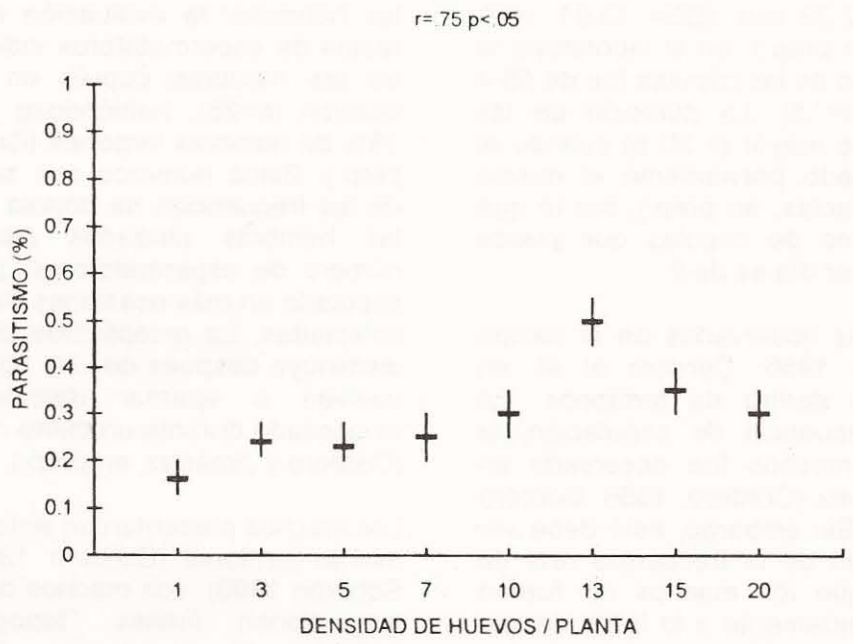


Figura 6. Parasitismo (%) por parte de *Trichogramma pretiosum* en función de la densidad de huevos de *Callophrys xami* (Escala espacial = hoja).

CONDUCTA

Los estudios del comportamiento de *C. xami* se han centrado en la conducta territorial que presentan los machos y en el comportamiento sexual (Cordero 1986, Cordero y Soberón 1990).

El cortejo es muy similar al que presentan muchas otras especies de mariposas (Scott 1973, Silberglied 1977). Comienza cuando una hembra receptiva vuela cerca (< 1 m) del macho, el cual típicamente se encuentra perchado sobre la vegetación. El macho sigue a la hembra, volando cerca de ella (entre 5 y 10 cm), ligeramente arriba y por detrás. Este vuelo dura aproximadamente 30 seg., a menos de que existan perturbaciones externas, tales como un viento fuerte, que provoquen que la pareja pierda contacto momentáneamente. Posteriormente, las mariposas se posan sobre la vegetación, pudiendo haber varios intentos antes de lograrlo. Al posarse, el macho se coloca de frente a la hembra aleteando vigorosamente, mientras ella se mantiene inmóvil y con las alas cerradas. Es posible que en este momento (y, quizás, desde el vuelo previo) el macho emita feromonas de sus androconias (las cuales se encuentran cerca del borde superior de sus alas anteriores). Sin dejar de aletear, el macho camina al lado de la hembra y se da vuelta de manera que queda orientado en la misma dirección que ella. Todavía aleleando, el macho flexiona su abdomen y se acopla con la hembra, deja de aletear y se da vuelta de manera que queda orientado en dirección opuesta a ella, en la posición de cópula clásica de todas las mariposas (Scott, 1973).

El tiempo que transcurre desde que se posan hasta que copulan va de 10 a 20 seg. Al finalizar la cópula, la hembra da unas pocas vueltas como si estuviera "destornillandose", hasta que se separa del macho. Las hembras pueden interrumpir el cortejo en cualquiera de sus fases, habiéndose incluso, observado casos en que la hembra se separa del macho unos instantes después del acoplamiento (y, por lo tanto, antes de la transferencia de espermatozoides; (Cordero *et al.*, en prep). Durante la cópula los machos transfieren únicamente un espermatóforo (Cordero y Macías, en prep.)

La duración promedio de las cópulas en el campo fue de 32.28 min. (DE= 13.01, n=7; Cordero *et al.*, en prep.); en el laboratorio la duración promedio de las cópulas fue de 56.4 min. (DE= 12, n= 5). La duración de las cópulas es mucho mayor (> 20 h) cuando el macho ha copulado previamente el mismo día (Cordero y Macías, en prep.), por lo que el número máximo de cópulas que puede tener un macho por día es de 2.

Todas las cópulas observadas en el campo (n= 45; Cordero 1986; Cordero *et al*, en prep.) ocurrieron dentro de territorios. En relación a la frecuencia de copulación, la mayoría de los machos fue observado en cópula una sóla vez (Cordero, 1986; Cordero *et al.*, en prep.). Sin embargo, esto debe ser una subestimación de la frecuencia real de copulación, ya que los machos no fueron observados continuamente a lo largo de sus vidas. De hecho se sabe que tres de los machos observados copularon al menos dos veces cada uno, uno copuló al menos 3 veces y otro al menos 4 a lo largo de su vida (Cordero *et al.* en prep.).

En relación a la frecuencia de copulación de las hembras, la evaluación del número de restos de espermatóforos indica que el 20% de las hembras copuló en más de una ocasión (n=28), habiéndose encontrado un 18% de hembras vírgenes (Cordero *et al.* en prep.). Estos números son subestimaciones de las frecuencias de cópula reales, ya que las hembras utilizadas para evaluar el número de espermatóforos, pudieron haber copulado en más ocasiones de no haber sido colectadas. La receptividad de las hembras disminuye después de una cópula, y sólo se vuelven a aparear después de haber ovipositado durante un cierto número de días (Cordero y Jiménez, en prep.).

Los machos presentan un sistema de apareamiento territorial (Cordero 1986, Cordero y Soberón 1990). Los machos defienden áreas que tienen límites "topográficos" bien definidos (p. ej. muros, rocas grandes, vegetación alta; Fig. 7), dentro de las cuales no se encuentran concentraciones de hembras ni de recursos atractivos para ellas. Los territorios tienen un tamaño promedio de

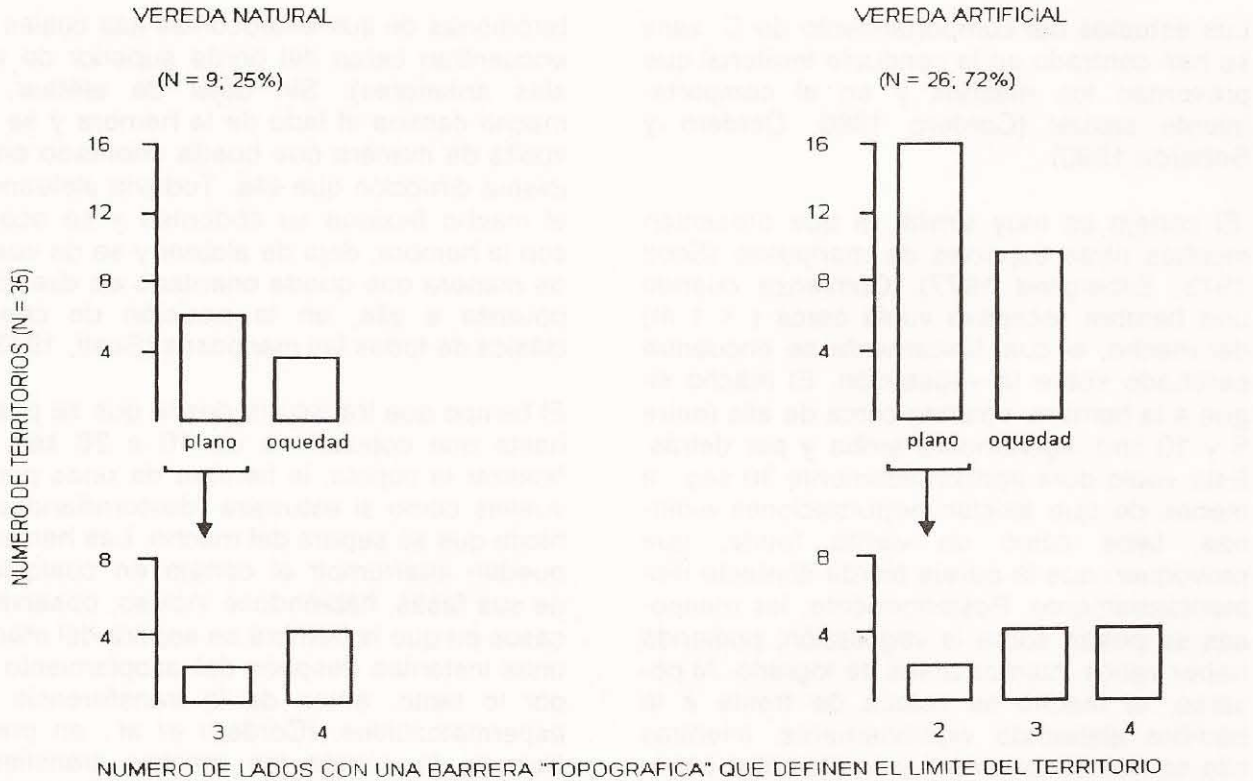


Figura 7. Características "topográficas" de los territorios. En estas gráficas se consideran territorios en forma de cuadro. Los territorios en oquedades tienen límites bien definidos en toda su periferia.

14.8 m^2 (DE= 11.3, rango 2.2 a 58.4, n= 37) y se encuentran sobre o al lado de veredas naturales o hechas por el hombre (Fig. 7).

Los machos defienden activamente sus territorios por medio de una serie de vuelos agresivos dirigidos en su mayoría contra machos coespecíficos. Además inspeccionan la mayoría de los animales y objetos (p. ej. hojas) que cruzan su territorio. A continuación se describen los vuelos "interactivos" (es decir, aquellos vuelos que ocurren en respuesta a la detección por parte del macho territorial (MT), de algún otro organismo):

1. Vuelos de inspección: Acercamientos breves del MT al animal (generalmente un insecto o un ave) que cruza el territorio, después del cual el macho regresa a su percha (generalmente en la que se encontraba previamente) y el "intruso" (I) se aleja sin exhibir ningún cambio conductual evidente.

2. Vuelos horizontales: El MT persigue I a lo largo de un plano horizontal; a lo largo del vuelo se intercalan períodos en los cuales ambos individuos vuelan uno alrededor de otro.

3. Persecuciones: El MT realiza una persecución larga y rápida, en la cual el I aumenta su velocidad de vuelo al acercarse el MT.

4. Vuelos en espiral: Interacciones durante las cuales el MT y el I vuelan "apretadamente" uno alrededor del otro a lo largo de un eje perpendicular o diagonal al suelo; la elevación alcanzada por el par va de 2 a varias decenas de metros. Las interacciones de tipo 3 y 4 sólo ocurren frente a machos coespecíficos (Cordero y Soberón, 1990).

Las frecuencias de interacciones intraespecíficas en los territorios son muy bajas (debido a las bajas densidades poblacionales) por lo que los machos pasan la mayor parte del tiempo perchados (X (DE)= 97.9 (1.8)% del período de defensa territorial) dentro de su territorio .

El período de defensa territorial dura aproximadamente 5 h [hora promedio de llegada al territorio= 09:55 (DE= 43 min), rango 09:01 a 10:32; hora promedio de partida= 15:11 (DE= 52 min), rango 14:24 a 16:20]. Generalmente un mismo macho ocupa un territorio durante varios días: promedio para machos observados más de un sólo día= 7.4 (DE= 5.6 días, n= 55; Fig. 8). El excluir a los machos que fueron observados un solo día provoca que se sobrestime la duración del

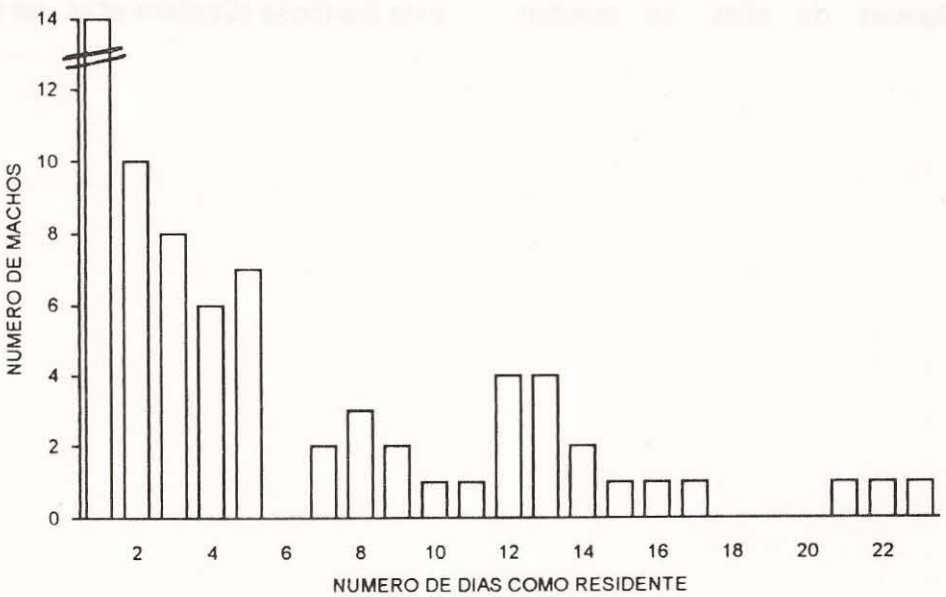


Figura 8. Distribución de frecuencias de tiempos de residencia de los machos en los territorios. N_T= número total de machos observados (sobrestimación; ver texto). $N_{<1}$= número de machos observados más de un día de observación.

período de defensa territorial. Sin embargo, debido a que muchos de los machos no fueron marcados el primer día que se observaron, la frecuencia de machos observados como residentes solamente un día, está sobrestimada (Fig. 8). El tiempo de residencia promedio considerando sólo estos últimos datos, baja a 2.4 días (DE= 3.71).

Los mismos territorios (incluso las mismas perchas) son ocupados por machos en diferentes años. Todo indica que los territorios son utilizados como sitios de encuentro con hembras (Cordero, 1986). Cordero y Soberón (1990) discuten las evidencias en favor de esta interpretación y su posible origen evolutivo y mantenimiento selectivo. La frecuencia de ocupación varía mucho entre territorios (ver tabla 1) y no guarda ninguna relación con el tamaño de los mismos (r_S= 0.24, $p > 0.1$; Cordero y Soberón, 1990). Siempre hay territorios desocupados, aunque su proporción varía a lo largo del año.

Acerca de la conducta de las hembras no se sabe mucho. Esto se debe principalmente a que las hembras son muy vágiles. Seguir hembras en el Pedregal por períodos de tiempo y distancias largas ha sido prácticamente imposible dado lo accidentado del terreno. Como ya se mencionó, las hembras son más móviles que los machos y, al menos algunas de ellas, se pueden dispersar distancias relativamente grandes (Cordero, datos no publicados).

PERSPECTIVAS

No resulta exagerado afirmar que nuestros estudios hacen de *Callophrys xami* una de las mariposas mexicanas mejor conocidas desde el punto de vista ecológico y conductual. Como suele suceder, entre más se sabe de un organismo, mayor es el número de nuevas interrogantes que se plantean acerca del mismo. Sin embargo, como uno de nosotros ha escrito previamente, en este momento "nuestra ignorancia esta mucho mas bien delimitada" (Soberón, 1987). Son dos los estudios que creemos nos van a permitir tener una idea clara de los factores que determinan la dinámica poblacional de *C. xami*. En primer lugar, es necesario obtener tablas de vida en los diferentes microhabitats donde ocurre la planta de alimentación de las larvas, y en las distintas épocas del año. En segundo lugar, es necesario estudiar de manera detallada la conducta de oviposición, a fin de entender los factores que determinan la distribución espacial de los huevos. Es muy probable también que esta información nos permita refinar nuestras hipótesis acerca de las causas "últimas" (es decir, de las presiones selectivas) responsables del comportamiento territorial de los machos de esta mariposa (Cordero *et al.*, en prep.).

Tabla 1. Frecuencia de ocupación, tamaño, número de machos y número de cópulas registradas en los territorios de *Callophrys xami* (modificado de Cordero y Soberón, 1990)[a].

Territorio	Tamaño (m^2)	Frecuencia de ocupación[b]	Número de machos[c]	Número de cópulas[d]
3-4 N	11.22	0.80	41	3
6-7 A	8.91	0.68	31	1
H	14.28	0.47	12	0
5-6 S	6.21	0.46	35	3
JB 2	4.80	0.40	17	3
7-8 E	13.80	0.29	11	0
5-6 N	6.97	0.12	8	0
6-7 B	12.48	0.10	5	0
3-4 S	28.35	0.08	4	0
7	4.56	0.06	4	0
6	5.70	0.05	4	0

[a] Datos de territorios observados más de 30 días.
[b] Frecuencia de ocupación = (Número de días ocupado por un macho)/(Número de días revisado).
[c] Este número es una sobreestimación, ya que no todos los machos fueron marcados el primer día que fueron observados.
[d] Cópulas observadas durante los estudios de conducta de los machos. Las observaciones están sesgadas hacia los territorios con mayores frecuencias de ocupación.

Literatura Citada

Baltensweiler, W., G. Benz, P. Bovey y V. Delucchi. 1977. Dynamics of larch bud moth populations. Annual Review of Entomology 22:79-100.

Benrey, B. 1986. Patrones de Parasitismo por *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera) y su efecto sobre la Dinámica Poblacional de la Mariposa *Sandia xami*". M. en C. Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. 55 pp.

Benrey, B. 1993. Host plant effects on the interaction of an insect herbivore and its larval parasitoid: The case of *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) and *Cotesia glomeratus* (Hymenoptera: Braconidae). Ph.D. Dissertation. Departmen of Entomology, Univ. of Maryland.

Beutelspacher, C. R. 1980. Mariposas Diurnas del Valle de México. Ed. Científicas L. P. M.M. México. 33 pp y 16 láminas.

Elliot, J. N. 1973. The higher classification of the Lycaenidae: a tentative arrangement. Bull. br. Mus. Nat. Hist. (Ent) 28: 373-506.

Cordero, M. C. 1986. Defensa Territorial en la Mariposa *Sandia xami*". Facultad de Ciencias, UNAM. 75 pp.

Cordero, C. y J. Soberón. 1990. Non-resource based territoriality in males of the butterfly *Xamia xami* (Lycaenidae). J. Ins. Behav. 3(6):719-732.

Denno, R.F. y M. S. McClure. 1983. Variable Plants and Herbivores in Natural and Managed Systems. Accademic Press. New York, USA.

Downey, J. C. 1962b. Mymercophily in *Plebejus* (Icaricia) *icaroides*. Ent. News. 73: 57-66.

Eguiarte, L., V. Parra y F. Vargas. Biología reproductiva y tamaño efectivo en *Echeveria gibbiflora*: un homenaje a Sewall Wright. En este volumen.

Ehrlich, P.R. y L.E. Gilbert. 1973. Population structure and dynamics of the tropical butterfly *Heliconius ethilla*. Biotropica 5:69-82.

Hassell, M.P. 1978. The Dynamics of Arthropod Predator-Prey Systems. Princeton University Press, Princeton, N.J. U.S.A.

Jiménez C. G. 1987. Reproducción, Mantenimiento y Cultivo en Laboratorio de *Sandia xami* (Lepidoptera, Lycaenidae). Facultad de Ciencias, UNAM. 89 pp.

Jiménez, G. y J. Soberón. 1988-89. Laboratory rearing of *Sandia xami* (Lycaenidae, Eumaeini). J. Res. Lepid. 27(3-4):268-271

Larson, J., L. Eguiarte y C. Cordero. Demografía de *Echeveria gibbiflora* D.C. (Crassulaceae) en dos ambientes contrastantes del Pedregal de San Angel. En este volumen.

Lawton, J.H. y S. McNeill. 1979. Between the devil and the deep blue sea: on the problem of being a herbivore. Symp. Brit. Ecol. Soc. 20:223-244.

Lomnicki, A. 1988. Population Ecology of Individuals. Monographs in Population Biology 25. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

Morrison, G., W.J. Lewis y D.A. Nordlund. 1980. Spatial differences in *Heliothis zea* egg density and the intensity of parasitism by *Trichogramma* spp.: an experimental analysis. Environmental Entomology 9:79-8S.

Parlange P. P. 1991. Ciclo de Vida de *Sandia xami* (Lepidoptera: Lycaenidae). Su Biología y Notas Acerca de su Cultivo en el Laboratorio. Facultad de Ciencias, UNAM. 99.

Price, P.W., C.E. Bouton, P. Gross, B.A. McPheron, J.N. Thompson y A.E. Weis. 1980. Interactions among three trophic levels: Influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. Annual Review of Ecology and Systematics 11:41-65

Pyle, R. M. 1981. The Audubon Society Field Guide to North American Butterflies. Alfred A. Knopf. New York. 917 pp.

Sánchez, S. O. 1980. La Flora del Valle de México. 6a. ed. Ed. Herrero. 519 pp.

Scott, J. 1973. Mating of butterflies. Jour. Res. Lep. 11: 99-127.

Silberglied, R. E.(1977). Communication in the Lepidoptera. In T. A. Sebeok (ed.), How Animals Communicate. Indiana University Press.

Soberón, J. 1986. The relationship between use and suitability of resources and its consequence to insect population size. Am. Nat. 127. 338.357.

Soberón, J. 1987. La mariposa y la Oreja de Burro: Por qué hay que cuidar el Pedregal. Los Universitarios N. E. II(16):9-15

Soberón, J., C. Cordero, B. Benrey, P.Parlange, C. García-Saez y G. Berges. 1988. Patterns of oviposition by *Sandia xami* in relation to food-plant apparency. Ecological Entomology 13(1):71-79.

Soberón, J. y B. Benrey (1988). Population numbers of Sandia xami in the Pedregal de San Angel, México, in relation to a possible regulating parasitoid (*Trichogramma pretiosum*). Procc. of the XVIII Entomological Congress. Vancouver, Canada.

Ziegler J. B. y T. Escalante. 1964. Observation of the life history of *Callophrys xami* (Lycaenidae). Journ. Lep. Soc. 18: 85-89.

Análisis cuantitativo de los artrópodos epifitos del Pedregal de San Angel

Leticia Rios-Casanova y Zenón Cano-Santana

Centro de Ecología, U.N.A.M. Apdo. Postal 70-275. Ciudad Universitaria. 04510 México, D. F.

RESUMEN

En este trabajo se hace una análisis de la diversidad, abundancia y biomasa de los artrópodos epifitos de la reserva del Pedregal de San Angel, mediante colectas realizadas en julio de 1991 y enero de 1992. Los datos obtenidos en julio y enero, respectivamente fueron: *biomasa*: 133.3 y 24.9 mg/m^2, *densidad*: 522.4 y 249.6 individuos/m^2; *riqueza específica*: 163 y 118 morfoespecies. Los grupos más importantes en julio fueron Orthoptera y Araneae por su biomasa, Acarida por su densidad y Diptera por el número de especies, siendo la especie más importante el acrídido *Sphenarium purpurascens*. En enero el grupo más importante fue Homoptera, siendo la especie más importante el pequeño ácaro *Mochloribatula* sp. Se discute que por su composición de artrópodos el Pedregal es semejante a pastizales y sabanas.

INTRODUCCION

La Ciudad de México, a pesar de ser la urbe más grande del mundo, conserva zonas en las que se albergan plantas y animales aún desconocidos, tanto por su ubicación taxonómica como por sus características biológicas y ecológicas.

Una de las zonas más interesantes dentro de esta gran ciudad es la reserva del Pedregal de San Angel el cual, por tener un origen volcánico posee una topografía tan heterogénea que propicia la existencia de una gran cantidad de microambientes, permitiendo la coexistencia de una considerable diversidad de plantas y animales, tomando en cuenta que sólo ocupa una extensión de 1.47 km^2. Otra posible causa de esta diversidad es que el Pedregal, como todo el Valle de México, está ubicado entre los límites de dos zonas biogeográficas, la Neártica y la Neotropical (Alvarez et al., 1982).

Un grupo de organismos que es particularmente interesante desde el punto de vista ecológico son los artrópodos. Al Phylum Arthropoda pertenecen más del 50% de las especies vivas (Daly et al., 1978), todas ellas con diferentes tipos de alimentación y formas de vida. Debido a que los artrópodos del Pedregal han sido poco estudiados y sólo se han tocado en algunos aspectos de su biología, en el presente trabajo se analiza cuantitativamente la composición y estructura física de la comunidad de los artrópodos epifitos en dos épocas del año y se identifican a las especies más importantes de esta comunidad en términos de biomasa, densidad y distribución. Además, dado que en el Pedregal se pueden distinguir claramente dos estaciones, la época de lluvias que ocurre de julio a octubre y la época seca en los meses de noviembre a mayo (Valiente-Banuet y De Luna, 1990), los análisis se centraron en colectas realizadas en estas dos temporadas contrastantes.

MATERIALES Y METODOS

Muestreo. Se realizaron 2 colectas, la primera en julio de 1991, que corresponde a la época de lluvias, y la segunda en enero de 1992, correspondiente a la época seca. Para cada colecta se utilizó una red de golpeo de 32 cm de diámetro (para colectar organismos mayores a 1 cm de longitud) y un aspirador de insectos D-VAC modelo 24 (para colectar organismos menores a 1 cm), el cual consiste en un motor, una manguera de 2.0 m de longitud, y un cono colector de 32 cm de diámetro. Primero se colectaba con la red de

golpeo y posteriormente se aspiraba sobre las plantas existentes en 10 puntos elegidos al azar, dentro de 4 cuadros de 0.25 ha. Dos de los cuadros se ubicaban en sitios abiertos, donde el estrato arbóreo era más reducido, y los dos restantes se localizaron en sitios cerrados, donde los árboles formaban un estrato bien definido, provocando un ambiente sombreado. Las colectas se realizaron entre las 9:00 y las 14:00 horas.

Procesamiento de datos. Los artrópodos colectados fueron separados por morfoespecies con la ayuda del microscopio estereoscópico. Los organismos fueron contados, secados en un horno a 65°C por 7 días y pesados en una balanza analítica. Posteriormente, los organismos pertenecientes a la clase Insecta fueron agrupados por órdenes según la clasificación de Borror et al. (1981) y los restantes fueron separados por clase (Arachnida y Acarida). Se obtuvieron los datos de número de individuos, biomasa y número de especies para cada grupo taxonómico en cada estación, utilizando un promedio ponderado que considera que los ambientes planos cubren el 59.7% del área de la reserva del Pedregal y los ambientes cerrados el 40.3% restante (Cano-Santana, en prep.).

Para determinar a las especies más importantes en cada estación, se calculó el Valor de Importancia (V.I.) para cada una de las morfoespecies, este valor resulta de la suma de la biomasa, la densidad y la frecuencia relativas (ver Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974), valores que fueron obtenidos de un promedio ponderado de los valores absolutos, considerando la fracción de cada tipo de ambientes dentro de la reserva.

Por otro lado se calcularon, el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), usando la fórmula de Margalef (1968):

$$\underline{H'} = - [\Sigma^{s}_{i=1} (ni/N) * \log_{10} (ni/N)],$$

la equitabilidad ($\underline{E}$) (Krebs, 1978), calculada como:

$$\underline{E} = \underline{H'} / \log_{10} S,$$

y el índice de dominancia ($\underline{D}$) de la comunidad de (Simpson 1949), calculado como:

$$\underline{D} = 1 / \Sigma^{s}_{i=1} (ni / N)^2$$

donde ni = V.I. de la especie i, N= valor de importancia acumulado de todas las especies, y S= número de especies.

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición de la comunidad. En la Fig. 1 se indica la importancia que tiene cada grupo de artrópodos dentro de la comunidad, en términos de biomasa, densidad y número de especies.

En el mes de julio, la biomasa total de artrópodos obtenida fue de 133.3 mg/m^2, siendo el grupo más importante en términos de biomasa el orden Orthoptera con 69.9 mg/m^2, que cubre el 52.4% del total. Los demás grupos importantes en términos de este parámetro fueron Arachnida (23.1 mg/m^2), Homoptera (11.8 mg/m^2), Coleoptera (8.4 mg/m^2), y Diptera (6.7 mg/m^2). Los grupos restantes presentaron biomasas inferiores a 6 mg/m^2, cubriendo juntas el 10.1% del total. En este mes se encontró una densidad total de artrópodos de 522.4 individuos por m^2, siendo el grupo más importante en este aspecto los ácaros con 206.2 individuos por m^2, que cubren el 39.5%. Le siguen en importancia los homópteros con 65.6/m^2, los colémbolos con 50.7/m^2, las arañas con 47.4/m^2, y los dípteros con 47.1/m^2. Los grupos restantes presentan densidades menores a 40 individuos por m^2 y juntas abarcan sólo el 20.2%. En julio, el número total de morfoespecie fue de 163, siendo el grupo mejor representado los Diptera con 34 morfoespecies. Le siguen en importancia Himenoptera, Arachnida, y Homoptera, cada una de las cuales aporta 25 especies, y Coleoptera que aporta 21. Los grupos restantes cubren un total de 33 especies, que significa el 20.3% del total. En este mes resultó que los ortópteros son importantes por su biomasa y los ácaros por sus números, sin encontrarse un grupo de artrópodos que predominara por su aporte a la riqueza de especies.

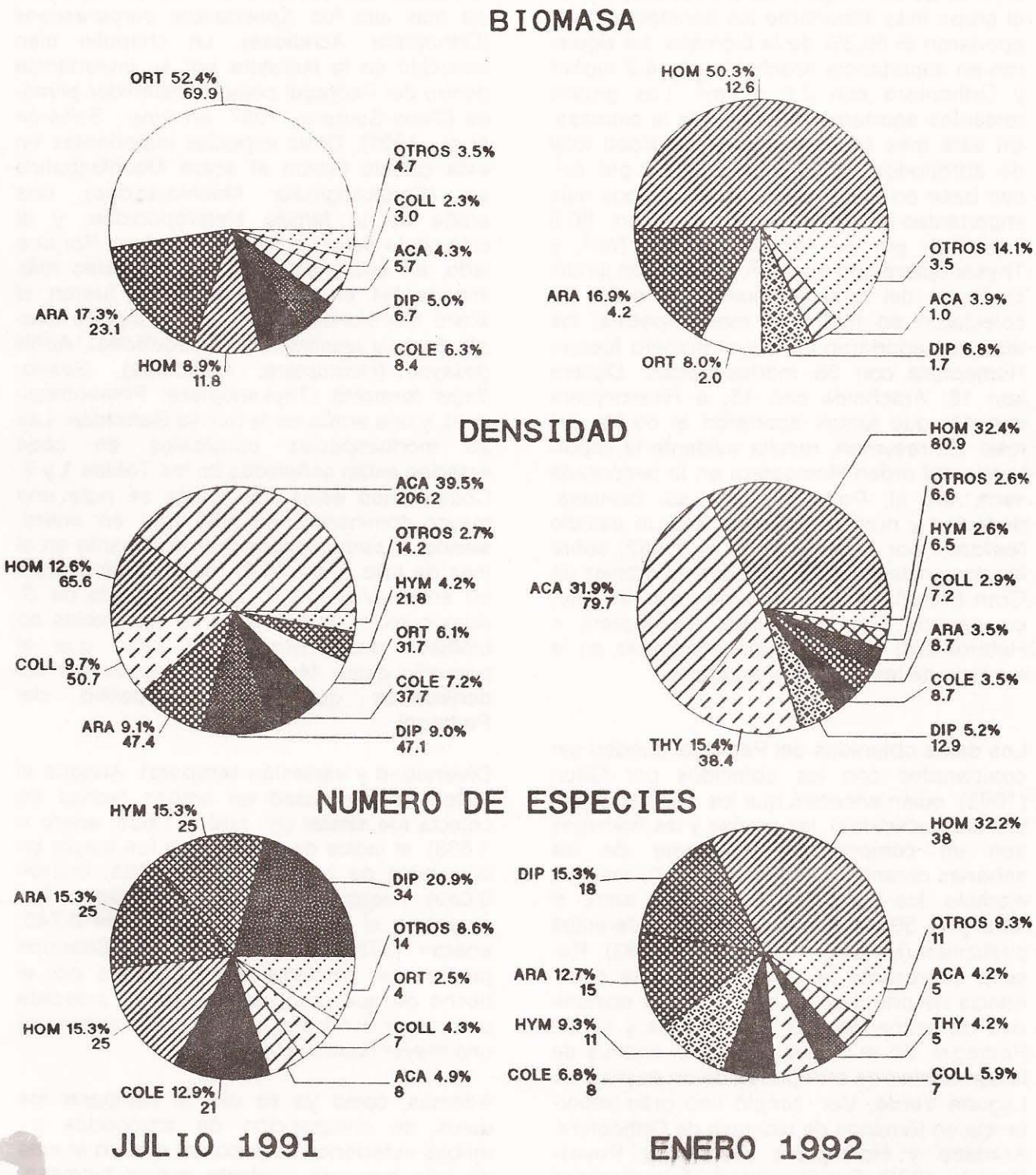


Figura 1. Análisis cuantitativo de los artrópodos epifitos de la reserva del Pedregal de San Angel, basado en muestreos realizados en julio de 1991 y enero de 1992. Simbología: ACA= Acarida ARA=Arachnida, COLE= Coleóptera, COLL= Collembola, DIP= Diptera, HOM= Homoptera, HYM= Himenóptera, THY= Thysanoptera, ORT=Orthoptera.

Por otro lado, en el mes de enero, se colectó un total de 24.9 mg/m^2 de artrópodos, siendo el grupo más importante los homópteros que aportaron el 50.3% de la biomasa. Le siguieron en importancia Arachnida con 4.2 mg/m^2 y Orthoptera con 2.0 mg/m^2. Los grupos restantes aportaron el 24.8% de la biomasa. En este mes se obtuvo una den-sidad total de artrópodos de 249.6 individuos por m^2, con base en éste parámetro los grupos más importantes fueron: Homoptera con 80.9 individuos por m^2, Acarida con 79.7/m^2, y Thysanoptera con 38.4/m^2, que cubren juntas el 79.7% del total. Asimismo, en enero se colectaron en total 118 morfoespecies; los taxa que aportaron un mayor número fueron: Homoptera con 38 morfoespecies, Diptera con 18, Arachnida con 15, e Himenoptera con 11, que juntas aportaron el 69.5% del total. En resumen, resulta evidente la importancia del orden Homoptera en la temporada seca en el Pedregal, por su biomasa, densidad y número de especies. Un estudio realizado por Southwood *et al.* (1982) sobre las comunidades de artrópodos de árboles de Gran Bretaña y Sudáfrica, se encontró que, en general, los hemípteros (Homoptera + Heteroptera) eran el grupo dominante en la mayoría de las especies vegetales.

Los datos obtenidos del Pedregal pueden ser comparados con los obtenidos por Gillon (1983), quien encontró que los ortópteros (sobre todo acrídidos), las arañas y las hormigas son un componente importante de las sabanas durante la temporada de lluvias. Por ejemplo, los acrídidos representan entre el 41.8 y el 50% de la biomasa en diferentes pastizales (Morello, 1970: Gillon, 1983). Resulta interesante la semejanza en la dominancia de ortópteros y arañas en la comunidad de artrópodos de las sabanas y la del Pedregal. En el mismo sentido el análisis de la comunidad de artrópodos de un pastizal en Laguna Verde, Ver. señaló una gran importancia en términos de biomasa de Orthoptera, Araneae y Homoptera (Halffter y Reyes-Castillo, 1975). Por el contrario, la comunidad de artrópodos asociada a árboles tropicales y templados muestra una dominancia, en términos de densidad, de arañas y homópteros y la ausencia notable de ortópteros (datos en Basset y Arthinghton, 1992).

Especies más importantes. En julio de 1991 la especie que presentó el valor de importancia más alto fue *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae), un chapulín bien conocido en la literatura por su importancia dentro del Pedregal como consumidor primario (Cano-Santana, 1987, en prep.; Soberón et al., 1991). Otras especies importantes en esta colecta fueron el ácaro *Mochloribatula* sp. (Cryptostigmata: Mochlozetidae), una araña de la familia Heteropodidae, y el colémbolo *Seira* sp. (Entomobrydae). Por otro lado, en enero de 1992, las especies más importantes, en orden decreciente, fueron: el ácaro *Mochloribatula* sp., el homóptero *Graphocephala nigrifasciata* (Cicadellidae), *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae), *Gastrothrips terrestris* (Thysanoptera: Phlaeothripidae), y una araña de la familia Salticidae. Las 25 morfoespecies principales en cada estación están señaladas en las Tablas 1 y 2. Comparando estas dos tablas se nota una mayor dominancia en julio que en enero, siendo *S. purpurascens* más dominante en el mes de julio (V.I.= 58.2), que *Mochloribatula* en enero (V.I.= 39.1). La importancia de *S. purpurascens* está basada en los niveles de biomasa que presenta, en tanto que el pequeño ácaro *Mochloribatula* lo es por las densidades que presenta dentro del Pedregal.

Diversidad y variación temporal. Aunque el índice de diversidad en ambas fechas de colecta fue similar (*H'*: julio = 1.633, enero = 1.638), el índice de dominancia fue mayor en la colecta de julio (*D*: julio= 0.065, enero= 0.049) mientras que la equitabilidad fue mayor en el mes de enero (*E*: julio= 0.740, enero= 0.788). Los índices de Shannon pueden ser similares entre colectas por el hecho de que, aunque en julio se presenta una mayor dominancia, también se encuentra una mayor riqueza específica.

Además, como ya se vió, al comparar los datos de composición de artrópodos en ambas estaciones se encontró que en el mes de julio hay una evidente mayor biomasa, densidad y riqueza de especies de artrópodos que en enero (*biomasa*: julio= 133.3 mg/m^2, enero= 24.9 mg/m^2; *densidad*: julio= 522.4 individuos/m^2, enero= 249.6/m^2; *riqueza específica*: julio= 163 morfoespecies,

enero= 118). Estos datos señalan que la estructura de la comunidad de la reserva del Pedregal varía temporalmente. Para aquellos organismos que son herbívoros o que encuentran protección en las plantas, la época de lluvia resulta de vital importancia, pues es durante ésta que muchas formas vegetales desarrollan nuevas estructuras que son aprovechadas por los artrópodos. La época seca, sin embargo, también es utilizada por otros artrópodos que utilizan a las plantas perennes o que aprovechan la ausencia de otros organismos para poder desarrollarse sin estar sometidos a presión de depredación o competencia. En julio de 1991 la precipitación en el Pedregal fue de 242.1 mm, en tanto que en enero de 1992 ésta fue de 25.2 mm (datos del Observatorio Meteorológico de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM), lo cual aparentemente provocó que la mayor biomasa, densidad y riqueza específica de artrópodos se presente en el mes más húmedo, tal como se ha encontrado en otros sistemas (Halffter y Reyes-Castillo, 1975; Tanaka y Tanaka, 1982; Gillon, 1983, Wolda, 1988, Basset, 1991). Datos detallados de la variación temporal de artrópodos se encuentran en Rios-Casanova (1993), aunque se puede ver también los trabajos de Márquez-Mayaudón (1968) y de Cano-Santana (1987).

La realización de estudios más profundos acerca de la variación en la composición y estructura física de la comunidad de artrópodos en el Pedregal, permitirá conocer aspectos más profundos acerca de la dinámica de la comunidad y de los factores físicos y bióticos que la afectan.

Tabla 1. Valor de importancia (V.I.) de las 24 principales especies colectadas en julio de 1991 en la reserva del Pedregal de San Angel. B rel., D rel., F rel. = biomasa, densidad y frecuencia relativas. ND = familia no determinada. Claves de los órdenes: Ara = Araneae, Cole = Coleoptera, Coll = Collembola, Cry = Cryptostigmata, Dip = Diptera, Hom = Homoptera, Hym = Hymenoptera, Neu = Neuroptera, Ort = Orthoptera, Pro = Prostigmata, Pse = Pseudoscor-pionida, Pso = Psocoptera, Thy = Thysanoptera.

ESPECIE	ORDEN	FAMILIA	B rel.	D rel.	F rel.	V. I.
Sphenarium purpurascens	Ort	Acricidae	48.9	4.7	4.6	58.2
Mochloribatula	Cry	Mochlozetidae	1.5	31.1	5.5	38.0
23	Ara	Heteropodidae	10.6	5.5	4.4	20.4
Seira sp.	Coll	Entomobrydae	1.0	5.8	3.1	9.9
20	Hom	Cicadellidae	3.9	2.3	2.3	8.5
44	Cry	ND	2.2	3.8	1.5	7.5
Hemoticus sp.	Cole	Cryptophagidae	0.9	2.8	3.2	6.9
32	Ort	Blattidae	3.5	1.2	1.4	6.0
Nodonota curtula	Cole	Crysomelidae	2.8	1.0	1.6	5.5
10	Dip	Chloropidae	0.8	1.7	2.7	5.2
Achalus sp.	Dip	Dolichopodidae	1.0	2.0	2.2	5.2
27	Coll	Dicyrtomidae	0.8	2.0	2.1	4.8
Gastrothrips terrestris	Thy	Phlaeothripidae	0.2	1.7	2.8	4.8
14	Pro	Anistidae	0.2	2.4	1.6	4.2
42	Hom	Cicadellidae	0.6	2.6	0.9	4.1
65	Hom	Cicadellidae	0.3	1.3	1.9	3.5
69	Ara	ND	2.8	0.1	0.5	3.4
19	Cole	Curculionidae	1.1	0.8	1.4	3.3
72	Ara	Salticidae	1.4	0.5	1.0	3.0
58	Hom	ND	0.1	0.9	1.8	2.8
68	Hom	Cicadellidae	0.5	0.8	1.3	2.5
11	Hym	Formicidae	0.2	0.8	1.4	2.4
31	Pse	ND	0.3	0.6	1.4	2.3
12	Dip	Mycetophillidae	0.6	0.4	1.3	2.3

Tabla 2. Valor de importancia (V.I.) de las 24 principales especies colectadas en enero de 1992 en la reserva del Pedregal de San Angel. Claves como en Tabla 1.

ESPECIE	ORDEN	FAMILIA	B rel.	D rel.	F rel.	V. I.
Mochloribatula sp.	Cry	Mochlozetidae	3.9	27.6	7.5	39.1
Graphocephala nigriphaciata	Hom	Cicadellidae	28	0.6	1.6	30.1
Aphis gossypii	Thy	Phlaeothrypidae	2.4	14.3	3.5	20.3
Gastrothrips terrestris	Hom	Aphididae	6.7	19.0	0.5	26.2
II12	Ara	Salticidae	11.4	1.4	4.4	17.2
III18	Hom	Fulgoridae	4.7	2.9	1.9	9.5
32	Ort	Blattidae	8.0	0.4	1.0	9.5
III2	Hom	Cicadellidae	2.6	2.2	3.5	8.3
Hemoticus sp.	Cole	Cryptophagidae	1.8	2.3	3.2	7.2
14	Pro	Anistidae	0.0	3.7	3.1	6.8
III33	Dip	ND	4.3	0.9	0.5	5.7
II25	Neu	ND	3.0	0.6	1.4	5.0
79	Hym	Braconidae	2.1	0.9	1.8	4.8
II74	Hom	Cicadellidae	0.7	1.0	2.4	4.2
62	Ara	ND	3.1	0.2	0.5	3.8
172	Hom	ND	1.2	0.4	1.4	3.0
10	Dip	Chloropidae	0.6	0.6	1.8	3.0
23	Ara	Heteropodidae	1.3	0.4	1.1	2.8
131	Coll	ND	0.5	1.0	1.1	2.6
III10	Hom	ND	1.2	0.3	1.0	2.5
III43	Pso	ND	1.0	0.3	1.0	2.4
III26	Hom	ND	1.6	0.2	0.5	2.3
91	Hom	ND	0.2	0.6	1.4	2.1
11	Hym	Formicidae	0.7	0.3	1.1	2.1

LITERATURA CITADA

Alvarez, F.J., J. Carabias, J. Meave, P. Moreno-Casasola, D. Nava, F. Rodríguez, C. Tovar y A. Valiente. 1982. Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Angel. Lab. de Ecología, Fac. de Ciencias, U.N.A.M., México.

Basset, Y. 1991. The seasonality of arboreal arthropods foraging within an Australian rainforest tree. Ecol. Ent. 16: 265-278.

Basset, Y. y A.H. Arthington. 1992. The arthropod community of an Australian rainforest tree: Abundance of component taxa, species richness and guild structure. Aust. J. Ecol. 17: 89-98.

Borror, D.J., D.M. De Long y C.A. Triplehorn. 1981. An introduction to insect biology and diversity. Saunders College Pub., Philadelphia.

Cano-Santana, Z. 1987. Ecología de la relación entre *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) y sus herbívoros en el Pedregal de San Angel., D.F. (México). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México.

Cano-Santana, Z. (En preparación). Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófita. Tesis Doctoral. Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y de Posgrado del CCH, UNAM, México.

Daly, H.D., J.T. Doyen y P.R. Ehrlich. 1978. Introduction to insect biology and diversity. McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo.

Gillon, Y. 1983. The invertebrates of the grass layer. Pp. 289-311. In: Bourliere, F. (ed.), Tropical Savannas. Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam.

Halffter, G. y P. Reyes-Castillo. 1975. Análisis cuantitativo de la fauna de artrópodos de Laguna Verde. Folia Entomol. Mex. 30: 2-32.

Krebs, C. J. 1978. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. 2nd. ed. Harper & Row Pub., N.Y.

Margalef, R. 1968. Perspectives in ecological theory. University of Chicago Press, Chicago.

Márquez-Mayaudón, C. 1968. Ortópteros del Pedregal de San Angel, Villa Obregón, D.F. An. Inst. Biol. Ser. Zool. 39: 1-172.

Morello, J. 1970. Ecología del Chaco. Bol. Soc. Arq. Bot. 11 (Supl.):161-170.

Mueller-Dombois y Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. N.Y.

Rios-Casanova, L. 1993. Análisis espacial y temporal de la comunidad de artrópodos epifitos del Pedregal de San Angel, D.F. (México). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México.

Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. Nature 163: 688.

Soberón, J., M.C. Rosas y G. Jiménez. 1991. Ecología hipotética del Pedregal de San Angel. Ciencia y Desarrollo 99: 25-38.

Southwood, T.R.E., V.C. Morán y C.E.J. Kennedy. 1982. The richness, abundance and biomass of the arthropod communities of trees. Anim. Ecol. 51: 635-649.

Tanaka, L. K. y S. K. Tanaka. 1982. Rainfall and seasonal changes in arthropod abundance on a tropical Oceanic Island. Biotropica 14: 114-123.

Valiente-Banuet, A. y E. De Luna. 1990. Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Angel, México, D.F. Acta Bot. Méx. 9: 13-30.

Wolda, H. 1988. Insect seasonality: Why? Ann. Rev. Ecol. Syst. 19: 1-18.

Polinización en el Pedregal de San Angel, México: *Manfreda brachystachya* y *Mirabilis jalapa.*

Alberto Búrquez (1), Luis E. Eguiarte (2) y Carlos Martínez del Río (3)

(1) Estación Regional Noroeste, Centro de Ecología, UNAM, Apartado Postal 1354, Hermosillo, Sonora 83000, México
(2) Centro de Ecología, UNAM, Apartado Postal 70-275 México D. F. 04510, México
(3) Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, Princeton, NJ 08544-1003, E. U. A.

INTRODUCCION

Este trabajo versa sobre la variación fenotípica, el medio ambiente y sus consecuencias en la estructura de las poblaciones, tomando como excusa la biología floral. En otras palabras, lo que presentamos aquí es una visión ecológica del proceso de la adaptación. Los ejemplos para este trabajo son de la reserva del Pedregal de nuestra Universidad. De hecho el nivel de detalle que pudimos alcanzar, nunca lo habríamos logrado en otro sistema, pues el dar clases en la Facultad de Ciencias y tener a la vez otro proyecto mayor, es por lo general incompatible con el detalle de los datos.

El estudio detallado de la ecología reproductiva de *Manfreda brachystachya* [Cav] Rose (amole) y *Mirabilis jalapa* L (maravilla), nuestros dos estudios de caso, lo logramos gracias a la combinación de 2 factores principales. El primero y más importante fue el tener los sitios de estudio a unos pasos del laboratorio y el salón de clase. De esta forma podíamos hacer observaciones detalladas diariamente. El segundo factor fue el trabajar con especies en las que los eventos reproductivos ocurrían principalmente durante la noche. De esta manera combinamos nuestras tareas de enseñanza e investigación diurna con un honorable trabajo nocturno. Esto también nos permitió explorar el mundo, casi desconocido, de la polinización nocturna.

Manfreda brachystachya

Una especie característica del Pedregal de San Angel es la planta *Manfreda brachystachya* (Agavaceae). Esta especie habita desde en bosques pinos y de encinos hasta en las asociaciones de *Senecio praecox*. *Manfreda* es una hemicriptofita que durante la primavera brota de rizomas. Dependiendo de la edad y vigor de los rizomas, produce hojas que van desde 5 cm hasta 60 cm de longitud. Las plantas comienzan su reproducción muy temprano, desde que estas tienen hojas muy pequeñas (10 cm). Sin embargo, existe una correlación positiva entre el tamaño de la planta (y por lo tanto su cobertura) y el potencial reproductivo. Las flores son producidas en un escapo de 1 a 2 m de altura, y cada escapo produce aproximadamente 30 flores. Las flores están formadas por un perigonio infundibuliforme de 2 a 4.5 cm de longitud con angostos segmentos de 1.4 a 1.6 cm de largo. Su coloración varía desde crema, hasta verdoso o rojizo. Presenta seis estambres salientes con grandes anteras dorsifijas, amarillas, y con abundante polen. El estilo es cilíndrico terminado en un estigma trilobulado. En su

base está el ovario trilocular, en cada lóculo hay dos hileras de óvulos (Eguiarte, 1983).

Nuestro estudio comparó dos poblaciones dentro del Pedregal de San Angel, que representaban extremos de densidad. La historia natural de *Manfreda* es compleja y consideramos que esta especie representa un eslabón clave de la comunidad. Por ejemplo, los escapos son comidos por conejos y ratones. Estos últimos recurren a complicadas acrobacias para cortar las partes carnosas de las flores y beber el néctar. Diversas aves, entre las que destacan *Carduelis psaltria* y *Carpodacus mexicanus* se posan en las inflorescencias y beben el néctar allí presente. Para lograrlo rompen longitudinalmente las flores. Varias especies de colibríes (*Calothrorax lucifer, Eugenes fulgens, Hylocharis leucotis, Cynanthus latirostris, Lampornis clemencia, Amazilia beryllina*), visitan las flores "legalmente". Durante la noche los principales visitantes son mariposas esfinge y murciélagos. De los esfíngidos, creemos que la mayoría de las especies presentes en la Reserva visitan las flores de *Manfreda*, aunque *Erinyis ello, Sphynx istar* y *Agrius cingulatus* son los más abundantes. Los murciélagos visitantes de las flores fueron principalmente *Leptonycteris curazoe* y *Anoura geoffroyi* (Eguiarte, 1983; Eguiarte y Búquez, 1987, 1988).

Casi todos los organismos citados son polinizadores, pero algunos son más efectivos que otros. Experimentos de exclusión, cubriendo flores en su pico de receptividad durante el día, y descubriéndolas durante la noche, y viceversa, mostraron que los polinizadores nocturnos son casi 5 veces más eficientes que los diurnos (6% vs 27% de producción de frutos). Dentro de los polinizadores nocturnos, los más abundantes y eficientes fueron las diversas especies de murciélagos (Eguiarte y Búrquez, 1987, 1988).

Los botones florales de *Manfreda* comienzan a abrir en la tarde y ninguno abre después de las 19:00 hrs. Las flores, que presentan una abundante secreción de néctar (Figura 1),

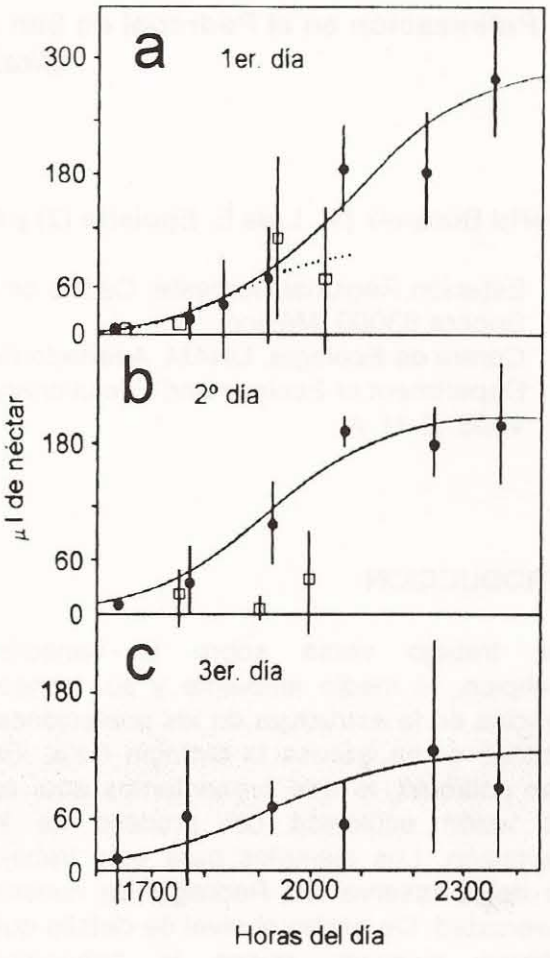


Figura 1. Curvas de néctar acumulado en grupos de flores de *Manfreda brachystachya* muestreadas en tiempos cada vez mayores desde el inicio de la secreción del néctar. A) flores del primer día, B) flores del segundo día, C) flores del tercer día. Con propósitos solamente descriptivos los datos observados se ajustaron a una curva logística. Las barras en cada punto indican una desviación estándar a cada lado del promedio, n=10 flores.

duran activas por 3 noches. La secreción del néctar con una concentración muy constante del 15% al 17% (peso/peso total en equivalentes de sacarosa) ocurre solamente durante la noche entre las 17:00 y las 24:00 hrs, y los visitantes diurnos beben el néctar que quedó de la noche anterior. Las flores son funcionalmente masculinas la primera noche. Los estambres ofrecen grandes cantidades de polen y los lóbulos del estigma permanecen cerrados. Las dos noches

siguientes, la flor actúa como femenina, el polen está ya agotado y los lóbulos del estigma están abiertos y húmedos. La asignación temporal en néctar es muy diferente, siendo la producción de néctar en el primer día casi el doble de la ofrecida en el segundo y tercer día. La asignación entre sexos es muy similar, ya que durante la fase femenina se ofrece una cantidad comparable de néctar que durante la fase masculina (Eguiarte, 1983; Eguiarte y Búrquez, 1987).

La producción de frutos (medida como la probabilidad de que una flor se convierta en fruto, fruit set) es dependiente de la densidad hasta un máximo de 5 frutos m^2. Esto se ejemplifica claramente por la forma en que la curva de producción de frutos sigue a la curva fenológica en el sitio de baja densidad y es relativamente independiente de ésta en el sitio de alta densidad (Figura 2a, 2b). La producción de frutos es pobre cuando la densidad de flores es baja, y alcanza una

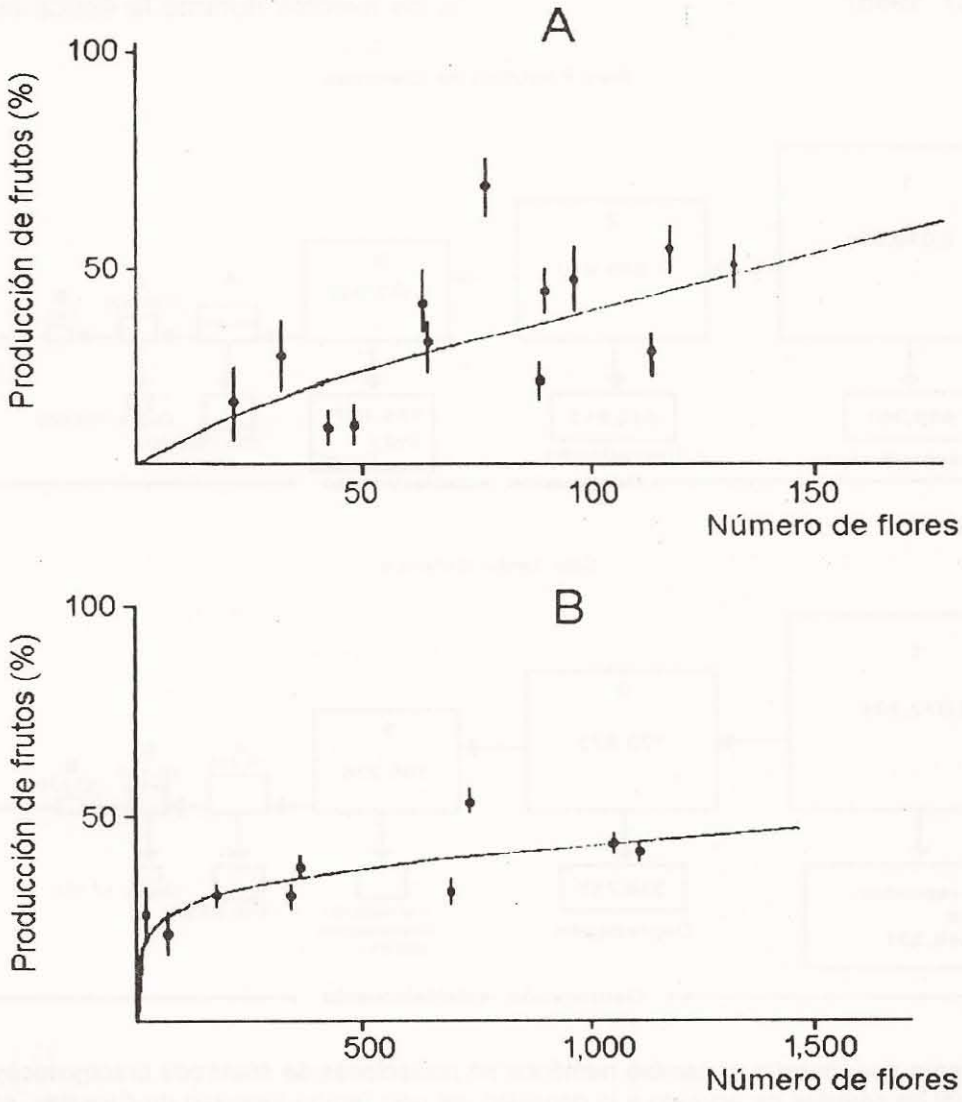


Figura 2. Producción de frutos como función de la densidad de flores de *Manfreda brachystachya* para un sitio con densidad máxima de flores muy baja (A=Jardín Botánico), y uno con una densidad muy alta (B=Facultad de Ciencias). Note la diferencia de escalas y como la curva potencial (A) es la parte inicial de (B). Por este fenómeno la producción de frutos parece estar correlacionada con el porcentaje de flores abiertas en (A) (baja densidad máxima), y no en (B) (alta densidad máxima), ver texto. Las barras verticales indican un error estándar a cada lado del promedio.

asíntota en altas densidades (Figura 2a, 2b). Esta conducta sugiere que en los sitios de baja densidad atraen a muy pocos polinizadores, por lo que las flores son poco visitadas y se producen pocos frutos. Contrastantemente, en los sitios de alta densidad la producción de frutos se mantiene casi constante durante la época reproductiva y las limitantes a la fecundidad serían más bien por recursos (energía o nutrientes) que por polinización (Eguiarte, 1983, Eguiarte y Búrquez, 1987, 1988).

En resumen los cambios numéricos en la población potencial de semillas de *M. brachystachya* dependen de la densidad de plantas, la decisión de las plantas de florecer durante esa estación reproductiva, el ataque de herbívoros, las pérdidas por limitantes de polinización, tanto por no producir frutos como por no producir semillas (eficiencia de la polinización) y por la depredación de semillas *in situ*. La resultante es que del 100% de semillas potenciales un 1.7 a 6.3% sobrevive a los eventos durante la época reproductiva.

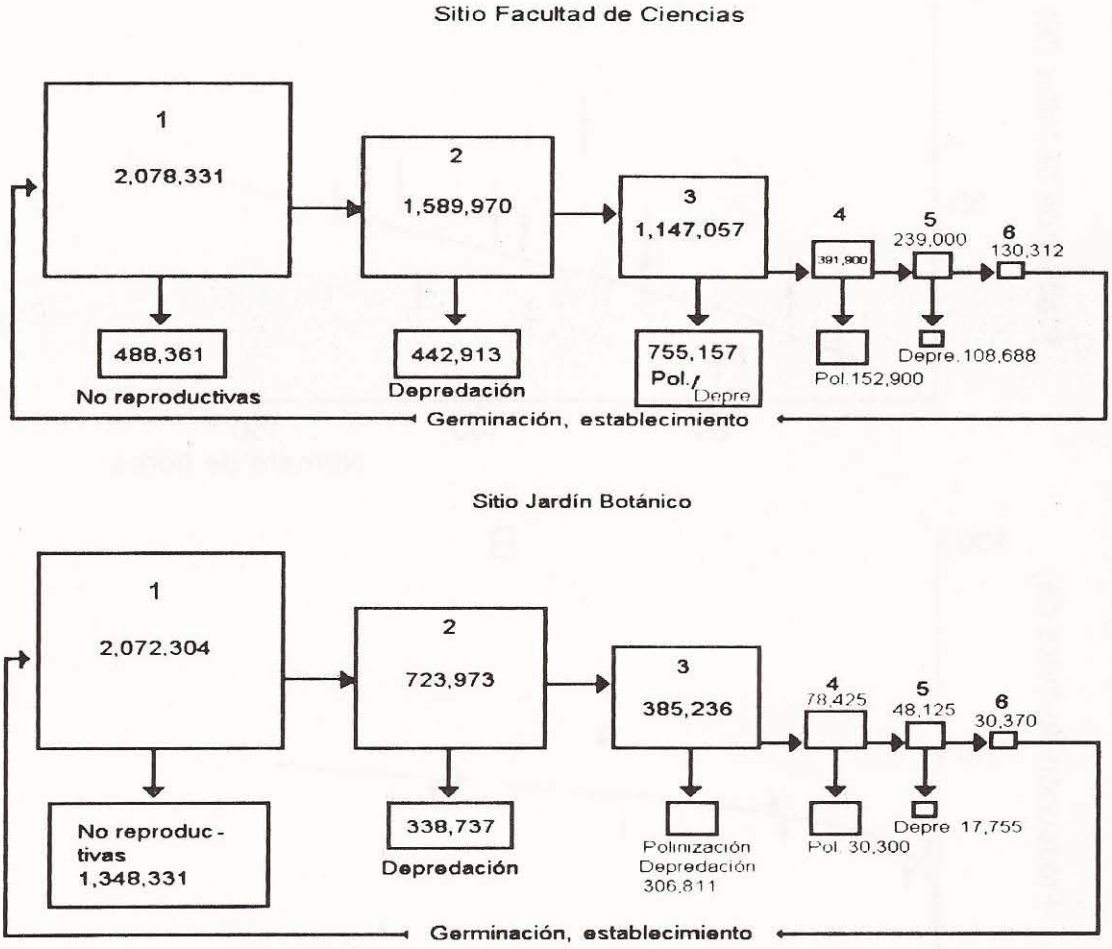


Figura 3. Diagrama que muestra el cambio numérico en poblaciones de *Manfreda brachystachya* desde el número potencial de semillas de acuerdo a la densidad del sitio (arriba Facultad de Ciencias, abajo Jardín Botánico), hasta el número de semillas que eventualmente se dispersan. 1) Total de semillas si todas las rosetas se reprodujeran. (=Rosetas individuales x flores por inflorescencia x número de óvulos por flor). 2) Número máximo de semillas producido por los individuos reproductivos. 3) Número máximo de semillas producidas por aquellos individuos cuyas inflorescencias no fueran depredadas. 4) Número de semillas si todos los óvulos que restan se convirtiesen en semillas. 5) Número de semillas si no existiesen agentes de depredación de semillas. 6) Número de semillas que están a punto de ingresar al banco de semillas del suelo.

Del 100% de óvulos reales que la planta asignó en una época reproductiva sobreviven a los eventos reproductivos, y se convierten en semillas, entre un 4.9 y un 8.2%. Estas semillas se dispersan y siguen su camino por otros filtros ambientales (Figura 3) (Eguiarte, 1983; Eguiarte y Búrquez, 1987).

Como ya vimos antes, *Manfreda* tiene una fuerte limitación en la producción de frutos por la actividad de los polinizadores. Así, si los polinizadores disminuyen en número o eficacia, esto se refleja en una disminución concomitante en la producción de frutos. En 1982, encontramos que la producción de frutos era en promedio del 20%, mientras que en 1985 esta había bajado al 8%. Conteos de visitas de murciélagos nectarívoros en 1982, dieron valores de aproximadamente 100 visitas por hora, en 1985 éstos fueron del orden de 20 visitas por hora (Eguiarte y Búrquez, 1988).

Mirabilis jalapa

La otra especie a la que nos referiremos en este trabajo es la maravilla, *Mirabilis jalapa* L. (Nyctaginaceae). *Mirabilis* es una planta de distribución pantropical, originaria de América tropical. La maravilla es una geofita que presenta grandes rizomas de los que emergen brotes durante la primavera. Las partes aéreas del follaje son poco depredadas, aunque hemos observado larvas de esfíngidos alimentándose de ellas. La depredación de frutos por fringílidos y escarabajos (principalmente Curculionidae) fue el único punto del ciclo de vida en el que encontramos una alta incidencia de depredación. Las flores se derivan de un involucro de brácteas con la apariencia de un cáliz. El perianto es tubular muy parecido a una estructura simpétala. La porción basal del perianto persiste en la fructificación. El ovario es súpero con un solo carpelo y un óvulo basal. El fruto es un aquenio indehiscente encerrado en la base del cáliz. En esta especie existe una formidable variación en las características de la flor. La longitud del cáliz petaloide varia desde 3 hasta 7.5 cm. Las anteras pueden estar por debajo, al nivel o arriba del estigma, y la coloración de las flores ocupa casi todo el espectro visible exceptuando los azules. (Martínez del Río, 1984; Martínez del Río y Búrquez, 1986).

Las flores de *Mirabilis Jalapa* duran activas sólo una noche. Estas se abren en la tarde entre las 16:00 y 18:00 hrs, poco después se abren las anteras y al día siguiente entre las 11:00 y 14:00 hrs, en la tarde, éstas se cierran. El mecanismo de apertura y cierre de las flores no ha sido estudiado, pero probablemente involucra cambios en el potencial hídrico de la planta.

Durante el día las flores son visitadas por abejas, principalmente por *Xylocopa tabaniformis*, un Eucerini no identificado, y por colibríes (principalmente *Calothorax lucifer, Hylocharis leucotis* y *Eugenes fulgens*). Las abejas hacen visitas ilegales ya que perforan la base del cáliz petaloide para extraer el néctar, y por lo tanto nunca contactan las partes reproductivas de la flor. Los colibríes, aunque visitan legalmente la flor, cesan sus actividades al tiempo en el que las anteras están apenas exponiendo el polen. Su papel como polinizadores es mínimo, y al igual que las abejas caen mejor en la categoría de robadores de néctar. Más tarde, a partir de las 18:30 hrs. cuando la secreción del néctar es grande, el polen está expuesto y el estigma receptivo, comienzan a visitarla diversas especies de esfíngidos como *Erynyis ello, Agrius cingulatus, Sphynx istar, Xylophanes tersa* e *Hyles lineata*, en este orden de abundancia (Martínez del Río, 1984).

El néctar es bastante concentrado para ser de una flor con antesis crepuscular (24% peso/peso total en equivalentes de sacarosa). El néctar comienza a secretarse desde mucho antes de que la flor abra, probablemente desde antes de las 16:00 hrs. y la secreción continúa hasta la media noche. El pico de secreción está entre las 18:00 y 19:00 hrs. (Figura 4). La máxima actividad de

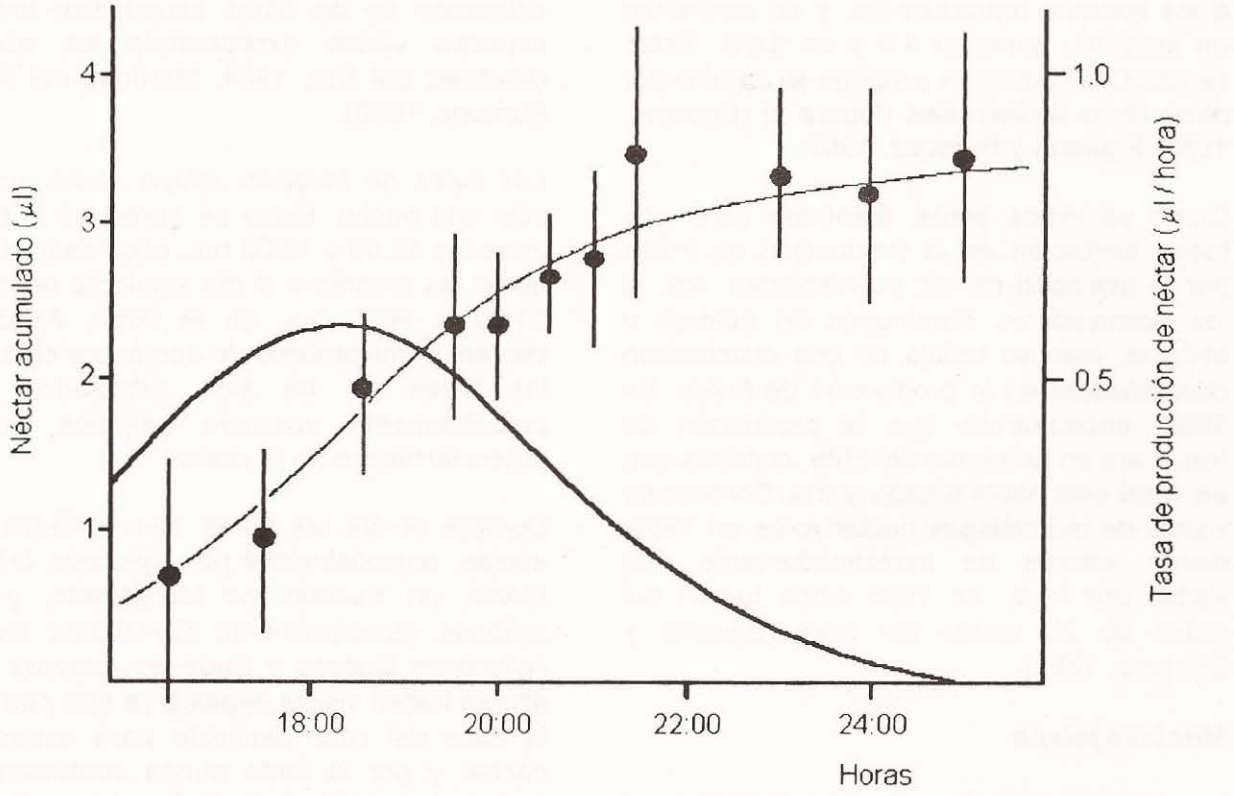


Figura 4. Néctar acumulado en grupos de flores de *Mirabilis jalapa* en el tiempo a partir del inicio de la secreción del néctar. Con propósitos solamente descriptivos los datos observados se ajustaron a una curva logística (línea gruesa). Las barras en cada punto indican una desviación estándar a cada lado del promedio, n=10. La línea delgada indica la derivada de la curva de acumulación del néctar (e.g., la tasa de producción del néctar).

los esfíngidos siempre se observó después del pico de secreción del néctar (Martínez del Río y Búrquez, 1986).

Un fenómeno que nos llamó la atención fué que ciertas noches parecía haber menor actividad de esfíngidos que en otras. Ideamos un par de índices de actividad de los esfíngidos basándonos en la presencia de por lo menos un grano de polen en el estigma (Presencia-Ausencia de Polen, PAP) o en el número promedio de granos de polen por estigma (Número Granos Polen, NGP). En el caso de *Mirabilis*, los granos de polen son muy grandes y pueden ser distinguidos a simple vista. Al día siguiente, muy temprano en la mañana, revisamos los estigmas de una muestra arbitraria de 100 flores y evaluamos ambos índices. Esto confirmó nuestra sospecha pero no aclaró la causa, algunos días había mas visitas de esfíngidos (Figura 5). Revisando los trabajos sobre fisiología de los esfíngidos, descubrimos que los esfíngidos son capaces de termoregulación y que el tiempo necesario para alcanzar la temperatura umbral para volar es una función del diferencial con la temperatura ambiente. (Heinrich, 1971; Heinrich y Bartholomew, 1971; McCrea y Heath, 1971). Esto nos llevó a deducir que la actividad de los esfingidos estaba quizá relacionada con la temperatura promedio de esa noche en particular. Al hacer la correlación encontramos que estas eran marginalmente significativas (PAP,

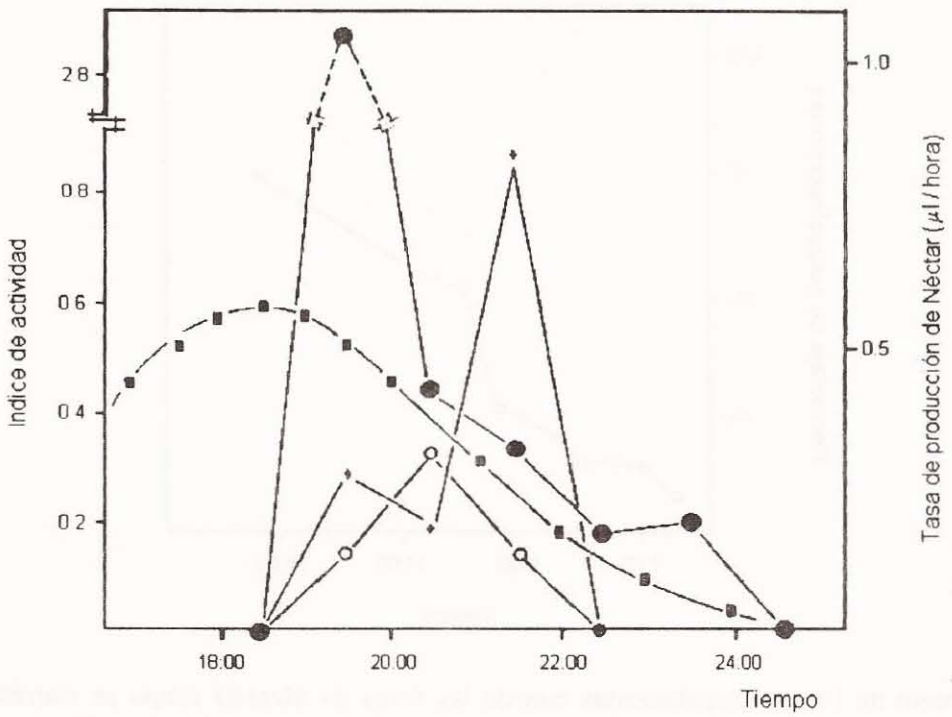


Figura 5. Tasa de producción del néctar en *Mirabilis jalapa* (cuadros, ■), y actividad de los polinizadores para tres noches con distintas condiciones ambientales. (•) 21°C al anochecer, (+) 17°C al anochecer, (O) 16 °C al anochecer. El índice de actividad ilustrado es la tasa de incremento en el número de granos de polen por estigma en una muestra de 100 flores.

r=0.60, n=10; NGP, r=0.61, n=10). Nuestro error, *a posteriori*, se evidenció al descubrir que una vez que los esfíngidos vuelan, por el hecho de termorregular, su actividad se vuelve independiente de la temperatura. El factor relevante entonces es la temperatura ambiental cuando éstos se aprestan a volar. Ya que los esfíngidos comienzan su actividad durante el crepúsculo (Baker, 1961), utilizamos el valor de temperatura promedio a las 19:00 hrs. Una regresión múltiple por pasos mostró, para cada índice, que la variable independiente de mas peso era la temperatura a la hora del crepúsculo. Esta explica 86% (PAP) y 79% (NGP) de la variancia de cada índice (n=10). La inclusión de la temperatura promedio de la noche (entre las 19:00 y las 05:00 hrs.) en el siguiente paso, explica menos del 1% de la varianza restante. La regresión en los datos indicó que ningún esfíngido era capaz de iniciar su actividad cuando la temperatura durante el crepúsculo era menor de 10-11°C (Figura 6). Probablemente, el tiempo de calentamiento de los músculos de vuelo a temperaturas por debajo de este umbral, es infinito desde el punto de vista de los esfíngidos (Martínez del Río y Búrquez, 1986).

En *Mirabilis* no existen mecanismos de autoincompatibilidad (Cruden, 1973; Martínez del Río, 1984). Se pueden producir frutos con igual éxito mediante la polinización cruzada o la autopolinización. Dado el gran tamaño de los granos de polen, se precisan muy pocos granos por estigma para producir frutos. Las flores, mediante los movimiento de cerrado al día siguiente, se autopolinizan ya que las anteras contactan el estigma aún receptivo

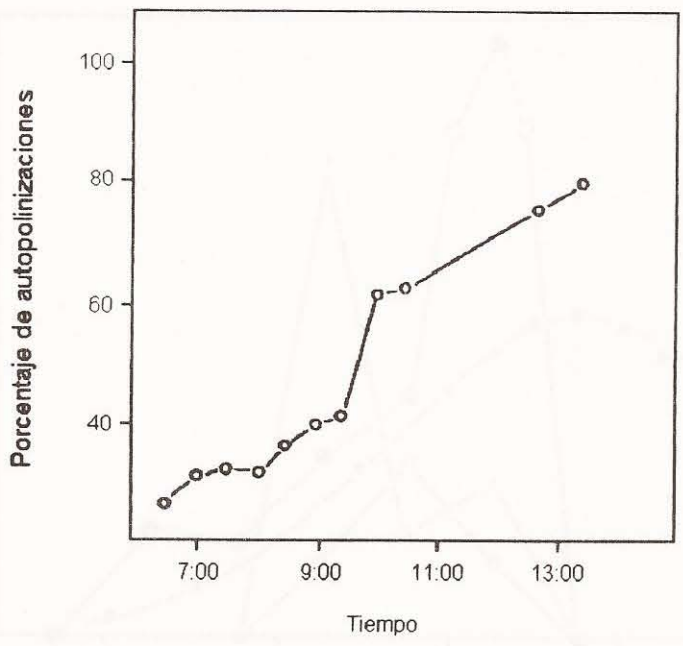


Figura 6. Número de flores autopolinizadas cuando las flores de *Mirabilis jalapa* se cierran activamente durante la mañana. Datos de un área excluida de los polinizadores por una tela de malla.

(Figura 6). Si no hubo un evento de cruza xenógama la noche anterior, queda la posibilidad de un evento autógamo esa mañana. Así, podemos imaginar un continuo en los eventos de cruza. En crepúsculos en los que la temperatura es alta, esperamos una gran actividad de esfíngidos y la cosecha de frutos provendrá principalmente de eventos de polinización cruzada, mientras que en crepúsculos fríos, la progenie provendrá de autopolinización. Este juego con la temperatura ambiental sugiere que la progenie de días con tardes tibias es genéticamente distinta de aquella de tardes frías. En el primer caso la predicción es que la tasa de entrecruzamiento deberá ser mucho mayor que en el último (Martínez del Río y Búrquez, 1986).

CONCLUSIONES

Estos dos estudios muestran facetas distintas de la ecología reproductiva de las plantas y de los efectos de su interacción con animales. El enfoque académico se ve satisfecho, la descripción de los fenómenos de historia natural llena el espíritu, pero ¿que importancia tienen estos estudios respecto a la Reserva del Pedregal de San Angel?. Esta pregunta surge reiteradamente en la charla diaria, principalmente fuera del mundo académico. Las consecuencias de orden práctico de este tipo de estudios son inescapables, sobretodo en los aspectos de conservación y manejo de reservas. Por un lado, *Manfreda* se evidencia como un recurso temporal de gran importancia para los murciélagos migratorios que vuelan en el Pedregal de San Angel. Por otro, dada su densidad, *Mirabilis* es probablemente responsable del mantenimiento de las poblaciones de algunas especies de esfíngidos en el Pedregal. Sin embargo, aún cuando los recursos estén disponibles, la presencia de organismos migratorios como los murciélagos, esfíngidos y colibríes se ve en peligro pues la mancha urbana cada vez más encierra a nuestra reserva y oblitera pasadizos usados por estas especies muy móviles. Las consecuencias en las

poblaciones de plantas pueden ser desde una reducción en la fecundidad como es evidente en el caso de *Manfreda*, hasta pérdida de variabilidad genética como podría ser el caso de *Mirabilis*. Las consecuencias para otras plantas y animales menos abundantes y con rangos de distribución mas restringidos son obvias.

Bibliografía

Baker, H. G. 1961. The adaptation of flowering plants to nocturnal and crepuscular pollination. Quart. Rev. Biol. 86:64-75.

Cruden, R. W. 1973. Reproductive biology of weedy and cultivated *Mirabilis* (Nyctaginaceae). Amer. J. Bot. 60:802-809.

Eguiarte Fruns, L. E. 1983. Biología floral de *Manfreda brachystachya* (Cav.) Rose en el Pedregal de San Angel México, D. F. Tesis Licenciatura Fac. Ciencias, UNAM. México.

Eguiarte, L. y A. Búrquez. 1987. Reproductive ecology of *Manfreda brachystachya*, an iteroparous species of Agavaceae. Southwestern Naturalist 32:169-178.

Eguiarte, L. y A. Búrquez. 1988. Reducción en la fecundidad en *Manfreda brachystachya* (Cav.) Rose, una agavacea polinizada por murcielagos: los riesgos de la especialización en la polinización. Boletín de la Sociedad Botánica de México 48:147-149.

Heinrich, B. 1971. Temperature regulation in the sphinx moth *Manduca sexta*: regulation of heath loss by blood circulation. J. Exp. Biol. 54:431-435.

Heinrich, B. y G. A. Bartholomew. 1971. An analysis of the preflight warm-up in the sphinx moth *Manduca sexta* J. Exp. Biol. 55:223-239.

McCrea, M. J. y J. E. Heath. 1971. Dependence of fligth on temperature in the moth, *Manduca sexta*. J. Exp. Biol. 54:431-435.

Martínez del Río, C. 1984. Biología reproductiva de *Mirabilis jalapa* L. en el Pedregal de San Angel, México DF. Tesis Licenciatura Fac Ciencias, UNAM. México.

Martínez del Río, C., y A. Búrquez. 1986. Nectar production and temperature dependent pollination in *Mirabilis jalapa* L. Biotropica 18:28-31.

Las Plantas Polinizadas por Colibríes en el Pedregal de San Angel

Ma. del Coro Arizmendi, Alejandro Espinosa de los Monteros, J. Francisco Ornelas, Adriana Morales, Irma Acosta, Jacqueline Moreno y Leticia Pérez.

Centro de Ecología, UNAM Apartado Postal 70-275, México 04510 D.F.

Resúmen

En este trabajo se presenta un análisis de la interacción entre colibríes y plantas polinizadas por ellos en la reserva ecológica del Pedregal de San Angel. Este trabajo es resultado de observaciones personales de los autores así como de una biología de campo de la Facultad de ciencias en la que participamos todos los autores. En total se detectaron 13 especies de plantas visitadas por colibríes a lo largo del año. En cuanto a las aves nectarívoras se encontraron 10 especies de colibríes y 6 de aves percheras alimentándose parcial o totalmente de néctar en la reserva. Los colibríes se comportan como generalistas en la zona, consumiendo néctar de las plantas disponibles a lo largo del año. Son polinizadores exclusivos de algunas especies de plantas y contribuyen de manera importante a la polinización de algunas especies de importancia económica y ecológica.

Introducción

Los colibríes son considerados como los polinizadores más especializados y eficientes de entre el grupo de las aves nectarívoras (Stiles, 1981). Se distribuyen solo en América en donde han evolucionado junto con una gran variedad de plantas, cuyas flores presentan formas y tamaños concordantes con las características de los colibríes que las visitan (Stiles, 1981; Faegri & van der Pijl, 1979).

El sistema de las plantas polinizadas por colibríes ha sido uno de los más estudiados desde diversos puntos de vista en las últimas décadas (Faegri & van der Pijl, 1979; Johnsgard, 1983; Stiles, 1981). Sin embargo, la mayoría de los trabajos han sido realizados en comunidades templadas (p.ej. Grant & Grant, 1967a, 1967b, 1968; Stiles, 1971a, b y c, 1972) o bien en Selvas húmedas de Centro y Sur América (p.ej. Feinsinger, 1976, 1978; Stiles, 1975, 1978). En México se tienen pocos trabajos en donde se analice este sistema contándose con algunas contribuciones aisladas al respecto (Arizmendi & Ornelas, 1990; Arizmendi en prep.; Des Granges, 1979; Lyon, 1976; Toledo, 1974, 1975 a y b, 1977; Martínez del Río y Eguiarte, 1987; Ornelas, 1984).

Este trabajo pretende resumir las experiencias de los autores acerca de la interacción planta-colibríes en la reserva ecológica del Pedregal de San Angel.

Metodología

Este trabajo es el resultado de cerca de 5 años de observaciones realizadas en la reserva. Las fuentes originales de los datos son tres principalmente. Por un lado, la tesis para obtener el grado de Biólogo que presento Adriana Morales (ENEP Iztacala) en 1990 titulada "Estudio de las Interacciones Colibri-Planta en el Pedregal de San Angel, D.F.". Así mismo, se incluyen las observaciones de la Biología de Campo de la Facultad de Ciencias titulada "Interacciones Planta-Ave en el Pedregal de San Angel", materia obligatoria del plan de estudios de Biología. Por último, observaciones esporádicas realizadas entre 1990 y 1993 ayudaron a consolidar la información que aquí se presenta.

Se realizaron recorridos mensuales por las veredas de la reserva entre julio de 1988 y septiembre de 1989 para detectar las especies de plantas visitadas por colibríes. Una vez detectado esto, se seguían las plantas a lo largo del año para determinar su periodo de floración. Durante dichos recorridos, se re-

gistró también la presencia estacional de las diferentes especies de colibríes en la zona.

Para determinar la matriz de interacción entre plantas y colibríes se realizaron observaciones de forrajeo, utilizando para esto las 2 primeras horas de la mañana (7:30-9:30 am; aproximadamente 200 horas en total). Estas observaciones se realizaron en grupos de 2 personas que se sentaban a una distancia de entre 4-6 metros de la planta a observar, anotando la especie del visitante y su sexo cuando esto era posible.

Resultados

Para el Pedregal de San Angel se detectaron un total de 13 especies de plantas visitadas por colibríes (Tabla 1). Estas plantas pertenecen a diferentes formas de vida siendo las más comunes los arbustos y las rosetófilas. Sus flores son predominantemente tubulares (6) o con forma de cepillo (3), aunque también visitan flores en forma de copa. El color predominante es el rojo (5) y sus colores similares (rosa 1 y naranja 2). A lo largo del año se pueden notar dos picos de abundancia de especies visitadas por colibríes, uno en la época de lluvias (junio a octubre) y otro en invierno (enero-febrero; Fig. 1 y 2). Seis especies de plantas se detectaron unicamente en el área del Jardín Botánico exterior (Instituto de Biología, UNAM; marcadas con * en la Tabla 1).

Especie	Forma Biológica	Forma Flor	Color Flor	Arreglo Flor
*Agave macroacantha**	Rosetófila	Copa	Amarillo	Panícula
*Agave stricta**	Rosetófila	Copa	Verde	Panícula
Bouvardia ternifolia	Arbusto	Tubuar	Rojo	Inflorescencia
Calliandra grandifolia	Arbusto	Cepillo	Rojo	Inflorescencia
*Callistemon citrinus**	Arbusto	Cepillo	Rojo	Inflorescencia
*Cephalocereus hoppenstedtii**	Arbusto	Tubular	Blanco	Solitaria
Echeveria gibbiflora	Rosetófila	Copa	Naranja	Solitaria
*Erythrina coralloides**	Arbol	Tubular	Rojo	Inflorescencia
Leonotis nepetaefolia	Herbácea	Tubular	Rojo	Inflorescencia
Manfreda brachystachya	Rosetófila	Copa	Blanco	Inflorescencia
Nicotiana glauca	Arbusto	Tubular	Amarillo	Inflorescencia
*Tillandsia sp.**	Epífita	Tubular	Rosa	Solitaria
Polanisia uniglandulosa	Herbácea	Copa	Naranja	Inflorescencia

* especies observadas dentro del Jardín Botánico Exterior.

Tabla 1. Características de las flores visitadas por colibríes en el Pedregal de San Angel.

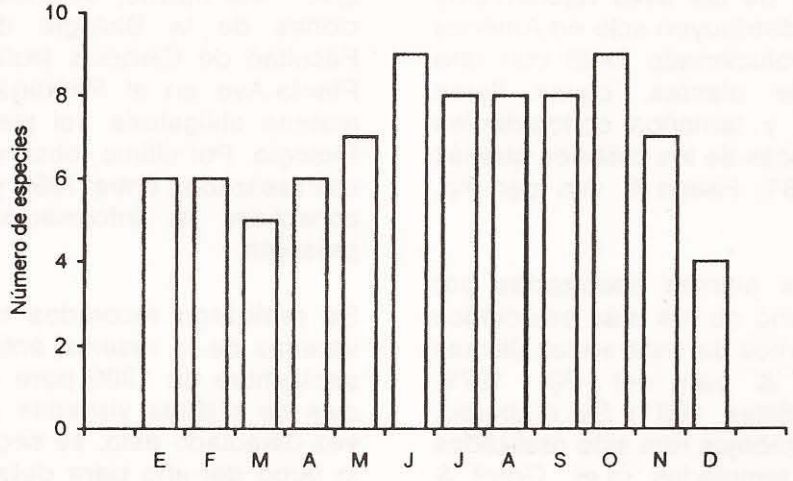


FIGURA 1. Número de especies de plantas visitadas por colibríes en el Pedregal de San Angel.

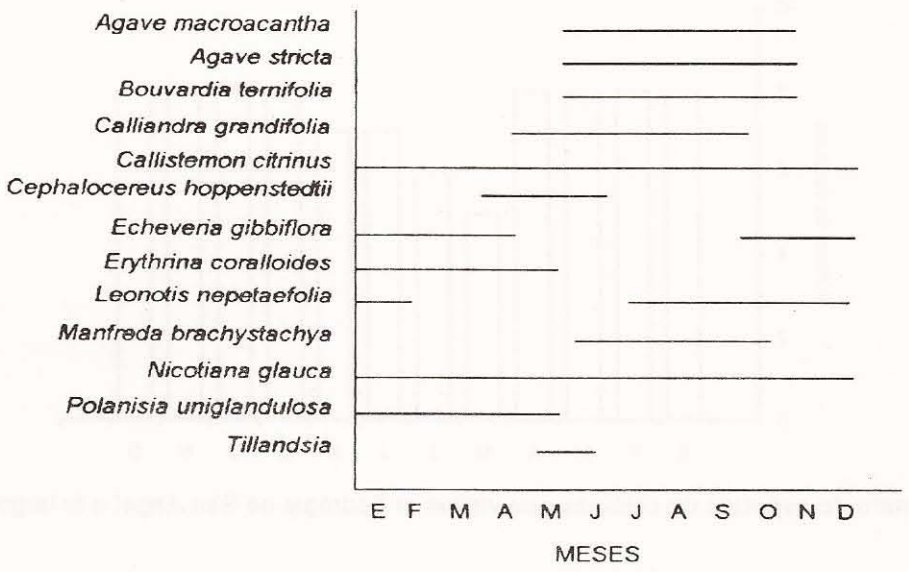


FIGURA 2. Especies de plantas visitadas por colibríes y periodo de floración en el Pedregal de San Angel.

Se detectaron 10 especies de colibríes (Tabla 2), de las cuales 5 permanecen en área todo el año, dos son visitantes de verano y tres visitantes de invierno. Se puede observar que existe un mayor número de especies de colibríes durante el otoño y el invierno de septiembre a abril (Fig. 3 y 4). Esto coincide con la larga estancia que efectúan los llamados visitantes de invierno en esta zona (Fig. 4). Adicionalmente se detectaron 6 especies de aves percheras tomando néctar en el Pedregal (Tabla 2). Dos especies son pájaros carpinteros (*Colaptes auratus* y *Picoides scalaris*; Orden Piciformes, Familia Picidae) mientras que los otros 4 son Passeriformes. Dos de ellos son conocidos como calandrias (*Icterus parisorum* y *I. galbula*; Emberizidae, Icterinae) y dos son gorriones (*Passer domesticus Passeridae* y *Carpodacus mexicanus*; Emberizidae, Emberizinae).

Especie	Residente	Visitante de verano	Visitante de invierno
Amazilia beryllina	*		
Amazilia violicepis		*	
Calothorax lucifer			*
Cynanthus latirostris	*		
Eugenes fulgens	*		
Heliomaster constantii			*
Hylocharis leucotis	*		
Tilmatura dupontii		*	
Lampornis clemenciae	*		
Selasphorus rufus			*
Colaptes auratus	*		
Picoides scalaris	*		
Icterus parisorum	*		
Icterus galbula	*		
Carpodacus mexicanus	*		
Passer domesticus	*		

Tabla 2. Temporada de Permanencia de las Aves Nectarívoras en el Pedregal de San Angel.

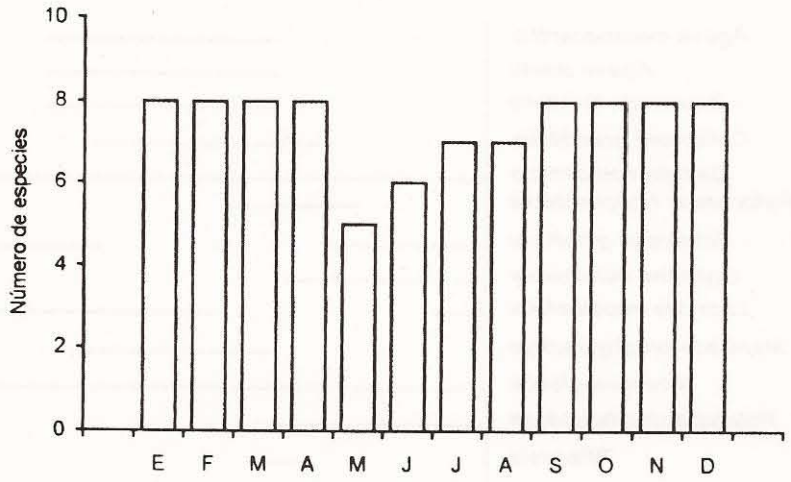


FIGURA 3. Número de especies de colibríes que visitan el Pedregal de San Angel a lo largo del año.

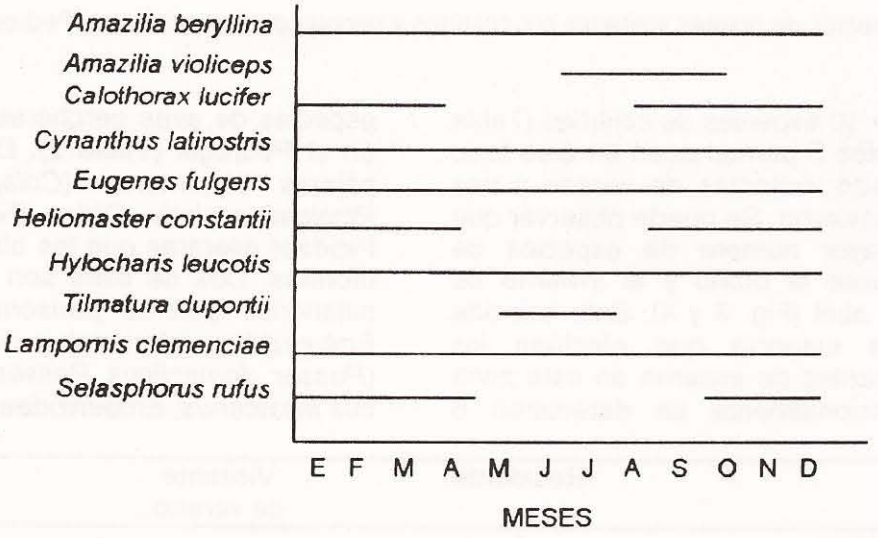


FIGURA 4. Especies de colibríes y periodo de estancia en el Pedregal de San Angel.

La matriz de interacción planta-ave se presenta en la Tabla 3. Puede notarse que los colibríes residentes visitan una gran variedad de plantas, a excepción de *Lampornis clemenciae* que solo fue visto visitando flores de 3 especies de plantas, todas creciendo en la zona de la reserva. *Nicotiana glauca* es la planta que es visitada por el mayor número de especies de colibríes. *Polandsia uniglandulosa* y *Tillandsia* sp. solo fueron visitadas por una especie de colibrí. Esto podría deberse a la baja densidad de estas especies en la zona.

Las aves percheras concentran sus visitas en *Agave macroacantha*. Los gorriones además visitan flores de *Boubardia ternifolia, Erithryna coralloides* y *Manfreda brachystachya*.

Discusión

Los colibríes en el Pedregal de San Angel polinizan a un número reducido del total de las plantas conocidas (4.41% del total reportado por Valiente-Banuet & Luna, 1990). Sin embargo para algunas plantas parecen ser los únicos polinizadores posibles. Tal

Tabla 3. Matriz de interacción entre las aves nectarívoras y las plantas vistadas por ellas en el Pedregal de San Angel. Encima de la línea divisoria colibríes, por debajo aves percheras.

Especie	Am	As	Bt	Cg	Cc	Ch	Eg	Ec	Ln	Mb	Ng	T	Pu
Amazilia beryllina	*		*	*				*		*	*		
Amazilia violiceps											*		
Calothorax lucifer			*					*	*	*	*		
Cynanthus latirostris	*	*	*	*			*	*	*	*	*		*
Eugenes fulgens	*	*	*	*	*			*		*	*		
Heliomaster contantii	*											*	
Hylocharis leucotis	*	*	*		*		*	*	*	*	*		
Tilmatura dupontii			*								*		
Lampornis clemenciae			*						*		*		
Selasphorus rufus		*		*		*					*		
Colaptes auratus	*												
Picoides scalaris	*												
Icterus parisorum	*												
Icterus galbula	*												
Carpodacus mexicanus			*					*		*			
Passer domesticus								*					

Am = Agave macroacantha; As = Agave stricta; Bt = Boubardia ternifolia; Cg = Calliandra grandifolia; Ch = Cephalocereus hopenstedtii; Cc = Callistemon citrinus; Eg = Echeveria gibbiflora; Ec = Erythryna coralloides; Ln = Leonotis nepetaefolia; Mb = Manfreda brachystachya; Ng = Nicotiana glauca; T = Tillandsia Pu = Polandsia uniglandulosa.

parece ser el caso de *Echeveria gibbiflora* (Larson, 1992; Parra, 1988). Adicionalmente, parecen ser polinizadores importantes de plantas de interés económico como los agaves y algunas otras utilizadas como plantas de ornato como *Calliandra grandiflora*, *Callistemon citrinus* y *Erithryna coralloides*.

En general se puede decir que todos los colibríes del Pedregal son generalistas, visitando todas las plantas disponibles. Sin embargo, *Lampornis clemenciae* no se detectó en plantas cultivadas en el Jardín Botánico, ni en los bebederos artificiales cercanos a los edificios de Ciudad Universitaria. Posiblemente, este colibrí "soporte" menos la presencia del hombre y este un poco restringido a zonas naturales.

Sin duda alguna, es necesario que se lleven a cabo estudios específicos acerca del papel de estos animales en la polinización de las plantas ya que al parecer podrían representar papeles importantes para algunas de ellas y viceversa.

Las aves percheras pueden polinizar algunas plantas, especialmente algunos agaves (Martínez del Río & Eguiarte, 1987) aunque en general son consideradas como polinizadores poco especializados (Stiles, 1981) e incluso como robadores de néctar. Tal parece ser el caso de los gorriones que visitan flores tubulares y largas como *Erithryna coralloides* y *Boubardia ternifolia*. Sin embargo, estudios más detallados al respecto son sin duda necesarios.

En el Pedregal encontramos un número grande de especies de colibríes a pesar de ser una reserva reducida (124.5 has) y rodeada por una de las ciudades más grandes y pobladas del mundo, si se compara con zonas de Selva Baja en donde se han registrado solo 9 especies (Arizmendi & Ornelas, 1990). Sin embargo, los colibríes son bastante comunes en parques y jardines de la ciudad y se acercan fácilmente a bebederos artificiales. Son sin duda, aves muy llamativas, que podrían ser usadas en programas de difusión y conservación.

Dos especies de colibríes son nuevos registros para la zona. Una, *Heliomaster constantii* no había sido registrada antes. *Tilamtura dupontii* fue reportada por Friedmann et al. (1957) pero no había sido detectada recientemente (Wilson & Ceballos, 1986). Se observó en bebederos artificiales (C. Macias, com. pers.) y en flores cercanas a ellos en las inmediaciones del Centro de Ecología.

Sin duda, la lista que se presenta de plantas visitadas por colibríes en el Pedregal es incompleta, requiriéndose de mayores esfuerzos de observación para tener registros completos. Plantas del género *Salvia* son reportadas como preferidas por estos animales (Des Granges, 1979; Arizmendi en prep.) pero en la reserva no se detectó que los colibríes las visiten.

Literatura Citada

Arizmendi, M.C. & F. Ornelas. 1990. Hummingbirds and their Floral resources in a tropical dry forest in México. Biotropica 22:172-180.

Arizmendi, M.C. en prep. Interacciones Ecológicas Múltiples: el caso del sistema mutualista colibríes-plantas y el ladrón de néctar Diglossa baritula (Passeriformes: Aves). Tesis Doctoral. Centro de Ecología, UACPyP, UNAM.

Des Granges, J.L. 1979. Organization of a tropical nectar feeding guild in a variable environment. The living bird. Seventeenth Annual. Cornell laboratory of Ornithology 199-236.

Faegri, K. & L. van der Pijl. 1979. The principles of pollination ecology. Second revised Ed. Pergamon Press. Oxford, England.

Feinsinger, P. 1976. The organization of a tropical guild of nectarivorous birds. Ecological Monographs. 46:257-291.

Feinsinger, P. 1978. Ecological interactions between plants and hummingbirds in a successional tropical community. Ecological Monographs 48: 269-287.

Friedmann, H.,L. Griscom & L.T. Moore. 1950. Distributional Check-list of the birds of México. Cooper Ornithological Club. California, USA.

Grant, V & K.A. Grant. 1966. Records of hummingbird pollination in the western American Flora I. Some California plant species. El Aliso 6: 51-66.

Grant, K.A. & V. Grant. 1967a. Effects of hummingbird migration on the California Flora. Evolution 21:457-465.

Grant, K.A. & V. Grant. 1967b. Records of hummingbird pollination in the western American Flora II. Aditional California records. El Aliso 6:103-105.

Grant, K.A. & V. Grant. 1968. Hummingbirds and their flowers. Columbia University Press, New York.

Johnsgard, P.A. 1983. The hummingbirds of North America. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. U.S.A.

Larson, J. 1992. Estudio demográfico de *Echeveria gibbiflora* DC. (Crasulaceae) en el Pedregal de San Angel. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.

Lyon, D.L. 1976. A montane hummingbird territorial system in Oaxaca, México. Wilson Bulletin 88: 280-299.

Martínez del Río, C. & L. Eguiarte. Bird visitation to *Agave salmiana*: comparisons among hummingbirds and perching birds. The Condor 89:944-958.

Ornelas, F. 1984. Contribución al conocimiento de la Familia Trochilidae en la República Mexicana. Tesis Biólogo. Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Parra, V. 1988. Ecología de la polinización en una población de *Echeveria gibbiflora* D.C. en el Pedregal de San Angel, CU. México. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.

Stiles, F.G. 1971a. On the field identification of California hummingbirds. Calif. Birds 2:41-54.

Stiles, F.G. 1971b. Time, energy and territoriality of the Anna hummingbird. Science 173:818-821.

Stiles, F.G. 1971c. Food supply and the annual cycle of the Anna hummingbird. Univ. Calif. Pub. Zool. 97:1-109.

Stiles, F.G. 1972. Age and sex differentiation in the Rufous and Allen hummingbirds. Condor 74:25-32.

Stiles, F.G. 1975. Flowering phenology and hummingbird pollination of some Costa Rican *Heliconia* species. Ecology 56:285-301.

Stiles, F.G. 1978. Temporal organization of flowering among the hummingbird food plants of a tropical wet forest. Biotropica 10:194-210.

Stiles, F.G. 1981. Geographical aspects of bird-flower coevolution with particular reference to Central America. Annals of the Missouri Botanical Garden 68: 323-351.

Toledo, V.M. 1974. Observations on the relationship between hummingbirds and *Erythrina* sp. LLoydia 37:482-487.

Toledo, V.M. 1975a. La estacionalidad de las flores utilizadas por los colibríes de una selva húmeda de México. Biotropica 7:63-70.

Toledo, V.M. 1975b. Pollination of some rain forest plants by non-hovering birds in Veracruz, México. Biotropica 9:262-267.

Valiente-Banuet, A. & E. Luna. 1990. Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Angel, México D.F. Acta Botánica Mexicana 9: 13-30.

Wilson, R.G. & H. Ceballos-Lascurain. 1986. The Birds of México City. BBC Printing and Graphics LTD. Ontario, Canada. 86 p.

Estudios sobre la interacción Herviboro-Planta en El Pedregal de San Angel, D.F.

Ken Oyama, Zenón Cano-Santana y Sonia Careaga

Centro de Ecología, UNAM. Apartado Postal 70-275. México, 04510, D.F.

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de una serie de estudios sobre la interacción herbívoro-planta realizados en el Pedregal de San Angel, D.F. en diferentes momentos durante los últimos 10 años. Estos estudios comprenden tanto investigaciones sobre algunos patrones generales de herbivorismo a nivel de la comunidad hasta estudios de casos de especies representativas de la reserva del Pedregal. Dentro de los estudios generales se presentan datos sobre las tasas de herbivoría o de remoción foliar causadas aparentemente por herbívoros para 14 especies de plantas tanto herbáceas como arbustivas. Se detectó una tasa de remoción foliar promedio de 9.7 % con una gran variación de acuerdo a la especie en cuestión (rango 0 - 29.4 %). Estos valores de remoción foliar se correlacionaron con las concentraciones de nitrógeno, fósforo y agua de hojas jóvenes y maduras de las plantas estudiadas.

Para investigar con mayor detalle la dinámica de las interacciones herbívoro-planta elegimos al arbusto *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) por presentar interacciones con especies de insectos con diferente grado de especialización en términos de sus preferencias alimenticias. Los herbívoros insectos elegidos fueron los lepidópteros *Sphinx lugens* (Sphingidae) y *Lophoceramica pyrrha* (Noctuidae), y el ortóptero *Sphenarium purpurascens*. Dentro de estos estudios se analizó el ámbito alimenticio de estos insectos tanto con observaciones de campo como experimentalmente. Se encontró que *S. lugens* utilizaba muy pocos plantas, seguida de *L pyrrha* y *S. purpurascens*. Por otra parte, experimentos de aceptabilidad demostraron que la tasa de crecimiento y la duración del desarrollo de las larvas de *L. pyrrha* y *S. lugens* no se afectaron al alimentarlos con diferentes tipos de hojas (híspidas y lisas) de *W. urens*.

Además de conocer los aspectos ecológicos de las interacciones entre plantas y herbívoros, es muy importante conocer las bases genéticas de las mismas. En este trabajo también se presentan algunos resultados de un experimento preliminar para conocer las bases genéticas de las preferencias alimenticias por parte de progenies (genotipos) del noctuido *L. pyrrha*. Un análisis de progenies bajo cuatro dietas diferentes (hojas jóvenes y maduras de *Buddleia cordata*, y hojas lisas e híspidas de *W. urens*) mostró que las diferentes progenies presentaron diferentes eficiencias alimenticias y diferentes tasas de mortalidad sugiriendo que diferentes genotipos presentan diferencias de comportamiento entre ellas.

A partir de los estudios realizados es importante mencionar la necesidad de combinar trabajos con diferentes enfoques (ecológicos, genéticos, etc.) para poder determinar los patrones y procesos involucrados en la (co)evolución de insectos con sus hospederos vegetales. En cada sección y al final de este artículo se plantean algunas preguntas que se derivan de los trabajos hasta ahora realizados para que puedan servir como punto de inicio para futuras investigaciones dentro de la reserva del Pedregal.

INTRODUCCION

El estudio de la interacción entre herbívoros y plantas ha sido una de las áreas más estudiadas en los últimos años (Rosenthal y

Janzen, 1979; Crawley, 1983; Denno y McClure, 1983; Futuyma y Slatkin, 1983; Jermy, 1984; Strong et al, 1984; Stone y Hawksworth, 1986; Thompson, 1989; Bernays, 1990; Via, 1990; Price et al., 1991).

Una de las razones más importantes por las cuales ha recibido tanta atención es probablemente porque representa una de las interacciones más comunes tanto en sistemas naturales como artificiales (cultivos, pastizales artificiales, etc.). Para entender globalmente la dinámica de estas interacciones es necesario llevar adelante un programa de investigación que necesariamente incluya cuestiones básicas de fitoquímica, mediciones sobre tasas de remoción foliar para las plantas hospederas, y para los herbívoros, desde cuestiones de fisiología de la alimentación hasta pautas de comportamiento de oviposición, selección y alimentación en el campo. Además, la dinámica misma de esta interacción nos lleva a analizar cuestiones más complejas como por ejemplo la evolución de las diferentes características involucradas y las implicaciones (co)evolutivas de estos sistemas.

La forma de la presentación de este trabajo consiste en introducir los principales resultados de las diferentes investigaciones realizadas en la reserva del Pedregal de San Angel, D.F. durante los últimos años. Este artículo incluye información detallada de trabajos no publicados así como resúmenes de resultados ya publicados previamente. El objetivo principal es dar un panorama global de los estudios realizados puntualizando las principales conclusiones, nuevas hipótesis y algunos de los problemas que quedan por resolver. Esto es con la intención de promover nuevos proyectos de investigación sobre la llamada interfase herbívoro-planta en la reserva del Pedregal. Por otra parte, cabe mencionar que en este trabajo no se presentan todos los detalles de los diseños experimentales, análisis estadísticos y de técnicas de análisis de campo y de laboratorio, sino solamente aquellos que sean necesarios para la explicación de un caso particular. El lector interesado puede recurrir a las fuentes originales citadas a lo largo del texto.

PATRONES DE HERBIVORISMO Y REMOCION FOLIAR A NIVEL DE LA COMUNIDAD

Para tener una idea general de los niveles de daño a nivel de la comunidad se eligieron algunas de las principales especies vegetales del Pedregal de San Angel, D.F. incluyéndose hierbas (4 species), lianas (1), arbustos (6) y árboles (3). Se marcaron hojas de 14 especies y se midieron los niveles de remoción foliar a diferentes tiempos. Simultáneamente se colectaron hojas jóvenes y maduras de estas especies vegetales para analizar sus contenidos de nitrógeno (N), fósforo (P) y agua para correlacionarlos con los valores de las tasas de remoción foliar para el mismo período. La tasa de remoción foliar promedio atribuido al efecto de los herbívoros fue de 9.7 % considerando todas las especies con un rango que va de 0 a 29.4%. La planta más dañada fue *Salvia mexicana* (Labiatae) mientras que *Eysenhardtia polystachya* (Leguminosae) y *Schinus molle* (Anacardiaceae) no presentaron daño durante el período estudiado (Cuadro 1). De acuerdo con las formas de crecimiento, las hierbas presentaron los valores más altos de remoción foliar (16.3 %), seguidos de los arbustos (10.6 %), de los árboles (2.4 %) y de la liana (0.1 %).

Los contenidos de N, P y agua fueron diferentes para las especies vegetales analizadas (Cuadro 2) aunque no se encontraron correlaciones significativas entre las tasas de remoción foliar y los contenidos de N y P. Para el caso del contenido de agua se encontraron correlaciones negativas con las tasas de remoción foliar tanto de hojas jóvenes ($r = - 0.713$; $P<0.01$) como de hojas maduras ($r = - 0.615$; $P<0.05$), aunque estos resultados no son fácilmente explicables ya que esperábamos que las mayores concentraciones tanto de agua como de N y P podrían estar correlacionadas con tasas de herbivoría más altas. Estos resultados, sin embargo, muestran ciertas tendencias que requieren ser probadas en estudios futuros. Por ejemplo, sería importante no sólo conocer las tasas de remoción foliar por supuestos herbívoros sino tratar de encontrar los herbívoros específicos en caso de que existan y tratar de identificar tanto los efectos espaciales como temporales de los insectos

Cuadro 1. Tasas de remoción foliar (%) en un periodo de 40 días para 14 especies vegetales del Pedregal de San Angel, D. F. Las mediciones se realizaron a finales de la época de lluvias de octubre a noviembre de 1985.

Especies	Familia	Forma de crecimiento	Promedio ± error std
Cisus sicyoides	(Vitaceae)	liana	0.1 ± 0.06
Salvia mexicana	(Labiatae)	hierba	29.4 ± 3.6
Stevia origanoides	(Compositae)	hierba	15.4 ± 3.7
Iresina calea	(Amaranthaceae)	hierba	18.0 ± 2.5
Gnaphalium sp.	(Compositae)	hierba	2.4 ± 1.4
Montanoa tomentosa	(Compositae)	arbusto	9.9 ± 2.5
Verbesina virgata	(Compositae)	arbusto	10.0 ± 2.5
Eupatorium petiolare	(Compositae)	arbusto	16.3 ± 3.8
Dodonaea viscosa	(Sapindaceae)	arbusto	3.3 ± 1.3
Wigandia urens	(Hydrophyllaceae)	arbusto	3.8 ± 1.8
Baccharis sp.	(Compositae)	arbusto	20.5 ± 3.6
Eysenhardtia polystachya	(Leguminosae)	árbol	0
Schinus molle	(Anacardiaceae)	árbol	0
Eucalyptus resinifera	(Myrtaceae)	árbol	7.3 ± 2.5
Promedio			9.7

Cuadro 2. Contenidos (%) de nitrógeno y fósforo (método de Kjeldahl), y agua para hojas jóvenes (J) y maduras (M) de 14 especies de plantas del Pedregal de San Angel, D. F.

Especies	Nitrógeno		Fósforo		Agua	
	J	M	J	M	J	M
Cisus sicyoides	---[1]	---	---	---	---	---
Salvia mexicana	2.5	2.6	0.2	0.1	62.8	69.9
Stevia origanoides	2.6	2.3	0.2	0.1	76.9	49.4
Iresine calea	3.8	3.0	0.3	0.2	57.4	57.1
Gnaphalium sp.	---	---	---	---	81.9	78.2
Montanoa tomentosa	3.3	3.2	0.2	0.2	---	66.8
Verbesina virgata	2.8	2.1	0.3	0.1	86.8	79.2
Eupatorium petiolare	2.9	3.0	0.3	0.2	65.7	67.3
Dodonaea viscosa	2.2	2.6	0.2	0.1	79.7	81.0
Wigandia urens[2]	2.9		0.2		67.0	
Baccharis sp.	3.4	3.1	0.2	0.2	73.4	63.8
Eysenhardtia polystachya	3.2	2.7	0.2	0.1	---	---
Schinus molle	3.5	3.8	0.5	0.3	91.3	86.8
Eucalyptus resinifera	2.9	1.8	0.3	0.1	81.6	85.1

[1] --- especies no analizadas.
[2] Análisis realizados con hojas intermedias.

sobre sus plantas hospederas. Asimismo, es importante conocer las variaciones temporales de los contenidos de N, P y agua, y conocer experimentalmente el efecto de estos contenidos sobre herbívoros con diferentes rangos alimenticios. Finalmente, sería muy útil conocer los balances entre los contenidos de compuestos secundarios y nutricionales y

explorar los efectos sobre las tasas alimenticias de los herbívoros.

INTERACCION ENTRE *Wigandia urens* Y SUS HERBIVOROS

Wigandia urens: un mosaico de recursos para sus herbívoros

Wigandia urens (Ruiz & Pavón) H.B.K. es un arbusto común en la reserva del Pedregal de San Angel. Esta especie presenta una gran variación morfológica y química en hojas y tallos (Gómez et al., 1980; Ochoa, 1985; Cano-Santana, 1987). Una de las características más variables es la presencia y densidad de dos tipos de tricomas (glandulares y urticantes), los cuales varían de acuerdo con la edad de las hojas y la heterogeneidad ambiental. De acuerdo con la pubescencia se pueden reconocer dos tipos de hojas en *W. urens*: hojas lisas con solo tricomas glandulares y hojas híspidas con tricomas urticantes y glandulares. Análisis químicos comparativos en ambos tipos de hojas revelaron que las hojas híspidas presentan significativamente una mayor concentración de N, P y agua, aunque ambos tipos de hojas presentaron los mismos compuestos secundarios (flavonoides, fenoles, esteroides y glucósidos) detectados mediante análisis químicos cualitativos (Cano-Santana, 1987; Cano-Santana y Oyama, 1992a). También se encontró que la presencia de tricomas urticantes en las hojas está correlacionado con condiciones de baja disponibilidad de agua en el ambiente (Cano-Santana, 1987; Cano-Santana y Oyama, 1992a; Pérez-Estrada, 1993).

Dada esta gran variación intraespecífica de *W. urens*, uno de los primeros problemas interesantes que surgieron era estudiar las preferencias alimentarias de los herbívoros más comunes que viven sobre este arbusto en la reserva del Pedregal de San Angel. Esto se llevó a cabo tanto con observaciones periódicas en el campo como diseñando experimentos de aceptabilidad. Se encontraron 14 especies de insectos herbívoros asociados a *W. urens* en el campo, los cuales pertenecen a cinco órdenes (Diptera, Hemiptera, Homoptera, Lepidoptera y Orthoptera). Nuestras observaciones difirieron con aquellos reportados por Carbajal-Moreno (1975) quien solo reporta 11 de las especies de herbívoros encontradas. En general, los herbívoros observados presentaron diferentes grados de preferencia y asentamiento sobre diferentes partes de *W. urens* en el campo (Cano-Santana y Oyama, 1994a). *Collaria* sp. (Hemiptera: Miridae) fue encontrado principalmente en hojas lisas tanto en yemas foliares, hojas jóvenes e intermedias. *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) no presentó ninguna preferencia particular por algún tipo de hoja y fue encontrado tanto en plantas adultas como juveniles. Los ortópteros, *Sphenarium purpurascens* e *Ichthyotettix mexicanus* (Acrididae) fueron encontrados en hojas híspidas de diferente edad (excepto yemas foliares). Larvas de *Sphinx lugens* (Lepidoptera: Sphingidae) estuvieron asociadas a hojas intermedias y maduras, tanto lisas como híspidas. Por su parte, larvas de *Lophoceramica pyrrha* (Lepidoptera: Noctuidae) utilizaron únicamente hojas maduras con ambos tipos de tricomas. *Autographa biloba* y *Baratra configurata* (Lepidoptera: Noctuidae) se concentraron principalmente en yemas foliares y en hojas jóvenes e híspidas.

De estas observaciones es interesante notar que cada insecto herbívoro presenta una estrategia alimenticia diferente estrechamente relacionada con la gran variación ontogenética, morfológica y química que presenta *W. urens*. Este mosaico de recursos que presenta cada individuo de *W. urens* determina una compleja relación multiespecífica con consecuencias muy diferentes para cada insecto herbívoro. Estas relaciones multiespecíficas plantean numerosas preguntas que abren nuevas investigaciones sobre las consecuencias (co)evolutivas entre los interactuantes (ver Marquis, 1990; Linhart, 1991 para una discusión detallada).

Preferencias alimenticias de los herbívoros asociados a *Wigandia urens*: una aproximación experimental

Ambito alimenticio de tres herbívoros del Pedregal.

Los ámbitos alimenticios de tres herbívoros insectos, *Sphinx lugens*, *Lophoceramica pyrrha* y *Sphenarium purpurascens* fueron

analizados tanto experimentalmente como con observaciones de campo en la reserva del Pedregal. Para conocer el ámbito alimenticio potencial de estos herbívoros, se colectaron larvas de diferentes estadíos y los ensayos consistieron en ofrecer hojas sin daño de veinte especies de plantas típicas del Pedregal pertenecientes a trece familias. Una planta se consideraba apetecible si el herbívoro consumía los tejidos de las hojas y contrariamente se consideraba una planta no-apetecible cuando los insectos no la probaban. *S. lugens* resultó ser el herbívoro más especializado al alimentarse exclusivamente de hojas de *W. urens* en el campo y bajo condiciones controladas sólo se alimentó de tres especies de plantas: *Buddleia cordata* (Loganiaceae), *Bouvardia ternifolia* (Rubiaceae) y *Salvia mexicana* (Labiatae) *L. pyrrha* presentó un comportamiento muy diferente en el campo y en el laboratorio. En condiciones naturales se encuentra estrechamente asociada a *W. urens* y ocasionalmente con *B. cordata* y *Dahlia coccinea* (Compositae). Sin embargo, en el laboratorio es capaz de alimentarse de 18 especies al igual que *S. purpurascens*. Este acridido presentó el rango alimenticio más amplio al utilizar 12 especies en el campo y 18 en el laboratorio (ver detalles en Cano-Santana y Oyama, 1994b).

Los resultados obtenidos ponen en evidencia el hecho de que en condiciones controladas el ámbito alimenticio de los herbívoros es más amplio que en la naturaleza, tal como se ha observado en muchas especies de herbívoros (e.g., Ehrlich y Raven, 1964). Esto sugiere que varios factores pueden estar limitando el ámbito alimenticio de los herbívoros como (i) predadores naturales (Lawton y McNeill, 1979; Lawton,1986; Damman, 1987; Bernays y Graham, 1988), (ii) la densidad y abundancia de las especies vegetales (Hairston et al, 1960), (iii) la química y morfología defensiva de las plantas (Gilbert, 1971; Levin, 1973, 1976; Johnson, 1975; Rosenthal y Janzen, 1979), (iv) patrones de comportamiento de los herbívoros en la búsqueda alimenticia (Wiklund, 1982; Bernays y Wrubel, 1985), (v) para evitar mecanismos vegetales de defensa (Kennedy, 1986; Lee et al., 1986; Southwood, 1986; Dussourd y Eisner, 1988) o predadores (Damman, 1987).

El efecto de la calidad nutricional sobre el desarrollo y crecimiento de los herbívoros

Sphinx lugens y *W. urens*

El esfíngido *S. lugens* es un herbívoro que se caracteriza por pasar todo su desarrollo larvario sobre las hojas de *W. urens* en condiciones naturales sugiriendo una estrecha relación herbívoro-planta (Beutelspacher, 1972) tal como parece ser característico de la familia Sphingidae (Janzen,1983). Las larvas de esta especie se encuentran la mayor parte del tiempo sobre la nervadura central en el envés de las hojas de las plantas adultas de *W. urens*, desde julio hasta finales de octubre. Aparentemente no tienen problemas al encontrase con hojas híspidas pues su cutícula es tan rígida que los tricomas urticantes no logran penetrar en su cuerpo fácilmente. Sin embargo, las secreciones de estos tricomas pueden ser letales para *S. lugens* pues al pinchar artificialmente el cuerpo de una larva, ésta deja de alimentarse y muere a los pocos días (Z. Cano-Santana, obs. pers.). Las larvas de esta especie son voraces principalmente a partir del cuarto estadío donde el tamaño que alcanzan es de cuatro a siete centímetros.

Dada la gran variación química y morfológica de *W. urens*, es interesante conocer el efecto de la pubescencia en la biología del desarrollo de *S. lugens*. Para esto, larvas del tercer estadío fueron alimentadas experimentalmente con los dos tipos de hojas (con y sin tricomas) de *W. urens* (Cano-Santana y Oyama, 1993). Las larvas alimentadas con hojas híspidas (con tricomas) presentaron mayor peso fresco de los 11 a los 21 días, y de los 27 a los 33 días de cultivo. La duración del cuarto estadío fue significativamente más corto en las larvas tratadas con una dieta de hojas híspidas. Sin embargo, el peso adquirido en los estadíos cuarto, quinto y prepupa no difieren significativamente entre tratamientos. Estas diferencias en el crecimiento y duración del desarrollo de *S. lugens* por efecto de la dieta se correlacionaron con las mayores concentraciones de nitrógeno, fósforo y agua detectadas en hojas híspidas en estudios previos (Cano-Santana, 1987; Cano-Santana y Oyama, 1992a).

Uno de los puntos más interesantes al estudiar el sistema *S. lugens-W. urens* era conocer el efecto de los tricomas sobre el desarrollo o sobrevivencia del esfíngido. El efecto de la pubescencia foliar sobre el desarrollo, sobrevivencia o reproducción de los herbívoros ha sido ampliamente reportado tanto en sistemas naturales (Johnson,1953; Gilbert, 1971; Levin, 1973, 1976; Johnson, 1975) como en sistemas agronómicos (Stephens, 1959; Broersma et al., 1972; Johnson, 1975). Sin embargo, en el caso del crecimiento larvario de *S. lugens*, éste no disminuye por la presencia de tricomas urticantes en las hojas de *W. urens*, sino por el contrario acelera el desarrollo larvario del cuarto estadío. Esta mayor tasa de desarrollo puede tener consecuencias importantes en la historia de vida de este esfíngido. El hecho de que las larvas de este esfíngido se puede alimentar de ambos tipos de hojas independientemente de la presencia o no de tricomas glandulares y urticantes sugiere que se encuentra adaptado fisiológicamente a alimentarse de *W. urens*.

Lophoceramica pyrrha* y *W. urens

Un cultivo de larvas individuales del noctuido *L. pyrrha* alimentadas con hojas híspidas y lisas mostró que no habían diferencias significativas en la tasa de crecimiento ni en la duración de cada estadio larvario (Cano-Santana,1987). Sin embargo, al analizar en detalle cómo metabolizaban el nitrógeno de hojas con diferente contenido de este elemento, se encontró que la tasa de consumo de las larvas alimentadas con hojas lisas era mayor que la encontrada en las larvas alimentadas con hojas híspidas (Cano-Santana y Oyama, 1992b). Al parecer las larvas alimentadas con hojas lisas presentan una tasa de acumulación de nitrógeno en sus tejidos similar a la de las larvas alimentadas con hojas híspidas consumiendo una mayor cantidad de tejidos, tal y como se ha encontrado en otros insectos (Slansky y Feeny, 1977).

Es interesante mencionar que dado que *L. pyrrha* y *S. Lugens* no se ven afectados por la presencia de tricomas urticantes, se podria pensar que el papel de los tricomas como mecanismo de defensa físico y químico no es muy relevante para las plantas de *W. urens* en su interacción con estos insectos. Sin embargo, hay que considerar que no necesariamente todos los insectos herbívoros asociados a *W. urens* se encuentran adaptados tanto fisiológica como conductualmente para evitar o contrarrestar el efecto de los tricomas por un lado, y por el otro, al parecer la presencia de tricomas urticantes sirven como un mecanismo regulador de agua en las hojas al reflejar la luz solar y disminuyendo la transpiración foliar (Cano-Santana y Oyama, 1992a). La densidad de la pubescencia se encuentra correlacionada con procesos fisiológicos de potencial hídrico y fotosíntesis en las plantas (Ehleringer, 1982, 1984; Ehleringer y Bjorkman, 1978).

Las bases genéticas de las preferencias alimenticias del noctuido *Lophoceramica pyrrha*: algunas evidencias experimentales

Una parte fundamental para entender la (co)evolución entre herbívoros y plantas es determinar las bases genéticas que están determinando tanto los diferentes componentes de comportamiento de los herbívoros (oviposición, preferencias alimenticias y asentamiento) como las posibles variantes de las plantas en su resistencia a los herbívoros (Via 1984a, b; Futuyma y Peterson 1985) Como parte del proyecto de investigación sobre la interacción entre *W. urens* y sus herbívoros se realizó un experimento con el polífago, *L. pyrrha* y plantas de *W. urens* que diferían en su grado de pubescencia y de hojas de *Buddleia cordata* con diferentes edades. Una de las razones por las que se eligió la palomilla *L. pyrrha* para este experimento es que cada madre puede ovipositar más de 100 huevecillos en una sola puesta y generalmente en una sola planta a la vez. Esto facilitaba el diseño experimental al tener la posibilidad de obtener réplicas de una sola puesta.

El objetivo de este trabajo consistió en conocer si la variación entre progenies (larvas provenientes de una sola palomilla hembra) era mayor que dentro de progenies en cuanto a su crecimiento y sobrevivencia al ser tratadas con diferentes dietas. El razonamiento implícito en este diseño era que la variación genética presente entre progenies

era mayor que dentro de una progenie, y si encontrábamos diferencias significativas en parámetros como la tasa de crecimiento y sobrevivencia podríamos inferir que "genotipos" diferentes presentan una respuesta diferencial a los recursos alimenticios.

Para determinar si existían diferencias entre progenies en el uso de recursos colectamos cuatro grupos de progenies de primer estadio que se encontraban en diferentes plantas de *W. urens* dentro de la reserva del Pedregal. Cada grupo (progenie) contenía más de 100 larvas y se eligieron larvas aleatoriamente hasta formar cuatro grupos de 25 larvas las cuales fueron alimentadas con hojas jóvenes y maduras de *B. cordata*, y de hojas lisas e híspidas de *W. urens*. De esta forma cada progenie fue sometida a las cuatro dietas.

Los resultados más importantes de este trabajo fueron los siguientes. Se encontró que el peso promedio de los pesos larvarios para las progenies variaron de 117.6 a 320.2 g siendo el efecto de la dieta ($F = 5.310$; P 0.01), de las progenies ($F = 31.324$; $P < 0.001$) y de la interacción dieta-progenie ($F = 6.198$; $P < 0.001$) sobre el peso de las larvas, después de 48 días de tratamiento, estadísticamente significativas después de la prueba de análisis de varianza. Las progenies marcadas como 1 y 4 crecieron mejor cuando se alimentaron de hojas jóvenes de *B. cordata*, la progenie 2 creció mejor con una dieta de hojas híspidas de *W. urens*, y la progenie 3 mostró los valores más altos bajo ambos tipos de hojas de *B. cordata*. Todas las progenies mostraron los valores más bajos cuando se sometieron a una dieta de hojas lisas de *W. urens*.

Para el caso de la sobrevivencia, las progenies tuvieron un patrón ligeramente diferente. No hubo diferencias significativas en mortalidad para la progenie 1 bajo las cuatro dietas. La progenie 2 mostró la mayor sobrevivencia bajo hojas híspidas y los menores valores con las hojas lisas de *W. urens*. Las larvas de la progenie 3 sobrevivieron mejor bajo las hojas de *B. cordata* que con las de *W. urens*. Y finalmente, en la progenie 4, la mayor mortalidad fue bajo una dieta de hojas lisas de *W. urens*.

De éstos resultados, podemos concluir los siguientes puntos. En primer lugar, es indudable que existe una variación en las eficiencias alimenticias, medidas en crecimiento y sobrevivencia, entre progenies de *L. pyrrha*. Esta variación, sugiere un componente genético mostrando que larvas de esta palomilla presentan diferentes comportamientos que determinan sus preferencias alimenticias. Sin embargo, los resultados obtenidos deberán refinarse en experimentos posteriores prestando particular atención en el control de los genotipos. La obtención de larvas de progenitores conocidos y particularmente que provengan de un solo padre para realizar experimentos similares servirían para precisar los componentes genéticos de heredabilidad en estas palomillas. Por otra parte, es necesario desarrollar marcadores genéticos y moleculares para identificar los genotipos estudiados y poder establecer firmemente la genética del comportamiento de éstos herbívoros.

Por otra parte, la variación intraespecífica de las plantas estudiadas mostró un fuerte efecto sobre el crecimiento y sobrevivencia de *L. pyrrha*. Al parecer, las larvas de *L. pyrrha* prefieren las hojas híspidas de *W. urens* tanto en el campo como experimentalmente aunque sin haber completado una adaptación fisiológica ya que crecen y se desarrollan mejor bajo una dieta de hojas de *B. cordata*. Las larvas de *L. pyrrha* se envuelven en las hojas como un mecanismo de protección en contra de sus predadores naturales y sin lugar a dudas las hojas de *W. urens* les confieren una mayor protección que las hojas pequeñas de *B. cordata*. Sin embargo, fisiológicamente se desarrollan mejor con *B. cordata* y esta disyuntiva, protegerse o desarrollarse, puede estar jugando un papel importante en la evolución de *L. pyrrha*. Por otra parte, aunque esta palomilla es una especie considerada polífaga potencial ya que se puede alimentar de casi todas las plantas del Pedregal, en el campo sólo se le ha encontrado en *W. urens* y ocasionalmente en *B. cordata* y en *Dahlia coccinea*. Esta aparente preferencia por *W. urens* en condiciones naturales nos puede estar indicando la posibilidad de un cambio de hospedero aunque sin una adaptación fisiológica completa.

CONSIDERACIONES FINALES Y PERSPECTIVAS

Dentro de las interacciones planta-herbívoro es importante considerar que hacen falta numerosos estudios en el Pedregal de San Angel. Desde cuestiones meramente descriptivas hasta estudios de genética y biología molecular aplicados al comportamiento de los herbívoros y de la dinámica de las plantas. El caso de *W. urens* y su interacción con sus herbívoros ha sido muy útil porque nos ha ayudado a comprender la dinámica de una interacción múltiple en un sistema heterogéneo como lo es la comunidad y topografía de la reserva del Pedregal.

Finalmente, quisiéramos ennumerar una serie de preguntas que sirvan de cuestionamiento y estímulo para estudiantes e investigadores para que en un futuro no muy cercano se acercan a estudiar un ecosistema tan heterogéneo y complejo como el Pedregal de San Angel. Algunas preguntas que se han derivado de nuestros trabajos son: (i) ¿cuáles son los niveles de remoción foliar a lo largo del año?; (ii) ¿existen diferencias espaciales y temporales en estas tasas de herbivoría?; (iii) ¿cómo son los patrones de variación de recursos (plantas) en relación con la abundancia de insectos herbívoros?; (iv) ¿cuáles son las relaciones energéticas y de asignación diferencial entre nutrientes / defensa en forma de compuestos secundarios en este tipo de comunidades?; (v) ¿cuáles son los niveles de especialización de los diferentes herbívoros insectos en relación con la diversidad de plantas en el Pedregal?; (vi) ¿cuáles son las implicaciones evolutivas de una interacción multiespecífica?; (vii) ¿cuáles son las bases genéticas de estas interacciones?

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de Ricardo Vergara en las etapas iniciales de este trabajo, a Ana Mendoza por permitirnos utilizar los invernaderos del Instituto de Biología, UNAM y a Luis Eguiarte por su revisión a un manuscrito preliminar.

REFERENCIAS

Bernays, E.A. (ed.). 1990. Insect-Plant Interactions. CRC Press, Boca Ratón, FL. (3 volúmenes).

Bernays, E.A. y Wrubel, R. 1985. Learning by grasshoppers: association of color with food. Physiol. Entomol. 10:359-369.

Bernays, E.A. y Graham, M. 1988. On the evolution of host specificity in phytophagous arthropods. Ecology 69:886-892.

Beutelspacher, C.R. 1972. La familia Sphingidae (Insecta: Lepidoptera) en el Pedregal de San Angel, D.F. México. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México 1: 17-24.

Broersma, D.B., Bernard, R.L,. y Luckmann, W.H. 1972. Some effects of soybean pubescence on populations of the potato leafhopper. J Econ. Entomol. 65:78-82.

Cano-Santana, Z. 1987. Ecología de la relación entre *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) y sus herbívoros en el Pedregal de San Angel, D.F. (México). Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Cano-Santana, Z. y Oyama, K. 1992a. Variation in leaf pubescence of *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) and its implications for herbivory. Oecologia 92:405-409.

Cano-Santana, Z. y Oyama, K. 1992b. Tricomas foliares, calidad del alimento y eficiencias de alimentación y crecimiento de *Lophoceramica pyrrha* (Lepidoptera, Noctuidae). Southwest. Entomol. 17:333-339.

Cano-Santana, Z. y Oyama, K. 1993. Crecimiento de *Sphinx lugens* (Lepidoptera: Sphingidae) bajo una dieta de hojas híspidas y lisas de *Wigandia urens*. Folia Entomol. Mex. 87: (en prensa).

Cano-Santana, Z. y Oyama, K. 1994a. *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae): un mosaico de recursos para sus insectos herbívoros. Acta Bot. Mex.(en prensa).

Cano-Santana, Z. y Oyama, K. 1994b. Ambito alimenticio de tres especies de insectos herbívoros de *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae). Southwest. Entomol. (en prensa)

Carbajal-Moreno, L. 1975. Estudio ecológico de los insectos que viven en *Wigandia urens* HBK de una zona del Pedregal de San Angel, D.F. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, D.F.

Crawley, M.I,. 1983. Herbivory. The Dynamics of Animal-Plant Interactions. Blackwell Scientific Pub., London.

Damman, H. 1987. Leaf quality and enemy avoidance by larvae of a pyralid moth. Ecology 68:87-97.

Denno, R.F. y McClure, M.S. (eds) 1983. Variable Plants and Herbivores in Natural and Managed Systems. Academic Press, New York

Dussourd, D.E. y Eisner, T. 1988. Vein-cutting behavior: insect counterploy to the latex defense of plants. Science 237:898-901.

Ehleringer, P.J. 1982. The influence of water stress and temperature on leaf pubescence development in *Encelia farinosa*. Am . J . Bot. 69: 670-675.

Ehleringer, P.J. 1984. Eeology and ecophysiology of leaf pubescence in North American desert plants. En: Rodríguez, L., Healey, P.L. y Mehta, I. (eds.). Biology and Chemistry of Plant Trichomes. Plenum Press, New York, pp 113-132.

Ehleringer, P.J. y Bjorkman, O. 1978.Pubescence and leaf spectral characteristics in a desert shrub, *Encelia farinosa*. Oecologia 36:151-162.

Ehrlich, P.R. y Raven, P.H. 1964. Butterflies and plants: a study in coevolution. Evolution 18:586-608.

Futuyma, D.J. y Slatkin, M. (eds.) 1983. Coevolution. Sinauer Sunderland, MA.

Futuyma, D.J. y Peterson, S.C. 1985. Genetic variation in the use of resources by insects. Ann. Rev. Entomol. 30:217-238.

Gilbert, L. 1971. Butterfly-plant coevolution: has *Passiflora adenopoda* won the selectional race with Heliconiine butterflies? Science 172: 585-586.

Gómez, F., Quijano, L., Calderón, J.S. y Ríos, T. 1980. Terpenoids isolated from *Wigandia kunthii*. Phytochem. 19:2202-2203.

Hairston, N.G., Smith, F.E. y Slobodkin, L.B. 1960. Community structure, population control and competition. Am. Nat. 94:421-425.

Janzen, D.H. 1983. Costa Rican Natural History. University of Chicago Press, Chicago.

Jermy, T. 1984. Evolution of insect/host-plant relationships. Am. Nat. 124: 609-630.

Johnson, B. 1953. The injurious effects of the hooked epidermal hairs of french beans (*Phaseolus vulgaris* L.) on *Aphis caccivora* Koch. Bull. Entomol. Res. 44:779-788

Johnson, H.B. 1975. Plant pubescence: an ecological perspective. Bot. Rev. 41: 233-258.

Kennedy, C.E.J. 1986. Attachment may be a basis for specialization in oak aphids. Ecol. Entomol. 11: 291-300.

Lawton, J.H. 1986. The effect of parasitoids on phytophagous insect communities. En Waage, J. y Greathead D. (eds.). Insect Parasitoids. Academic Press, London, pp. 265-287.

Lawton, J.H. y McNeill, S. 1979. Between the devil and the deep blue sea: on the problem of being a herbivore. Symp. of the Bristish Ecol. Soc. 20:223-244.

Lee, Y.I., Kogan, M. y Larsen, J.R. 1886. Attachment of the potato leafhopper to soybean plant surfaces as affected by morphology of the pretarsus. Entomol. Exp. Appl. 42:101-108.

Levin, D.A. 1973. The role of trichomes in plant defense. Q. Rev. Biol. 48:3-15.

Levin, D.A. 1976. The chemical defenses of plant pathogens and herbivores. Ann. Rev. Ecol. Syst. 7: 121- 160.

Linhart, Y.B. 1991. Disease, parasitism and herbivory: multidimensional challenges in plant evolution. Trends Ecol. Evol. 6:392-396

Marquis, R.J. 1990. Genotypic variation in leaf damage in *Piper areianum* (Piperaceae) by a multispecies assemblage of herbivores. Evolution 44: 104 120.

Ochoa, G.S. 1985. Hydrophyllaceae. En Rzedowski, J. y Rzedowski, G.C. (eds.).Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol. II. Instituto de Ecología, pp. 262- 267.

Pérez-Estrada, L. 1993. Factores que afectan la densidad de tricomas urticantes en *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, D.F.

Price, P.W., Benson, W., Lewinsohn, T. y Fernández, W. (eds.) 1991. Herbivory: Tropical and Temperate Perspectives. Wiley, N.Y.

Rosenthal, G.A. y Janzen, D.H. (eds.). 1979. Herbivores: their Interaction with Secondary Plant Metabolites. Academic Press, New York.

Slansky, F.Jr. y Feeny, P. 1977. Stabilization of the rate of nitrogen accumulation by larvae of the cabbage butterfly *Euphydryas editha* of wild and cultivated food plants. Ecol. Monogr. 47:209-228.

Stone, A.K. y Hawksworth, D.L. (eds.). 1986. Coevolution and Systematics. Clarendon, Oxford.

Southwood, T.R.E. 198O. Insect-plant adaptations. En Juniper, B. Southwood, T.R.E. (eds.). Insects and the Plant Surface. Edward Arnold, London, pp. 1-22.

Stephens, S.G. 1959. Laboratory studies of feeding and oviposition preferences of *Anthonomus grandis* Boh. J. Econ. Entomol. 52:390-396.

Strong, D.R. 1988. Special feature: insect host range. Ecology 69:885.

Strong, D.R., Lawton, J.H. y Southwood, T.R.E. 1984. Insects on Plants. Blackwell, Oxford.

Thompson, J.N. 1989. Concepts of coevolution. Trends Ecol. Evol. 4: 179-183.

Via, S. 1984a. The quantitative genetics of polyphagy in an insect herbivore. Genotype environment interaction in larval performance on different host species. Evolution 38:881-895.

Via, S. 1984b. The quantitative genetics of polyphagy in an insecte herbivore. II. Genetic correlation in larval performance within and among host plants. Evolution 3 8:896-905.

Via, S. 1990. Ecological genetics and host adaptation in herbivorous insects: the experimental study of evolution in natural and agricultural systems. Ann. Rev. Entomol. 35-421-446.

Wiklund, C. 1982. Generalist vs specialist utilization of host plants among butterflies. En Visser, J.H. y Minks, A.K. (eds.). Proceedings of the Fifth International Symposium on Insect-Plant Relationships. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp. 181-191.

Las mariposas diurnas del Pedregal de San Angel como vectores de polen

César A. Domínguez y Juan Núñez-Farfán

Centro de Ecología, UNAM. Apdo. Post. 70-275, México 04510, D. F.

INTRODUCCION

La fase adulta de la mayoría de las especies de mariposas diurnas (Rophalocera) visitan de manera activa las flores de diversas plantas de las cuales toman néctar (Faegri y van der Pijl 1966, Schemske 1976, Schemske y Horvitz 1984). Este néctar es la principal fuente de energía durante el estado adulto de las mariposas (Gilbert y Singer 1975), aunque existen especies cuyos adultos se alimentan de los líquidos de frutos y animales en descomposición, y otras que simplemente no se alimentan. Aunque se ha reconocido que en algunos casos las mariposas actúan como polinizadores efectivos (Grant y Grant 1965, Gilbert 1972, Levin 1972, Cruden y Hermann-Parker 1979, Bullock 1983), usualmente se les considera como polinizadores poco eficientes (Wiklund et al.1979, Murphy 1984, Adrienne et al. 1985), o como ladrones, es decir, toman el néctar de las flores sin polinizarlas (Schemske y Horvitz 1984, Adrienne et al. 1985). Incluso se ha llegado a proponer que las mariposas evolucionaron para ocupar un hábito de vida parásito en la fase adulta (Wiklund et al. 1979). Algunos autores (Courtney et al. 1982, Murphy 1984) han tratado de probar esta proposición y han encontrado que las mariposas son polinizadores poco eficientes y que en algunos casos se comportan como mutualistas facultativos (Murphy 1984). Una revisión reciente de la literatura indica que sólo en pocos casos se ha demostrado que las mariposas actúen realmente como ladrones de néctar (Arizmendi, en prep.). Sin embargo ser ladrón o polinizador efectivo son los extremos de un continuo, por lo que el papel ecológico de una mariposa, ya sea como ladrón o como polinizador, depende de las condiciones ecológicas particulares, así como de la especies involucradas en un sistema de polinización específico (Inouye 1983).

Entre las razones que pueden explicar la baja eficiencia de las mariposas como polinizadores se encuentran sus bajos requerimientos energéticos (Heinrich 1975), su capacidad termorregulatoria por medios ectotérmicos y la capacidad para consumir néctar con distintas concentraciones de azúcar. Esto tiene como consecuencia que las mariposas muestren poca fidelidad hacia una especie de planta, y por lo tanto da como resultado cargas de polen con alta diversidad (i.e. de diferentes especies de plantas). Ya que la polinización es un proceso que requiere de una alta direccionalidad, la eficiencia de una mariposa como vector de polen debería ser una función inversa de la diversidad de polen que transporta.

Por otra parte, el forrajeo de muchas especies de mariposas no se ajusta a las predicciones de la teoría del forrajeo óptimo en el sentido de que debería existir una relación estrecha entre el forrajeo y la adecuación (Pyke 1977; pero ver Murphy et al. 1983; Kenneth et al. 1985). Esto es una consecuencia de que la mayoría de los recursos destinados a la reproducción en las mariposas se obtienen durante la fase larvaria (J. Soberón, com. pers.), y por lo tanto se relajan las presiones selectivas que favorecerían la evolución de conductas y atributos que aumenten la eficiencia en la polinización.

Los argumentos anteriores hacen suponer que es poco probable que las mariposas se especialicen en algún tipo de flor o planta. Por lo tanto, aquellas especies cuyas flores no posean características morfológicas que restrinjan el acceso a visitantes generalistas serán visitadas por mariposas, independientemente de la especie, y de la cantidad y

concentración del néctar. Es de esperarse que la probabilidad de que en dos visitas consecutivas una mariposa seleccione individuos de la misma especie dependerá de las características del parche de floración (densidad de flores, patrón de distribución, diversidad de especies floreciendo y abundancia relativa de especies en floración). Consecuentemente, la eficiencia como polinizador de un organismo dado disminuirá conforme mayor sea el rango de especies visitadas.

La eficiencia de las mariposas como polinizadores también podría estar relacionada con las características morfológicas y alométricas de los individuos. Por ejemplo, podemos hipotetizar que la relación entre la superficie de las alas y el peso de los individuos (carga alar) es relevante, pues está íntimamente relacionada con la capacidad de vuelo. Por otra parte, la longitud de la espiritrompa determina el rango de flores (especies) de las que una mariposa puede extraer néctar. Se ha demostrado que estas características (longitud de la lengua) son muy importantes para otros grupos de insectos que forrajean en flores, como ocurre en abejas (Heinrich 1983, Louw y Nicholson 1984, Willmer 1986) y esfíngidos, los cuales tienen altos requerimientos de energía y están filogenéticamente relacionados con las mariposas (Bullock y Pescador, 1983).

El presente estudio es un intento por evaluar el papel que tienen las mariposas del Pedregal de San Angel como polinizadores potenciales de la flora natural de esta zona. La mayoría de los trabajos realizados sobre las mariposas del Valle de México, y en particular del Pedregal de San Angel, abordan aspectos faunísticos y descriptivos de las especies, así como las especies de plantas de las que se alimentan las larvas (ver Katthain 1971, Beutelspacher 1980). En este estudio, en particular, se analizó la carga y diversidad del polen acarreado por cada especie de mariposa y la relación de estas dos variables con la carga alar y la longitud de la espiritrompa. La composición de la carga de polen (diversidad) se usó como un estimador de la fidelidad de los polinizadores, y por lo tanto como una medida de su eficiencia como vectores de polen.

METODOS

Este estudio se realizó dentro del área de la Reserva del Pedregal de San Angel, D.F. Las características físicas de la zona, así como la descripción de la vegetación y fauna pueden encontrarse en otros capítulos de este volumen. Durante el mes de septiembre de 1987 se realizaron cuatro censos de mariposas, estos consistían en transectos a lo largo de los caminos y veredas de la reserva. En estos transectos se registraron todas las mariposas que se veían visitando a las flores. Estos censos comenzaron aproximadamente a las 10:00 hrs. y concluyeron cuando la actividad de las mariposas declinaba (alrededor de las 16:00 hrs). Se colectaron la mayor parte de las mariposas observadas. Las mariposas colectadas fueron colocadas en bolsas de glace para evitar la pérdida de polen. A todos los especímenes se les removió el polen de todo el cuerpo con gelatina glicerinada que contenía azul de metileno como colorante. La muestra de gelatina fue derretida sobre un portaobjetos estándar y una vez cubierta, analizada al microscopio óptico (x40). Cada mariposa fue identificada a nivel de familia, género y en la mayoría de los casos especie, además se determinó el número de tipos diferentes de polen que transportaba (se hizo una colección de referencia de los tipos de polen para las especies en floración durante el tiempo del estudio). También se tomaron mediciones del peso (masa) fresco, área alar y longitud de la espiritrompa por individuo de cada especie. El área de las alas fue obtenido usando un medidor de áreas (Cambridge Instruments, Ltd.).

RESULTADOS Y DISCUSION

Transporte de polen

Se colectaron 28 especies de mariposas diurnas que corresponden a más del 50% de las especies reportadas para el Pedregal (Katthain 1971). Se colectaron un total de 60 individuos, pertenecientes a cinco familias (Tabla 1). Por número de especies e individuos, la familia más importante fue Hesperidae (8 spp.), seguida por Pieridae (7 spp.) y Nymphalidae (7 spp.), después por Lycaenidae (4 spp.) y por último Papilionidae

Tabla 1. Lista de especies de mariposas diurnas del Pedregal y los tipos de polen transportados.

HESPERIDAE	No. de tipos de polen[1]
Atalopedes campestris	----
Erynnis funeralis	1.00
Paratrytone melane	2.00
Piruna polingii	0.00
Poannes aff. zabulon	1.00
Polites mystic	2.00
Pyrrhopyge araxes	1.00
Urbanus proteus	2.00
NYMPHALIDAE	
Agraulis vallinae	1.00
Anemeca ehrenbergii	1.33
Cynthia vierginensis	3.50
Dannaus gilippus	2.66
Nymphalis antiopa	2.00
Tritanasa texana	0.25
Vanessa atalanta	2.00
PIERIDAE	
Anteos maurula	2.00
Colias caesonia	1.66
Eurema salome	1.00
Leptophobia aripa	1.80
Ntalys eole	1.00
Phoebis sennae	1.00
Pontia protodice	2.50
LYCAENIDAE	
Celastrina aff. ladon	0.00
Hemiargus isola	----
Leptotes marina	1.00
Sandia xami	2.00
PAPILIONIDAE	
Papilio multicaudadtus	2.00
RIODINIDAE	
Calipahelis perditalis	----

[1] Los valores reportados son los promedios para el total de los individuos colectados por especie.

y Riodinidae (1 sp.). En la Tabla 1 se muestran las especies colectadas, la familia y el número de tipos de polen que transportaban.

Del total de individuos analizados, 78.7% (47) transportaron al menos un tipo de polen y en el 21.3% restante no se detectó polen. En la figura 1 se muestra la distribución de frecuencias del número de tipos de polen transportado por mariposa. La mayoría de la mariposas sólo transportaron un tipo de polen. El número máximo de tipos de polen detectados en una mariposa fue de cinco, sin embargo, esta clase está pobremente representada (2.1% de los individuos). Estos resultados indican, en primera instancia, que una fracción de aproximadamente el 20% de la mariposas que visitan las flores no acarrean polen consigo y por lo tanto podrían descartarse como polinizadores. Ya que esto está basado en observaciones individuales, aún si estas mariposas fueran polinizadores, en el 20% de los casos no recogen polen de

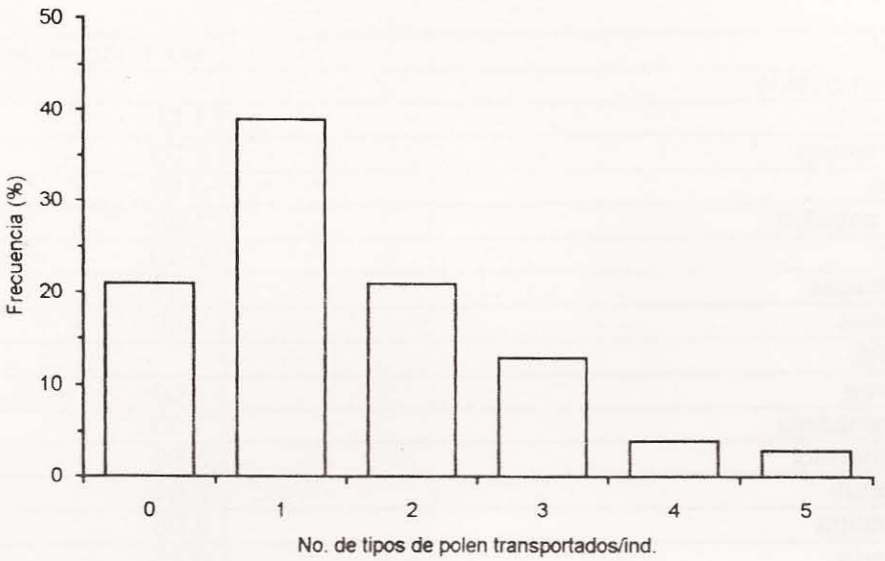


Figura 1. Frecuencia de mariposas con cargas de polen variable.

las flores. En segundo lugar, aproximadamente el 80% de las visitas si resulta en transporte de polen por parte de las mariposas, aunque sólo un 40% corresponde a aquellas mariposas que acarrean un solo tipo de polen. Es decir, las mariposas que están en esta categoría tienen el potencial de ser polinizadores eficientes, ya que están visitando una sola especie de planta, al menos durante el día de muestreo. Finalmente, un porcentaje cercano al 40% de las mariposas transportó más de un tipo de polen (ver Fig. 1). Para estos individuos podríamos establecer un gradiente que va desde los polinizadores poco eficientes (aquellos que transportaron dos tipos de polen, 20% de los casos), hasta la de polinizadores malos o ladrones (mariposas que transportaron cargas de polen con alta diversidad; 2.1% de las mariposas transportaron cinco tipos distintos de polen). Una revisión de la literatura indica que hay más casos en los que las mariposas han sido clasificadas como polinizadores que como ladrones (Arizmendi, en preparación).

Los resultados hasta ahora obtenidos no permiten establecer de manera general la posición de las mariposas diurnas dentro de la dicotomía polinizador-ladrón. Es muy probable que el caso de las mariposas sea similar al de otros animales que visitan flores, para los cuales se ha demostrado que el resultado de la interacción (polinización o robo) depende de las especies de visitantes y de las especies visitadas.

Aun cuando se tomaron muestras del polen de las especies que florecerían durante el muestreo, no fue posible determinar la identidad específica del polen transportado por las mariposas. Sin embargo, en algunos casos fue posible determinar la familia del polen, como en el caso de las familias Compositae y Convolvulaceae. De 69 eventos de transporte de polen, 40.6% fueron de Compositae, principalmente de *Dalhia pinnata* y *D. coccinea*. Otras Compositae que se encontraban en floración durante la realización de este estudio fueron varias especies del género *Eupatorium*. El 59.4% restante de los eventos de transporte de polen estuvo repartido entre una gran cantidad de especies de plantas. Es interesante hacer notar que las mariposas visitan principalmente plantas de la familia Compositae, cuyas flores son en disco y abiertas, por lo que es fácil el acceso al néctar y al polen; además, su morfología permite que los visitantes se perchen sobre la flor, por lo que son visitadas por un gremio muy grande de insectos. Es muy probable que la alta frecuencia de polen de especies de Compositae encontrado en los cuerpos de las mariposas, sea simplemente un reflejo de la abundancia de las

especies de esta familia que florecieron durante esta época. Por lo tanto, la composición de las cargas de polen podría ser simplemente un reflejo de las abundancias relativas de las especies que se encontraban floreciendo en ese momento en el Pedregal.

Los resultados anteriores sugieren que las mariposas son importantes como vectores de polen de especies de Compositae, aunque esto no necesariamente signifique que también son buenos polinizadores. En todo caso se puede proponer que son animales oportunistas que usan los recursos de acuerdo a su abundancia. No obstante, es muy probable que una fracción grande de las semillas de las Compositae del Pedregal se produzcan por la intervención de las mariposas. En primer lugar porque pueden llevar polen de un individuo a otro de la misma especie (entrecruzamiento), pero también porque al posarse sobre las flores, producen autopolinizaciones que no se producirían sin su servicio. Varias especies de abejas y abejorros son también visitantes de las flores de compuestas. En el Pedregal observamos que *Apis mellifera* y *Bombus* sp. son visitantes comunes y estos podrían ser los principales polinizadores dejando a las mariposas en un segundo término. Estos aspectos deberán ser abordados en estudios futuros.

Para todas las otras especies de plantas visitadas por mariposas cuyo polen se encuentra pobremente representado, podríamos proponer que la interacción esta mejor definida como parásita. Es probable que la polinización de estas plantas dependa de su interacción con polinizadores mas específicos. Los resultados mostrados hasta este momento concuerdan con la proposición de Murphy (1984), que define a las mariposas como mutualistas para algunas especies y parásitas de otras. Claramente las compuestas serían un ejemplo de mutualismo, aunque creemos, facultativo.

Patrones a nivel familia

Las figs. 2 y 3 muestran los promedios por familia para las variables morfológicas de las mariposas consideradas en este trabajo. El resultado más notable son los valores elevados para las varianzas en todos los casos, y este hecho resalta la gran variabilidad que existe entre las especies y las familias; además, señala la necesidad de muestreos mucho mas intensivos. Los análisis estadísticos no detectaron diferencias significativas para las variables analizadas entre familias, sin embargo esto se debe

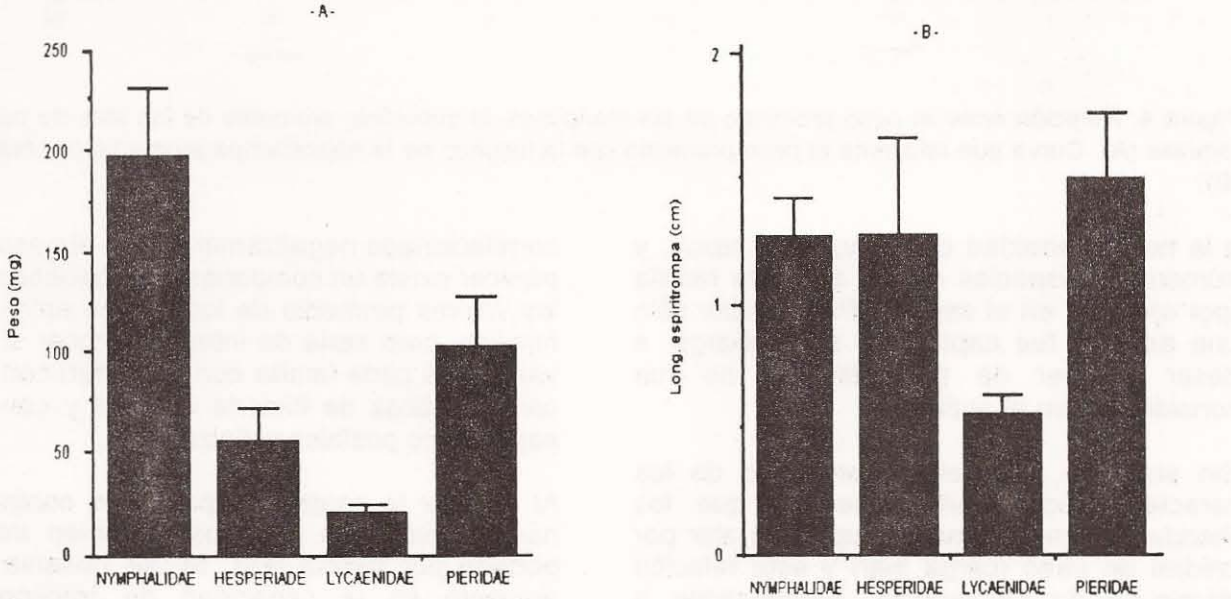


Figura 2. Peso promedio (A) y longitud de la espiritrompa promedio (B) en cuatro familias de mariposas del Pedregal de San Angel, México.

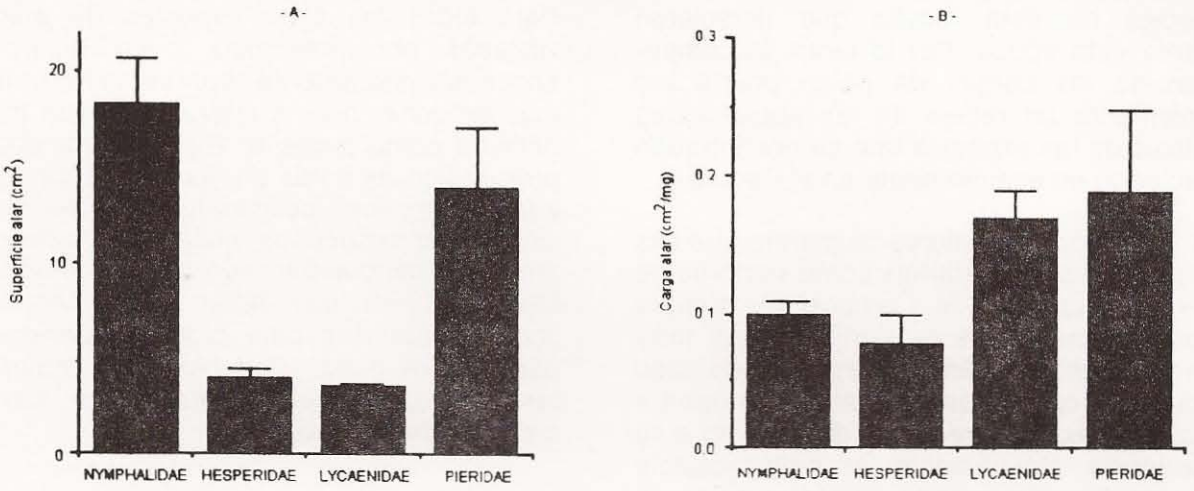


Figura 3. Superficie de las alas (A) y carga alar (B) de cuatro familias de mariposas.

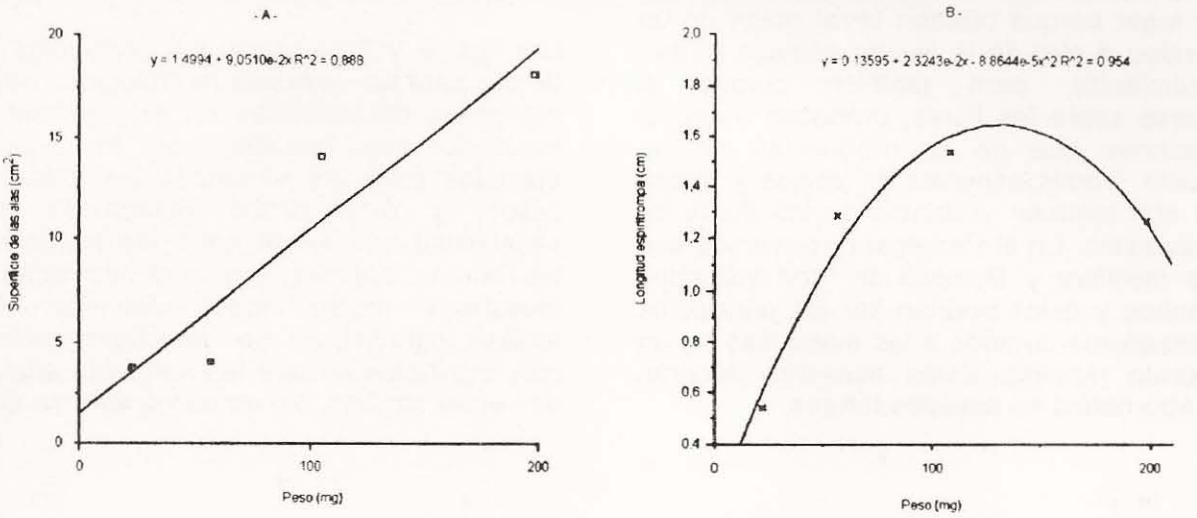


Figura 4. Relación entre el peso promedio de las mariposas, la superficie promedio de las alas de cuatro familias (A). Curva que relaciona el peso promedio con la longitud de la espiritrompa promedio por familia (B).

a la heterogeneidad de la muestra, sexos, y número de especies dentro de cada familia (por ejemplo, en el caso de Papilionidae sólo una especie fue capturada, sin embargo, a pesar de ser de gran tamaño no fue considerada en el análisis).

Sin embargo, los valores promedio de los caracteres por familia muestran que los Pieridae poseen la mayor superficie alar por unidad de peso (carga alar) y esta relación disminuye de Lycaenidae, Nymphalidae a Hesperidae (Fig. 3A,B). Aunque el peso y la superficie de las alas está correlacionado positivamente (Fig.4A), la carga alar está correlacionada negativamente con el peso. Al parecer existe un componente filogenético en los valores promedio de los rasgos entre las familias, pero sería de interés conocer si los valores de cada familia corresponden con las características de historia de vida y con su papel como posibles polinizadores.

Al graficar la carga alar promedio contra el número promedio de tipos de polen transportado por familia (Fig. 5), se observa un aumento en la capacidad de transportar polen de diferentes especies conforme aumenta la carga alar. Es probable que la capacidad para volar grandes distancias esté

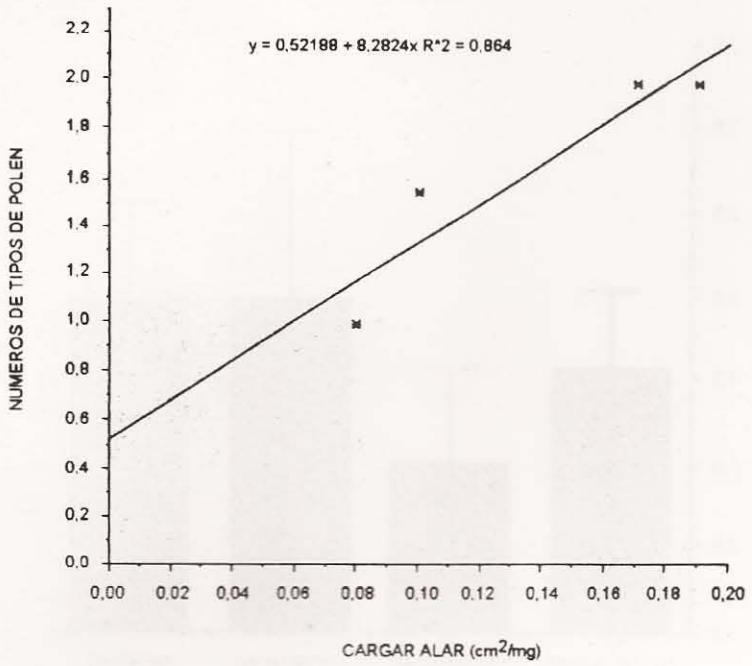


Figura 5. Relación entre la carga alar promedio y el número de tipos de polen transportados, en promedio, por familia de mariposas.

asociado con valores altos de la carga alar, por lo tanto estas mariposas podrían moverse fácilmente entre parches de flores de diferentes especies de plantas. Este hecho, sin embargo, se reflejaría en la mayor diversidad de la carga de polen, pero redundaria en una menor eficiencia en la polinización, pues la probabilidad de depositar un grano de polen conespecífico disminuye conforme la diversidad de la carga de polen aumenta.

De ser cierta la hipótesis anterior, los hespéridos serían el grupo de mariposas con más posibilidades de ser polinazadores efectivos. En promedio, las especies de esta familia tienden a transportar polen de un solo tipo y la carga alar es la mas pequeña de las reportadas aquí (Fig. 6, 3B), por lo que puede esperarse que sean organismos que se muevan mucho entre flores cercanas debido a sus altos requerimientos energéticos. Los hespéridos tienen un patrón de vuelo muy peculiar, a manera de saltos. En el otro extremo de las cargas alares, encontramos a los piéridos con la mayor diversidad de tipos de polen transportados y la mayor carga alar. Este grupo estaría caracterizado por organismos que vuelan grandes distancias y visitan un gran número de especies, por lo que en general podríamos categorizarlos como malos polinizadores.

Otra relación interesante es la que se establece entre el peso corporal y la longitud de la espiritrompa (Fig. 4B), en ésta se puede notar que existe una relación curvilineal entre las variables, con un máximo para pesos corporales cercanos a los 100 mg. De acuerdo con esto, conforme aumenta el tamaño (peso) de las mariposas aumenta su capacidad para explotar un mayor rango de especies (i.e. con néctares colocados a mayores profundidades; no obstante, no se espera que dicha relación se ajuste a otros lepidópteros, pues se sabe que por ejemplo en los esfíngidos la longitud de la espiritrompa puede ser sumamente grande. Con todo esto, es de interés conocer si la relación opera para los Raphalocera (i.e. un efecto filogenético) y de no ser así analizar las causas de su desviación (i.e. si constituye una adaptación ulterior a los hábitos de vida y en particular si se relaciona con un mayor

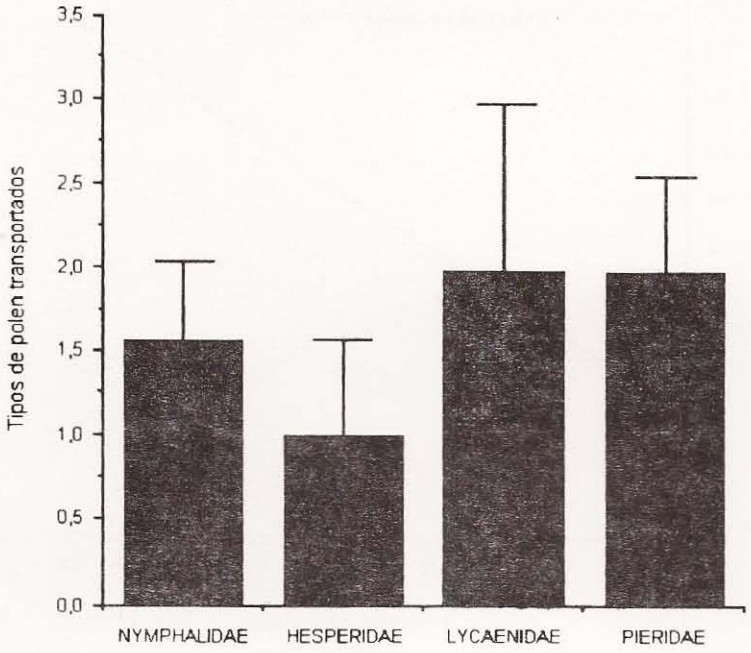


Figura 6. Número de diferentes tipos de polen transportados, en promedio, por cuatro familias de mariposas del Pedregal de San Angel, D. F. Las líneas indican 1 error estándar.

rango de explotación de especies de plantas. Nuevamente, es necesario remarcar que el aumento en el número de especies de plantas visitadas por las mariposas no implica necesariamente que actúa como polinizador de todas ellas. Por ejemplo *Euphydryas editha* visita cuatro especies de planta en busca de néctar, pero sólo la mitad de ellas son polinizadas (Murphy 1984).

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La conclusión mas cautelosa que podemos hacer respecto al papel de polinizadores y/o ladrones de néctar en el caso de la mariposas del Pedregal de San Angel, es que depende de cada grupo de interactuantes. Como se mostró en los resultados, existe una fracción importante de acarreos de polen monoespecíficos, que pueden estar indicando un papel de las mariposas como polinizadores. Sin embargo, por otra parte, una fracción de los acarreos son sumamente diversos para tratarse de polinizaciones efectivas. Consideramos que aun en estos casos, no obstante, las mariposas pudieran estar proporcionando un servicio de polinización a especies de plantas como las Compositae, donde aun cuando no haya entrecruzamiento (llegada de polen de otras plantas de la especie, vía insectos), se requiere del servicio de los polinizadores para depositar el polen en los estigmas, dado el arreglo de las flores estaminadas y pistiladas dentro del disco. Es decir, debemos distinguir de polinizadores que "mueven" polen entre plantas y aquellos que, al menos polinizan a la planta con su propio polen.

Este trabajo ha querido ser, en parte, una primera aproximación al estudio de un grupo taxonómico como parte de un gremio ecológico (polinizadores). Dada la amplitud de este grupo (53 especies reportadas para el Pedregal, 28 analizadas aquí) el análisis ha sido necesariamente somero. Pero también, sin embargo, hemos intentado sugerir trabajos de investigación futuros, mucho más específicos, y los cuales tuvieran un punto de partida en este estudio. Estos deberán incluir muestreos cuantitativos, sistemáticos e intensivos de las especies de

mariposas del Pedregal, además de una parte ineludible, pero de gran complejidad metodológica que es la identificación específica del polen, así como la cuantificación (número de granos de polen) de la carga de cada mariposa. Un estudio basado en una familia o unas pocas especies selectas seguramente aportaría información relevante sobre este fenómeno.

Otro aspecto que debe ser explorado con más profundidad es la relación entre la carga alar, peso corporal y longitud de la espiritrompa con los patrones de forrajeo y potencialidad como polinizadores entre especies de mariposas que muestren variación en estos caracteres. Además, corroborar las relaciones entre estos rasgos usando un mayor número de especies dentro de cada familia, o bien, extender el análisis para incluir a otros lepidópteros como los esfíngidos y determinar en qué caracteres la filogenia (ancestría) tiene un efecto considerable y en cuáles se trata de evolución reciente, cuál es su relación con la adaptación y el rol ecológico de las especies en cuestión. Esto incluye, por supuesto, el análisis de tales rasgos y su relación con los patrones de forrajeo y de historia de vida dentro y entre grupos emparentados filogenéticamente.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Dr. Jorge soberón su estímulo para desarrollar este proyecto. Carlos Cordero y Luis eguiarte ayudaron en la colecta de los especímenes. L. Eguiarte revisó el manuscrito. Gracias a Reyna A. Castillo G. su ayuda en la preparación de la versión final de este trabajo.

LITERATURA CITADA

ADRIENNE, R., B. VENABLE y E. M. BARROWS. 1985. Skippers: pollinators or nectar thieves?. J. Lepidop. Soc. 39: 29-312.

BEUTELSPACHER, C. R. 1980. Mariposa diurnas del Valle de México. Ediciones Científicas, L.P.M.M., México.

BULLOCK S. H. 1983. Componentes fenológicos del sistema de cruzamiento de *Cnidoscolus spinosus*. Bol. Soc. Bot. Mex.

BULLOCK, S. H. y A. PESCADOR. 1983. Wing and proboscis dimensions in a sphingid fauna from western Mexico. Biotropica 15: 292-294.

COURTNEY, S. P., C. J. HILL y A. WESTERMAN. 1982. Pollen carried for long periods by butterflies. Oikos 38: 260-263

CRUDEN, R. W. y S. M. HERMANN-PARKER. 1979. Butterfly pollination of *Caesalpinia pulcherrima*, with observations on a psychophilous syndrome. J. Ecol. 67: 155-168

FAEGRI, K. y L. VAN DER PIJL . 1971 The Principles of Pollination Ecology. 3 ed. Pergamon Press, N.Y. 244 p.

GILBERT, L. E. y M. C. SINGER. 1975. Butterfly ecology. Ann. Rev. Ecol. Syst. 6: 365-397.

GRANT, V. y K. A. GRANT. 1965. Flower Pollination in the *Phlox* Family. Columbia Univ. Press. N.Y. 180 p.

HEINRICH, B. 1975. Energetics of pollination. Ann. Rev. Ecol. Syst. 6: 139-170.

HEINRICH, B. 1983. Insect forraging energetics. In: JONES, C. F. y R. J. LITTLE (eds.). Handbook of Experimental Pollination Biology. pp: 187-214.

KATTHAIN D., G. 1971. Estudios taxonómicos y datos ecológicos de especies del suborden Rophalocera (Insecta: Lepidoptera) en una área del Pedregal de San Angel, D.F., México. Tesis Prof. (Biología), Fac. de Ciencias, UNAM.

KENNETH, A. P. y J. N. McNEIL. 1985. Effects of nectar concentration on butterfly feeding: mesured feeding rate for *Thymelicus lineola* (Lepidoptera: Hesperiidae) and a general feeding model for adult Lepidoptera. Oecologia 66: 226-237.

LEVIN, D. A. 1972. Pollen exchange as a function of species proximity in *Phlox*. Evolution 26: 251-258.

LOUW y NICOLSON. 1984. Thermal energetic and nutritional considerations in the foraging and reproduction of the carpenter bee Xylocopa capitata. J. Ent. Soc. Sth. Afr. 46: 227 240.

MAY, P. G. 1985. Nectar uptake rates and optimal nectar concentrations of two butterfly species. Oecologia 66: 381-396.

MURPHY, D. D. 1984. Butterflies and their nectar plants the role of the checkerspot butterfly *Euphydryas editha* as a pollen vector. Oikos 43: 113-117.

PYKE, G. H., H.R. PULLMAN y F.L. CARNOV. 1977. Optimal foraging: A selective review of theory and tests. Quart. Rev. of Biol. 52: 137-154.

SCHEMSKE, D. W. 1976. Pollinator specificity in *Lantana camara* and *L. trifolia* (Verbenaceae). Biotropica 8: 260-264.

SCHEMSKE, D. W. y C. C. HORVITZ. 1984. Variation among floral visitors in pollination ability: A precondition for mutualism specialization. Science 225: 519-521.

WIKLUND, C., T. ERICKSON y H. LUNDBERG. 1979. The wood white butterfly *Leptidea sinapsis* and its nectar plants: A case of mutualism? Oikos 33: 358-374.

WILLMER, P.G. 1983. Thermal constrains on activity patterns in nectar-feeding insects. Ecol. Ent. 8: 455-468.

Geografía cultural e histórica del Pedregal*

Alejandro Robles

En el siglo pasado y a principios del actual, el Pedregal fue visitado por varios investigadores atraídos por su flora, su fauna y su geología. Sin embargo, no solamente los elementos naturales llamaron la atención de los científicos, también los materiales arqueológicos encontrados en su superficie y bajo la lava, evidenciando una larga historia desarrollada a través de los siglos debajo y sobre el pedregal.

Esta última historia, la llevada a cabo en la superficie de roca volcánica, es el objetivo general de la presente investigación cuyo contenido está estructurado de la siguiente manera:

1.- En primer lugar se alude al paisaje en esta región durante el Preclásico y a los orígenes del Pedregal.

Se enfatizará en la percepción que pudo haber tenido el hombre sobre la gestación del escenario volcánico.

2.- En segundo término, se tratarán dos aspectos de la historia anterior a la conquista desarrollada sobre el Pedregal.

2a.- La ceremonia de caza ritual en el cerro Zacatepetl, donde la zona circundante a este lugar sagrado, sirvió de escenario para la celebración del ritual de caza. Para mostrar este hecho donde se involucra al Pedregal, se mencionarán los estudios de la Doctora Johanna Broda[1].

2b.- Se hablará acerca de los materiales arqueológicos dejados sobre el Pedregal, principalmente de los petrograbados. Para ello se referirán los reportes de los investigadores que visitaron los grabados a principios de siglo.

Estos dos puntos son de principal interés en los estudios de la Cosmovisión (la noción de la naturaleza y la estructuración del mundo conocido en relación a la ideología de las sociedades, en este caso la mexica), y en la Geografía Cultural (que trata de relacionar los elementos naturales como las montañas, los manantiales, cuevas, flora, fauna, etc., con el paisaje, los asentamientos humanos y los lugares de culto)[2].

El Pedregal resulta muy significativo para ambos enfoques, por su naturaleza, fisonomía la abundancia de cuevas y la presencia de petrograbados.

Por último se aludirá en forma general a la historia que ha tenido lugar sobre el Pedregal a través de los siglos subsecuentes a la conquista. Se rescatan testimonios de varios autores con el fin de mostrar y recrear una historia extinta, entre ellos al historiador Francisco Fernández del Castillo, quien tuvo la visión de incorporar al paisaje del Pedregal a su obra histórica de principios de siglo, basándose en la investigación de manuscritos, archivos y testimonios orales del lugar. Otro autor que recorrió el Pedregal en la segunda década de este siglo, fue Hermann Beyer, destacado investigador del México Antiguo.

A continuación describiremos brevemente una secuencia de la evolución histórica de la región y cómo ésta debió de haber repercutido en la percepción del hombre.

Un primer contacto en relación al paisaje y a la historia del Pedregal nos lleva al año 400 a.c. aproximadamente, es una visión dramática, ya que el habitante del primer asentamiento importante del sur de la cuenca, Cuicuilco, fue testigo de la formación del nuevo paisaje. Se puede imaginar a los pobladores cercanos a la erupción del Xitle, huyendo hacia otras partes de la cuenca, llevando tal vez en sus mentes, la idea de que tales acontecimientos eran producto de

* Este trabajo se realizó con el apoyo del CONACYT, proyecto 1496-H9207, bajo la dirección de la Dra. Johanna Broda, Instituto de Investigaciones Hitóricas UNAM, siendo parte de una investigación más amplia que proximamente finalizará, incorporando datos y demás resultados de trabajo que he realizado en 1992-1993.

la ira y del castigo provocados por las deidades de la naturaleza, quizá de algunos dioses relacionados con el fuego y con la tierra. Este hecho debió haber impresionado tanto a los pobladores de la cuenca, pudiendo permanecer durante siglos en la historia oral de aquellos pueblos, convirtiéndose a través del tiempo en mito o leyenda. La erupción debió de representar un evento dramático y violento. Durante el día en algunos momentos la luz se habría visto disminuída por las nubes de cenizas volcánicas arrojadas por el volcán, por la noche, los habitantes de las aldeas lejanas seguramente observaban el resplandor de los piroclastos y lavas incandescentes producidos desde aquella región, al SW de la Cuenca de México.

El Pedregal oculta el escenario donde se desarrolló la historia Preclásica, aunque se han rescatado la monumental pirámide de Cuicuilco y otras referencias dispersas de hallazgos arqueológicos encontrados bajo la lava. La erupción interrumpió la relaciones que esta población estableció con su medio ambiente circundante, al sepultar ríos, manantiales, barrancas, asentamientos humanos, áreas de cultivo y diversos ecosistemas. Así se originó un paisaje distinto que atraería otras especies y recursos proporcionando una nueva historia.

Una segunda percepción debió haber tenido el hombre al cesar las erupciones, al terminarse de enfriar la lava, al dispersarse las altas temperatura y los vapores, al quedar oscura y consolidada la superficie rocosa.

Hasta aquí la relación del hombre y el Pedregal poco tenía que ver con sus recursos de flora y fauna, representando tal vez sólo una área de difícil acceso, lleno de oquedades, cuevas y rocas.

Posteriormente al incrementarse la materia orgánica y los recursos, el hombre debió utilizar con mayor frecuencia este espacio. Principalmente fueron los asentamientos que rodearon al Pedregal quienes incorporaron este ecosistema a su economía. Al mismo tiempo eligieron sitios de este paisaje para la realización de ciertos cultos enmarcados en la misma naturaleza.
De las evidencias históricas dejadas por el hombre sobre el Pedregal destacan los petrograbados y objetos arqueológicos, mostrando que el Pedregal fue visitado por los mexicas, atraídos por el paisaje diferente al circundante, por su flora, su fauna, por su superficie llena de oquedades y cuevas; representando una zona especial en la percepción mexica de la naturaleza, incorporándolo a su cosmovisión.

No solamente los materiales arqueológicos son importantes para estudiar la historia prehispánica en el Pedregal, sino el mismo paisaje y la naturaleza son piezas claves en la interpretación de la relación histórica entre este espacio y el hombre. Acerca de este último punto, se ha producido una rica información en años recientes, basándose entre otras cosas en dos elementos naturales presentes en esta región: la flora y la fauna.

En términos de los estudios históricos acerca de qué pudo haber significado el paisaje del Pedregal para los mexicas apunta Broda[3], que el tipo de vegetación del Pedregal, en especial el zacate localizado en el cerro Zacatepetl que se había rodeado por el derrame de lava, "es un tipo de flora que simbolizaba para los aztecas territorio chichimeca", y agrega "otro elemento llamativo del Zacatepetl era el rústico entorno chichimeca que proyectaba (aparentemente reminiscencia de las secas estepas del norte). Simbolizaba la ubicación cosmológica del territorio chichimeca y el culto de la madre y diosa de la tierra en la sección sur del valle, mientras que el Tepeyac-Yoaltecatl representaba los mismos elementos localizados al norte de Tenochtitlan-Tlatelolco."

Este rito estaba relacionado con el dios Mixcoatl, y agrega Broda[4], " los ritos de XIV Quecholi" (14 mes del calendario mexica correspondiente a los días de noviembre) "comprenden no solamente una relación con

1. Ver Broda: 1991a.
2. Cfr. Broda, 1989, 1991a.
3. Broda: 1991a: 107 y 103.
4. Broda: 1991a: 103.

la naturaleza dentro de la sociedad azteca, sino que se vincula sobre todo con la propia interpretación azteca de la historia, referida al pasado chichimeca, a los tiempos míticos de la peregrinación y a los orígenes de la guerra cósmica", y añade, "aparentemente, el elemento chichimeca era de principal importancia en estos ritos relativos a la caza, la guerra, el culto del fuego y de los muertos, así como al entorno natural como opuesto ala civilizada vida urbana."[5].

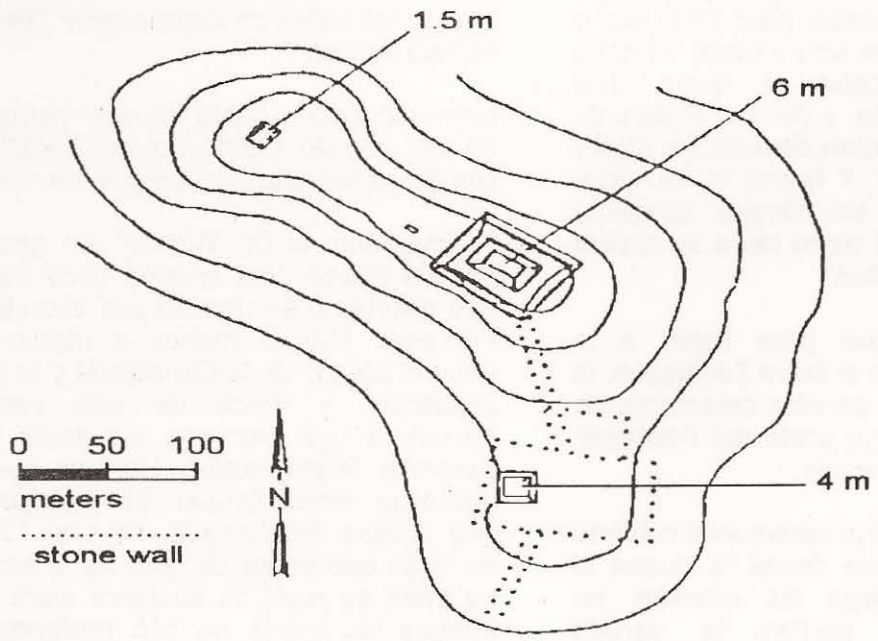
Por otra parte la fauna fue un actor principal dentro de esta fiesta mexica, en donde el Zacatepetl y la zona del Pedregal que le circundaba (que abarcaría lo que hoy día es la reserva de la UNAM colindante al Zacatepetl), sirvieron de escenario para la celebración de la ceremonia de caza enmarcada bajo un simbolismo ritual.

A esta área que comprende al cerro Zacatepetl (con sus ruinas arqueológicas), la loma del Zacayuca (incluyendo el sitio arqueológico de Tenantongo), y la zona del Pedregal que les circundaba, formaría parte de lo que ha llamado Broda, "el Santuario del Zacatepetl".

Los escritos de los cronistas dan una idea de como fue realizada esta ceremonia de caza

Fray Bernardino de Sahagún relata la siguiente:[6]

Esta montaña o ladera donde iban a cazar llamábanla Zacatepec (cerro de zacate), y llamábanla también Ixillan tonan (el ombligo de nuestra madre). El día que llegaban a esta ladera, descansaban ahí aquella noche; en sus cabañas de heno; hacían hogueras para dormir aquella noche... otro día de mañana almorzaban todos; habiendo almorzado, aderezabanse todos para la caza, ceñían sus mantas a los lomos y poníanse todos en ala. no solamente los Mexicanos iban a esta caza, pero también lo de Cuatitlán y Cuernavaca y de Coyoacán y otros pueblos comarcanos. Todos llevaban arcos y saetas e ibanse juntando poco a poco, acorralando la caza, que eran ciervos y conejos y liebres y coyotes. Cuando ya estaba junta la caza arremetían todos, y tomaba cada uno lo que podía; pocos animales de aquellos se escapaban, o casi ninguno. Habiendo tomado los animales; íbase cada uno para su pueblo; y los que tomaron alguna caza



Croquis de las ruinas arqueológicas del cerro Zacatepetl. Dibujo realizado por Parsons et al, 1982. Tomado de J. Broda: 1991 a.: 83.

5. Ibid: 105

matábanla y llevaban a la cabeza consigo; y los que cazaban algunos animales dábanlos mantas por ligeros y osados, y también les daban comida. En acabando la caza, luego se iban a sus casas. Todas las cabezas de los animales, que habían tomado, las cuales llevaban colgábanlas en su casa".

Por su parte Fray Juan de Torquemada nos refiere lo siguiente:[7]

"Otro templo había también llamado Teotlal-pan, dedicado al dios Mixcoatl, al cual venían los señores mexicanos a asistir a un sacrificio grande y en procesión que se hacia; la cual acabada, se partía el rey con sus principales y plebeyos mexicanos a una caza general que se hacia a un monte llamado Zacatepec, que dista de esta ciudad de México cuatro leguas a la parte del austro o medio día; la cual caza hacían tendiendo todos sus redes por gran distancia de tierra y monte, y hechos muela todos venían ojeando, y espantando la caza hasta recogerla en dicho circuito y término, donde estaban tendidas las redes, y de los muchos diferentes animales, así venados, conejos y otros bravos y furiosos que venían, cogían los que se les antojaba y al rey le parecía, y los demás dejabanlos ir por las montañas y riscos para otra vez o veces que les pareciese salir a caza. Y hecha la caza se sacrificaba al dicho dios Mixcohuatl parte de ella, y por ser el dios de los otomís y a quien tenían dedicado el arco y las flechas de la caza. Y hecho el sacrificio, que era infinito y casi sin número, despedía sus gentes, volvíase el dicho rey a su casa a la celebración de sus ritos".

Cabe hacer notar que para llegar a la ceremonia realizada en el cerro Zacatepetl, la gente que participaba en esta ceremonia de caza, tendría que cruzar parte del Pedregal. Broda[8] cita a durán y señala:

"Se preparaba un camino ceremonial cubierto de zacate que conducía desde la ciudad al santuario". Sin embargo las crónicas no indican de donde partían la vereda ceremonial que introduciría al Pedregal hasta llegar al Zacatepetl. Probablemente el camino que utilizó tenga relación con los accesos por los que se adentraban al Pedregal las personas de los pueblos circunvecinos que le transitaban a principios de siglo. Sobre la orilla Este del Pedregal (calzada de Tlalpan, los Reyes, la Candelaria, veredas que pudieron estar conectados con los petrograbados), al norte por Tizapán o Coyoacán, al sur por Peña Pobre (siguiendo tal vez lo que se conoció después como camino de Santa Teresa), y al poniente por los actuales pueblos de San Nicolás y Contreras (usando el trazo de la continuación del camino de Santa Teresa, que siguió del Zacatepetl hasta estos pueblos).

2 B.- Materiales Arqueológicos

Por otro lado, en el Pedregal existieron varios sitios con petrograbados que, al parecer, datan de la época mexica:

"La Serpiente" ó "Víbora del Pedregal".

Fue una de los vestigios arqueológico mas llamativos dentro del Pedregal. Y uno de los petrograbados más grandes en la Cuenca de México, se ubicaba cerca de la esquina que forman las calles de Zapotecas y Tepalcatzin, colonia Ajusco.

Hermann Beyer, habla de este petrograbado en un artículo publicado en 1918[9] describiendo su hallazgo de la siguiente manera:

"Ultimamente el Dr. Wittich" -un geólogo de aquella época- "me enseñó unos petroglifos que descubrió en una de sus excursiones al Pedregal. Más o menos a medio camino entre el pueblo de la Candelaria y el cerro del Zacatepec y cerca de una vereda se encuentra una pequeña elevación de roca basáltica relativamente lisa en que están grabadas varias figuras. La principal es de una culebra emplumada, de casi 12 metros de largo que cubre un lado de la eminencia. La traza de reptil es bastante clara y firme, aunque las líneas no son profundas. A la derecha del observador se ve la cabeza del

6. Cita tomada de Martínez del Río: 1934, 295.
7. Ibid: 295.
8. Broda: 1991a: 104, (Cita a Durán (1987: V.1: 128).
9. Beyer: 1918: 10, 11

animal, cuya lengua bífida sobresale. Encima del ojo grande con la placa supraorbital que termina en voluta se inclina un pequeño penacho. En el belfo inferior se notan cuatro dientes. Las escamas de la barriga se pueden distinguir bien, el resto del cuerpo esta cubierto con plumas... Termina el animal fantástico con cuatro cascabeles como los tiene el crótalo".

José Luis Cossío, notable investigador y miembro de Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística y de la Academia de la Historia, también escribe sobre la Serpiente en 1935[10]:

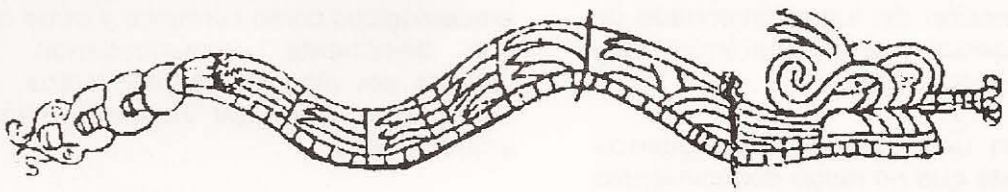
" Esta mide diez o doce metros de largo por uno de ancho y se encuentra grabada en una enorme loza de lava casi lisa que en la actualidad se ve agrietada en varias partes pero de tal manera que casi no modifica ni lesiona en general el trazo de la serpiente. El grabado o tallado fue hecho rebajando la piedra para marcar con toda precisión las lineas".

En la misma roca que contenía a la Serpiente" se localizaban otros grabados[11]:

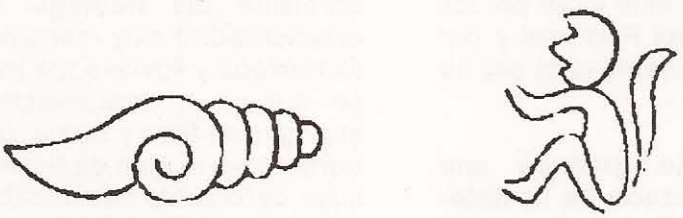
"Debajo de la serpiente de plumas se nota el grabado de un caracol, y al otro lado de la elevación un animal sentado, esbozado en pocas líneas que dan su contorno; probablemente se trate de un mono. Algunas otras pequeñas figuras de este lado y en una roca cercana ya están tan borradas que no me es posible determinarlas."

Un aspecto importante de "la Serpiente" es el hecho, de encontrarse rodeada de otros petrograbados de menor tamaño que abarcaban una área considerable. Lo cual puede estar enmarcando un lugar de culto importante[12].

"Sin embargo una ligera inspección de los alrededores hace descubrir la existencia de muchos fragmentos de lava con grabados se-



" La Serpiente ". Dibujo de H. Beyer en 1918.



Figuras de caracol y mono. Localizadas junto a "La Serpiente". Dibujos de H. Beyer, 1918.

10. Cossío: 1935: 262,263
11. Beyer: 1918: 11

mejantes, algunos de los cuales se encuentran a más de quinientos metros de distancia, lo que permite suponer que existió allí una serie de dibujos abarcando una gran extensión de terreno, de los que la serpiente que actualmente existe, casi en perfecto estado de conservación no fue sino uno de tantos motivos o elementos del conjunto original".

En cuanto a la interpretación de la Serpiente, Beyer[13] nos propone lo siguiente:

"No cabe duda que aquí tenemos una representación de la famosa deidad de Quetzalcoatl tan conspicua en los mitos de la legendaria Tollan y que originalmente fue la personificación del zodiaco de los antiguos mexicanos. EL caracol marino, tecciztli, era el emblema del numen lunar. Tenemos así juntos al zodiaco y a la luna, combinación muy natural y que en una variacion también ocurre en el Códice Borgia, folio 19o, donde la culebra de plumas lleva a la luna en las fauces".

Por su parte Cossio[14], da una interpretación que el mismo señala como aventurada. Sin embargo es importante lo que apunta en cuanto a la elección del lugar circundado de un paisaje especial y una panorámica muy buena para la observación.

"Incurriendo un una verdadera imprudencia científica, puesto que no tengo conocimientos que me respalden diría a ustedes, que en esos lugares existió un observatorio azteca para estudiar el paso del sol y fenómenos astronómicos; y se escogió este lugar por las condiciones atmosféricas del Pedregal y por su aislamiento necesario determinado por su orografía tan especial".

El hecho de encontrarse grabada una serpiente de cascabel estilizada de considerable tamaño dentro del Pedregal, resulta muy significativo.

En primer lugar representa un elemento importante de la naturaleza en la cultura prehispánica, como lo demuestra su presencia en muchos sitios arqueológicos de Mesoamérica; en segundo lugar es un elemento natural en el ecosistema que rodea al mismo sitio de la Serpiente del Pedregal, siendo este tipo de fauna muy abundante dentro de la zona, y por último es un reptil, al cual se le asoció dentro de las culturas antiguas en el culto y simbolismo de la tierra, la vegetación y la fertilidad.

A continuación presento cuatro puntos que pueden apoyar su función como culto:

I.- Desde el punto de vista arqueológico.

a) Este grabado de 12 metros de largo junto con otros figuras conformaban un conjunto de petrograbados (algunos de ellos se encontraban a 500 metros de la Serpiente) enmarcando un lugar que les interesó a los prehispánicos, en relación a alguna función ritual.

b) La iconografía de la Serpiente, posee un simbolismo mítico, probablemente relacionado con el culto a la naturaleza y a la tierra.

c) En los predios circundantes a la Serpiente" encontraron los vecinos del lugar materiales arqueológicos como cerámica y otros objetos, que dificilmente corresponderían a los dejados por algunos asentamientos, (no he sabido si en ese lugar existieron estructuras arqueológicas).

II.- El medio natural que le rodeaba.

a) El ecosistema en el que estaba inmerso la Serpiente del Pedregal cuenta con una estacionalidad muy marcada. Durante la época húmeda y lluviosa (de mayo a septiembre) se dispara el crecimiento y aparición de especies de flora y fauna, (para ellos era muy significativa la idea de fertilidad). Después del auge de lo verde comenzaba a declinar aquel esplendor de la naturaleza despertado por la lluvia. Tiene lugar entonces la época seca (de octubre a abril), el Pedregal nuevamente transforma su fisionomía; "cambia de piel" al llegar la estación seca (tonalco)[15], entonces se inicia la espera de la siguiente estación verde (xopan) anunciada por la cuenta de

12. Cossío: 1935:263
13. Beyer: 1917:11
14. Cossío: 1935:264

transcursos de los días y de otros indicadores como la floración, la llegada de aves y de observar el paso de los astros en la bóveda celeste. Volvían a estar atentos en el comportamiento de los elementos y señales de la naturaleza, en espera de la lluvia; Conocimientos que adquirieron de la observación de su entorno a través de la acumulación de experiencias por varias generaciones.

b) Existe el antecedente de que existió otro lugar de culto (relativamente cercano a la Serpiente) en el cerro sagrado de Zacatepetl, donde se llevaba a efecto la ceremonia de caza ritual en el mes de Quecholli (noviembre), en donde también estaba involucrada la naturaleza.

III.- La proximidad a una cueva.

Cerca de la Serpiente se localizaba la famosa cueva de las Golondrinas. La cueva como se sabe, es un accidente geográfico identificado con el inframundo, son una de las vías de comunicación con el mundo subterráneo, tan significativo en la antigüedad.

Pero no sólo el hecho de estar presente una cueva junto a la Serpiente hace a este sitio un lugar de culto, sino el material arqueológico reportado por Beyer y por Cossío en las primeras décadas del siglo XX;

Beyer[16] en 1918 nos refiere:

"Cerca de estos petroglifos se encuentra una cueva (Cueva de las Golondrinas) en la roca que contiene tiestos y vestigios del uso del fuego. Algunos de los tepalcates ornamentados, son de la época azteca, a la cual también pertenecen las figuras que acabo de describir."

Cossio[17] en 1935 dice:

"La gruta de la Golondrina es una cueva de bastantes grandes dimensiones ...Para penetrar debe uno arrastrarse por más de diez metros... La entrada es un orificio como cualquier otro de los que se ven apenas se camina en el Pedregal..

Llama la atención encontrarse multitud de pedazos de vasijas de los vulgarmente conocidos con el nombre de tepalcates en algunos de los cuales pueden verse molduras y grecas. Al final del corredor la oquedad se ensancha formando un amplio salón en el que es posible permanecer de pie ...

En esta gruta que yo sepa, han sido encontrados, hasta ahora, más de quince ídolos de regular tamaño y multitud de pequeños. Los últimos de los que tengo noticia son de dos como de 50 centímetros de altura tallados en piedra que representan indígenas en cunclillas con los brazos cruzados sobre el pecho teniendo vistosos adornos en las orejas y en la nariz. Uno de ellos me dicen que estaba policromado pues se podían apreciar rayas de color rojo y negro en diversas partes del cuerpo y varias grecas en la cintura y en el cuello, sin que pueda precisarse esto, pues aún siendo su estado de conservación muy bueno, la pintura había desaparecido en muchos lugares.

Por mi parte todavía hace apenas diez días recogí algunos pedazos de vasijas de las cuales tres tienen algún motivo ornamental".

La descripción de los materiales arqueológicos, hacen pensar en ofrendas depositadas en la cueva, evidenciando el uso ritual. Costumbre muy común en la antigüedad.

IV.- Desde el punto de vista etnográfico.

Refiriéndose a las idolatrías de los indígenas en México, Fernández del Castillo.[18] comenta en su libro de 1913, que también ya es un documento histórico sobre un mundo desaparecido:

"Los indios" -en la colonia- "vieron desaparecer con su libertad y nacionalidad, su religión, se ocultaban para seguir rindiendo culto a sus antiguas divinidades ... pero al verse perseguidos y obligados a aceptar una religión, más por las amenazas que por conven-

15. Broda: 1989: 40
16. Beyer: 1918:11
17. Cossío: 1935: 260,261
18. Fernández del Castillo: 1981: 148

cimiento, tenías que fingir unas creencias que no tenían (y a caso ni tienen) y esconderse para la celebración de sus ritos, y prueba de ello es que no había una sola cueva, en la que no se celebrara algún culto sangriento, y los misioneros para desterrarlo, tuvieron que inventar y fraguar multitud de apariciones en ellas. Por qué, pues, todas las cuevas se habían de dedicar á esos usos, menos las del Pedregal, cuando allí estaban más escondidos, y se podían sustraer con más facilidad á la escudriñadora mirada de los religiosos y contaban con la cercanía a la capital".

Lo anterior nos habla de la gran potencialidad que ofrecía el Pedregal para la realización de prácticas rituales, aunado al hecho de haber contenido abundantes cuevas (lugares muy socorridos para ello, relacionadas con la petición de lluvias y cosechas, para curar de "aires", etc.).

Por otra parte en relación a las cuevas y a un lugar especial en el Pedregal, señala el mismo autor[19]:

"Y no se conocen todas" -las cuevas- "que debe de haber; se puede decir que el Pedregal en sus tres cuartas partes, está inexplorado, y los indios que lo conocen, se niegan a dar cualquier dato que se les pide afectando ignorancia, por la desconfianza y suspicacia característica de la raza.

Por varios indígenas he sabido que en una parte del Pedregal, en una hoya, cuyas paredes forman un gran anfiteatro, de roca lisa, están los muros llenos de jeroglíficos y figuras. En vano ha sido ir con el indio; a pesar de las promesas de dinero que se le ofrecen por adelantado, no se ha podido conseguir que enseñen el lugar. Con gran marrullería hacen como que no encuentran la vereda, y después de caminar inútilmente todo el día, nada se consigue, y sin embargo, el lugar de jeroglíficos existe".

Beyer[20] y Cossio[21] coinciden en señalar que la "hoya con jeroglíficos y figuras" descritas por Fernández del Castillo en 1913, corresponde al lugar donde se encuentra la Serpiente del Pedregal y los demás petrograbados que conformaron el conjunto de figuras que rodeaban al sitio. Si este fue el paraje que no quisieron mostrarle a Fernández del Castillo por contener alguna cuestión vinculada con sus tradiciones y creencias, el lugar conocido como la Serpiente del Pedregal representaría un espacio importante para las gentes que conservaron el náhuatl y algunas tradiciones relacionadas con esta cultura.

Fernández del Castillo[22] menciona una de las creencias de la gente acerca del Pedregal:

"Según los indios, el Pedregal está lleno de nahuales monstruosos y de terribles brujas, de modo que pocos son los indios que de noche se atreverían a caminar por esos lugares".

En el siguiente párrafo se hace alusión a algo muy interesante vinculado con las prácticas relacionadas con los pueblos indígenas[23]. Cabe hacer la aclaración que la palabra "brujo" no debe entenderse bajo la visión occidental.

"A pesar de tanto temor como le tienen a las brujas, los habitantes de todo el Pedregal tienen, desde tiempo inmemorial fama de brujos, aun cuando estos no lo sean tanto como en otras partes. El Pedregal de San Angel se puede llamar la escuela primaria de la brujería; mientras mas se alejan, son más brujos, los de San Jerónimo, llamado Calyapulco en tiempo de su gentilidad, hoy Aculco, tienen fama de ser brujos consumados,... siguiendo más adelante se llega al Ajusco, en donde están los maestros de maestros de la brujería...

Allí tienen grandes conocimientos del uso de las plantas y de las raíces, y saben perfectamente cual embriaga, cual produce la locura momentánea, cual incurable, cual produce delirios amorosos ó alucinaciones,

19. Fernández del Castillo: 1981: 148
20. Beyer: 1918: 11.
21. Cossío: 1935: 267
22. Fdz. del C.: 1981: 149
23. Fernández del Castillo : 1981: 149, 150

entre los que más se usan son los hongos y biznagas; unos que embriagan, otros que producen la insensibilidad y otro la locura. Los más usados entre ellos son los que se conocen con el nombre de Xochinanacatl, Tepexinanacal, Teyuintlinanacatl y el más venenoso de todos llamado Nicoaninanacatl". La palabra nanacatl alude a la palabra hongo.

El término "brujo" responde a una de las formas en que son nombradas personas que conservan ciertas tradiciones producto del sincretismo entre la religión católica e indígena. Algunas de estas gentes se dedican a curar, con el conocimiento del uso de las hierbas a la cura de "aire", "de espanto", a alejar el granizo y las tormentas. Generalmente son llamadas de acuerdo a su práctica específica y a la región que se trate como: "curanderos", "graniceros", "temporaleros", "brujos", permaneciendo en muchos lugares del Altiplano Central (en Amecameca, N. de Morelos, Tlaxcala; etc.).

Resulta muy importante lo que dice Fernández del Castillo cuando señala: "los habitantes del Pedregal tienen, desde tiempo inmemorial fama de brujos, aun cuando no lo sean tanto como en otras partes", y al enfatizar que estas tradiciones eran mas acusadas en el Ajusco.

Durante trabajo de campo que llevé a cabo recientemente sobre la región del Ajusco (en Topilejo), encontré que hasta hacia algunas décadas sobrevivieron tradiciones vinculadas a los "brujos", es decir, graniceros o curanderos que se dedicaban a curar de "aires" en las cuevas, llevándole ofrendas (consistentes en frutas y comida), ya que en ellas habitan "los aires", que corresponden a las ideas prehispánicas sobre los pequeños seres que habitaban el inframundo -tlaloques- , "los aires" son causantes de varias enfermedades, "las ronchas de los aires", "el susto", además intervienen en la formación de granizo y lluvia.

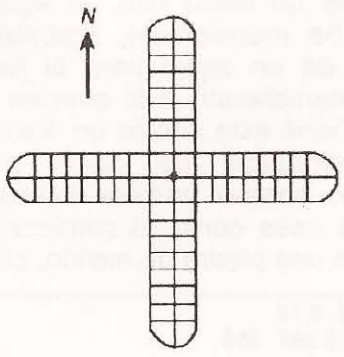
Lo cual comprueba la aseveración de Fernández del Castillo al señalar que en la región del Ajusco existía una creencia muy marcada en cuanto a la tradición y práctica de los "brujos", y por lo tanto aparece con mayor solidez la afirmación de este autor. Quien tuvo una gran visión al describir el paisaje, la historia y las costumbres de aquella época en las regiones vecinas a San Angel.

Por lo anterior el sitio de la Serpiente, con todos los elementos que contuvo a su alrededor, no pudo haber pasado desapercibido por los pobladores ligados a la tradición nahua que frecuentaba al Pedregal, durante los primeros años de la colonia y hasta mediados de este siglo cuando se inició su urbanización.

El hecho es que el paisaje del Pedregal se asociaba con diversas prácticas rituales ó creencias particulares.

El patolli

Otro petrograbado dentro del Pedregal era una figura de un "Patolli", (especie de juego prehispánico). Hermann Beyer[24] lo describió de la siguiente manera: "cruz grabada en la roca viva y contiene por todo 68 casillas. El diseño está orientado según los puntos cardinales", con una longitud de 1.40 metros aproximadamente, la ubicación que da el autor es en las proximidades de Coyoacán, sin dar mas detalle y agrega: "en la misma ondulación que ostenta el Patolli se encuentra una figura intrincada de volutas cuya significación y objeto no alcanzo".



Un "patolli". dibujado por H. Beyer en 1917

El "Diablo de Moctezuma"

José Luís Cossio[25] es quien reporta este petrograbado:

"La última zona de que hablaré a ustedes es la conocida con el nombre "El Diablo de Moctezuma".

Es un mascarón que la gente de los pueblos cercanos le ha atribuido la forma de diablo, pero que indudablemente corresponde a una deidad india. El punto donde se encuentra es conocido con el nombre de Moctezuma, lo que indica que este rey Azteca se encuentra íntimamente ligado con el tallado mismo.

Como no conozco suficientemente este punto y es de indudable interés, y además, existen otros cercanos con vestigios arqueológicos, me limito por ahora a señalar se existencia..."

Al describirlo como "un mascarón", se puede pensar en un bajo relieve. Y como el mismo menciona: "indudablemente corresponde a una deidad india". se puede suponer que se trata de algún bajo relieve de alguna deidad prehispánica, como muchos bajo relieves que representaron dioses o diosas o personajes alusivos a la naturaleza en otras partes de la cuenca, ubicados en cerros, barracas, laderas, etc.

Figura de un "disco con agujero en medio".

Este grabado lo reporta Beyer[26], cuyos detalles se dan a continuación:

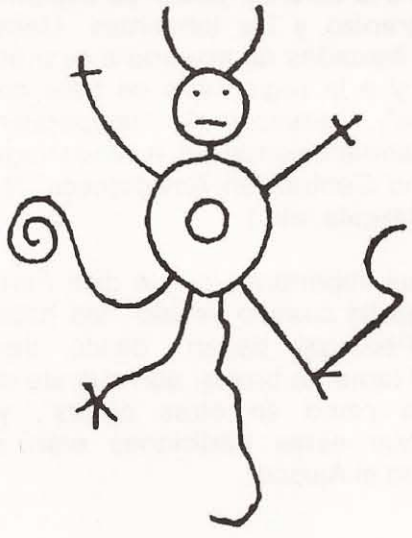
"La figura de un disco con un agujero en medio que he mencionado, probablemente es la traza de un anillo para el juego de pelota (tlachtemalacatl) que querían extraer de la roca. Tiene este círculo un diámetro de 1.34. Sin embargo, no insisto en este interpretación porque pudiera tratarse también de otra cosa como el comienzo de la extracción de una piedra de molino, etc.

También Federico Gómez de Orozco[27] describe este grabado:

"En un lugar llamado Teololco, puede verse una piedra a medio labrar, es redonda, afecta la forma de rueda de molino, quizá haya sido eso, pero también puede ser un tlachtli o sea piedra para el juego de pelota para los aborígenes". Localizado cerca de Tizapan".

"El Diablo"

Dibujo de Beyer



" El Diablo"

Esta figura la describe y la comenta Beyer[28]:

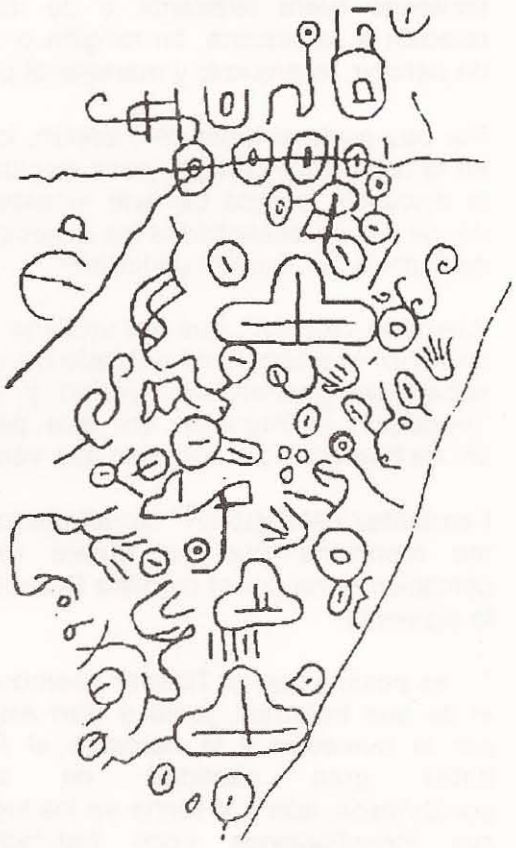
"... seguramente de la época colonial... se encuentra adentro del Pedregal, cerca de la majonera num. 54 por el rumbo de Santa Ursula. Las rayas tiene una profundidad de mas o menos 10 cm. "El Diablo" que es la denominación que da la gente vulgar a esta figura, es apropiada porque tenemos al principe de las tinieblas en su representación típica según las creencias populares, quiere decir con cuernos, y hoz en una mano.

24. Beyer: 1918: 9,10
25. Cossío: 1935:264, 265
26. Beyer: 1918: 10
27. Gómez de Orozco: 1932: 23
28. Beyer: 1918: 12

"¿Es a iniciativa de algún fraile español que se hizo este grabado con el objeto de desacreditar a Quetzalcoatl y otras deidades antiguas igualmente esculpidas en la roca viva?".

La Piedra de la Campana.

Este petrograbado lo mencionó Gómez de Orozco[29] en 1932. Ubicándolo cerca de Tizapán, junto al paraje conocido como Teololco. Y solamente apunta: "A poca distancia hay una roca esgrafiada con curiosos glifos".



"Piedra de la Campana".
Dibujo de Gómez de orozco

Figura de un Aguila

También la reportó Gómez de Orozco cerca de Teololco: " y a la derecha como a unos doscientos metros de allí esta grabada un águila o gavilán". En la reproducción que hace el autor, se puede distinguir la figura de una ave de rapiña, pero no cuenta con el estilo prehispánico con lo que se representaban a estos animales; por lo que debe ser posterior a la conquista.

Como se puede observar, en el lugar conocido como Teololco, cerca de Tizapán, existieron también un conjunto de petrograbados, como en el caso de la Serpiente. Los petrograbados que se localizaban en ese lugar hacen referencia a algún uso por parte de personas a la colonia o posterior a ésta. El autor nos refiere que también aquí "... existen numerosas inscripciones de la época española, tales como monogramas de los nombres de Jesús, María, Joseph, cruces y otros signos piadosos".

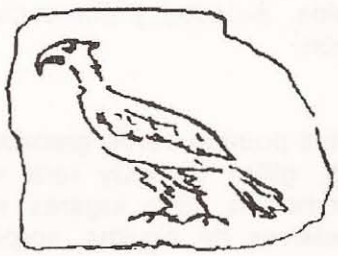


Figura de "águila".
Dibujo Gómez de Orozco.

Probablemente tuvo cierta función de culto en alguna época. También, según lo menciona Fernández del Castillo[30], pudieron

29. Gómez de Orozco: 1932: 23
30. Fernández del Castillo: 1981: 153, 154

formarse cuevas debajo de este lugar. Y da el significado de su topónimo:

"Se llame este lugar TELOLCO y otros le dicen TEOLOLCO.

En el primer caso, la etmología sería: tetl, piedra y lolco montón, montón de piedras, nombre perfectamente adecuado, y en segundo caso, la palabra de deriva de Teotl, Dios y lolco, montón de los dioses ó montón divino, en caso de que los indios atribuyeran a este lugar un origen sagrado".

Y algo muy interesante que puede testimoniar algún uso o interés particular por parte de la gente sobre este lugar del Pedregal, es el hecho de encontrarse cruces de madera en la cima de este montículo de lava.

Sin lugar a dudas, el Pedregal fue una zona con numerosos petrograbados. Muchos conocidos y otros no tanto por estar en zonas más inaccesibles, aislados y enmascarados por la vegetación.

"En varias partes pueden verse grabados en la roca signos, glifos de muy rara manufactura, así como en otros lugares significativos bajo relieves de águilas, serpientes emplumadas, un patolli, figuras humanas ataviadas de penachos y rodelas tal como aparecen en las piedras arqueológicas de los nahoas, pues éstos de preferencia, fueren los pobladores de Pedregal[31]".

También existían otros lugares que contenían petrograbados, uno de ellos en la Zona Cultural de Ciudad Universitaria, se encontrado figuras de caracoles, un zoomorfo (cuadrúpedo -especie de perro o coyote-) y otros grabados de cruces y volutas. Sobre la grieta que corta el montículo de lava, durante las visitas que lleve a cabo a este lugar logre observar dos fragmentos de cerámica ("tepalcates"). Algunas de estas figuras se lograron rescatar.

En la región circundante a la estación del metro C.U. había también una zona de petrograbados. Durante el trabajo de campo algunas personas me informaron de la existencia de por lo menos cuatro grabados de serpiente de menor tamaño dentro del Pedregal, entre otros grabados.

Todo lo anterior habla de la abundancia de petrograbados en el Pedregal: Ahí donde la lava rugosa, trenzada o acordonada no llegó a formarse, y al enfriarse dejó una superficie "casi lisa", siendo propicia para el uso del hombre en el grabado de signos o figuras que él considerara importantes. Esto parece que ocurrió siempre y cuando el lugar que los contenga fuera relevante o de interés en relación a su historia, su religión o su forma de percibir, jerarquizar y manejar el paisaje.

Por otra parte el lugar de Tizapán, localizado en la orilla del Pedregal, está involucrado en la discusión acerca de que si este sitio, a donde fueron desterrados los mexicas por los de Culhuacán. Siendo un lugar[32]:

"Llamado Tizapán", que era un llano al pie de un cerro, copiosamente poblado de víboras y sabandijas ponzoñosas, yermo y de poco "producto", la intención era que perecieran ahí de hambre ó por los animales venenosos.

Fernández del Castillo[33] sin afirmarlo (el mismo menciona que no quiere rebatir la ubicación dada por el cronista Dúran) sugiere lo siguiente:

"... es posible que el Tizapán memorable sea el de que tratamos, junto a San Angel, que por la humedad y la cercanía al Pedregal había gran cantidad de animales ponzoñosos; aún a la fecha en los lugares de sus inmediaciones poco habitados, las serpientes venenosas y toda clase de animales dañosos abundan y son causa de frecuentes accidentes entre los paseantes".

Existen varias opiniones en torno a esto. Por su parte Federico Gómez de Orozco[34] habla lo siguiente en 1932:

31. Gómez de Orozco: 1932: 22,23
32. Fernández del Castillo: 1981:197
33. Ibid: 1981: 198
34. Gómez de Orozco: 1932: 23

"Cerca del pueblo de Tizapán, quedan aún los restos abundantes de las antiguas habitaciones de los primitivos moradores, tal vez los aztecas allí confinados antes de la fundación de la ciudad de México. Las ruinas se caracterizan por restos de muros de piedra sin argamasa, e inumerables fragmentos de cerámica diseminados en todas direcciones".

El Pedregal participa en una leyenda recopilada por los cronistas, en donde el hijo de Malinalxochitl se escondió en el Pedregal, esperando vengarse de los mexicas.

Malinalxochitl era hermana de Huitzilopochtli[35].

"...Era muy hermosa y tan hábil y de tanta sabiduría, que se volvió hechicera y mágica y que, para ser adorada como diosa, hacía muchos males a esta humanidad".

Por tal motivo fue abandonada durante la peregrinación que los mexicas venían realizando, por mandato de su hermano Huitzilopochtli.

"Grande fue el disgusto de la perversa Malinalxochitl al despertar y encontrarse abandonada ...en vano les trato de darles alcance; entonces se radicó en un lugar al que puso el nombre de Malinalco, es decir Malinalli, y que por tal motivo acaso, hasta la fecha, los habitantes de aquella región tienen fama de brujos. ...

El hijo que se llamaba Copil, creció en las enseñanzas de odio contra su raza, fermentando en su corazón el espíritu de venganza... vigilaba diligente lo movimientos de su tribu, siempre atento a cumplir los deseos de su madre, de perderlos y aniquilarlos...

El hijo de Malinalxochitl se fue a los Pedregales confines del reino de Coyoacán, y desde las abruptas rocas espiaba los movimientos de sus antiguo hermanos. Allí en medio de los Pedregales, escondido en lugares inaccesibles y muy fáciles de defender y sin que nadie sospechara su presencia estaba listo para la venganza".

Durante la época colonial y hasta principios del siglo XX, el Pedregal sigue fungiendo como una zona escondida y agreste. Representando una área potencial para ocultarse, motivando numerosas historias de bandoleros que asolaron los pueblos circunvecinos y viendo en el Pedregal un perfecto escondite.

Uno de estos personajes fue Pedro Rojas, que actuó en una basta región comprendida entre SW y W de la Cuenca de México (inclusive el Pedregal) durante los primeros años del siglo XIX.

Fernández del Castillo[36] recopiló datos acerca de este célebre protagonista de la historia de aquella época:

"En San Angel existió un famoso guerrillero insurgente que llegó a ser el terror de la comarca.

Era un negro de raza pura africana, llamado Pedro Rojas (a) el Negro, era un subalterno del Coronel D. Nicolás González (a) el Chino, que fue fusilado en Alfayucán el 16 de agosto de 1815.

González comisionaba a Rojas para procurarse y para atacar a las tropas realistas, ...

El campo de sus operaciones era de predilección San Angel, San Agustín de las Cuevas, Coyoacán, San Nicolás, Ajusco, Santa Fé, Cuajimalpa, en donde tenía incontables amigos que lo tenían al tanto de lo movimiento de las tropas realistas que siempre estaban en su persecución.

Por fin lograrón aprenderlo y fue conducido a la cárcel de San Angel, de donde se escapó para irse a refugiar al Ajusco, pero salió de la prisión con un encono terrible; aún mayor que el que tenía contra los españoles, y desde entonces no hubo un solo español ó realista ó simplemente que simpatizara con la causa de ellos, que cayera en sus manos, que no fuera ejecutado inmediatamente...

35. Fernández del Castillo: 1981: 156
36. Ibid: 110, 111, 112

Los pueblos estaban aterrorizados con los crímenes, según las partes de los jefes, pues el guerrillero se había convertido en ladrón y asesino: cuantos caían en sus manos eran irremisiblemente sacrificados por el mismo o por su asistente José Santos.

Por fin, el 21 de enero de 1818, una partida de tropas realistas ... logro capturarlo..., y en el parte del Virrey Apodaca que consta de la causa que existe en el Archivo General de la Nación, dice: "que para lograr aprenderlo, tuvieron que caminar en marchas y contramarchas, más de doscientas leguas, sin conseguir aprehender al horrendo y desnaturalizado monstruo, que confesó haber asesinado a más de seiscientas personas de ambos sexos y de todas edades..."

El comandante Casasola ordenó la inmediata ejecución...

A pesar de tener ese bandido fama de rico, por lo mucho que había robado .... y a pesar de las pesquisas que se hicieron, no se encontró tal riqueza. En caso de existir, tal vez este enterrada en alguna cueva del Pedregal; aún se enseña al viajero aquella en que dicen ocultaba sus tesoros y arrojaba los cadáveres; está en la parte más pedregosa del cerro de Zacatepec entre San Angel y Tlalpan".

En el área del Pedregal ubicada el W. del Colegio de México y al S. del periférico (aproximadamente) se encuentran unos túneles naturales de lava conocidos como "las Cuevas de Pedro el Malo". tal vez en relación con el famoso personaje de la guerra de independencia.

El mismo autor[37] nos relata un hecho de 1868 relacionado con bandoleros que se sirvieron del Pedregal para sus fines:

"El Sr. Camoin, acompañado del niño Trinidad Cadena, Había salido de cacería el día 12 de septiembre, emcaminándose al Pedregal. Allí se le juntaron tres hombres, que le saludaron con la mayor cortesía; aparentando que también iban a cazar, emprendieron conversación con Camoin, ofreciéndoles su ayuda y pidiéndoselas para cazar un conejo;despúes de gran rato de expedición en la que los bandoleros aparentaban la mayor franqueza y sencillez. Tovar le suplicó a Camoin le enseñara su escopeta, éste accedió sin la menor desconfianza, se la prestó para que el viera, e inmediatamente los otros dos se arrojaron sobre de él, lo derribaron y maniataron y se internaron en el Pedregal. En Zacatepec estuvieron ocultos durante algunas horas, debajo de algunos árboles, temiendo que los vecinos los sorprendieran; después quitaron los zapatos a Camoin y continuaron caminando. El pobre francés no podía andar en las filosas piedras y abrojos, y para obligarlo le picaban con un puñal en la espalda y en la cintura.

En la tarde llegaron a JOYA DE LA VIEJA, entre Zacatepec y Peña Pobre; allí lo vendaron, lo metieron a una cueva y le exigieron doce mil pesos por su rescate".

Fernández del Castillo[38] apunta otro suceso llevado a efecto en los pedregales, que resumo a continuación:

El 30 de diciembre de 1887, ocho hombres representantes de la autoridad, persiguieron a dos sospechosos que fueron vistos por San Angel. Llegando al Pedregal de "Eztopulco", salieron siete bandidos más, originándose una escaramuza.

Entre los delincuentes se encontraba el bandido San Ciprián quien "tenia desde hace tiempo varias cuentas pendientes con la justicia por homicida, era vecino de Chimalixtac; se había unido con el famoso bandido Juan Lucas, que tenía asolado al Distrito con sus asaltos y fechorías, no había asalto ni robo en el que esos bandidos no estuvieran mezclados".

En un artículo de 1935, José Luis Cossio[39] habla de la gruta de la Golondrina (se localizaba en lo que ahora es la colonia

37. Ibid: 123, 124
38. Ibid: 125, 126
39. Cossío: 1935: 261

Ajusco), identificada por los pobladores como refugio de ladrones:

"La Gruta de la Golondrina es una cueva de bastantes grandes dimensiones cerca del pueblo de los Reyes, y como a unos tres kilómetros de la orilla del Pedregal. Puede el explorador cruzar muchas veces enfrente de la entrada de este gruta y nunca sospechar ni imaginar que existe. La entrada es un pequeño orificio como cualquier otro de los que se ven apenas se camina sobre el Pedregal. Para penetrar debe uno arrastrarse por más de diez metros a través de un corredor estrechísimo, llama la atención desde luego el encontrarse multitud de pedazos de vasijas de los vulgarmente conocidos con el nombre de tepalcates en algunos de los cuales pueden verse molduras y grecas. Al final del corredor la oquedad se ensancha visiblemente formando un salón en el que es posible permanecer de pie. Después de éste hay un nuevo corredor igualmente estrecho que el primero y conduce a otro salón también amplio en el cual se ven unos pesebres de grandes dimensiones. La leyenda dice que en esta gruta varias veces se ocultaron asaltantes y ladrones del camino real guardando en la misma los tesoros producto de su rapiña y los caballos que montaban. De esta manera permanecían ocultos sin despertar sospechas de la gente de bien ni de las autoridades. De ser cierta esta tradición indudablemente que la "Gruta de la Golondrina" tiene otra entrada o la que existe actualmente se ha modificado mucho, pues ya dije a ustedes que para penetrar es necesario hacerlo arrastrándose por lo reducido de los corredores".

Durante la intervención de Estados Unidos en 1847, las tropas norteamericanas al dirigirse de Tlalpan a San Angel, atravesaron parte del Pedregal en el tramo del camino que va de Peña Pobre a Padierna. Algunos lugares de esta parte del Pedregal fueron escenarios de la batalla que se originó al hacerles frente las tropas mexicanas.

Fernández del Castillo[31] se refiere a estos acontecimientos de la siguiente manera:

"El 18 de agosto de 1847, el mayor Smith decidió salir de Tlalpan atravesando por el camino de herradura que va para la hacienda de Peña Pobre, a través del Pedregal, á desembocar a Padierna, en el camino carretero que va a San Angel; si hubiera habido un general activo, inteligente y conocedor del camino, no hubiera quedado un solo yankee y no se concibe que un jefe metiera a sus tropas por una parte en donde solo la impericia y apatía del general mexicano pudo salvarlos. Internados por desfiladeros en el Pedregal, en donde pocos hombres pudieron haber hecho estragos formidables en el invasor, la artillería iba desmontada y en ácemilas; había parajes en los que no podían pasar sino en uno o dos en fondo.

Allí fueron detenidos por unos cuantos patriotas a las órdenes de Antonio Reyna, pero éstos, armados con viejos fusiles, fueron copados; algunos murieron y otros fueron terriblemente azotados el 8 de septiembre en la plaza del Carmen de San Angel; algunos pudieron ocultarse en las rocas del Pedregal, y estando escondidos, por un gran rato estuvieron los jefes en conferencia junto a ellos, sin notarlo. Valencia avanzó de San Angel a Padierna, y no obstante las repetidas ordenes de Santa Anna, para que se retirara a Churubusco, no quiso obedecer, y obstinándose en defender el punto, Santa Anna le dijo que se quedara bajo su exclusiva responsabilidad. Contaba con una avanzada del 7 y otra de infantería, al mando del capitán Solís. La primera línea a las ordenes de Nicolás Mendoza, en el reventón pedregoso, frente a la loma de "Pelón de Cuahuitla". A la izquierda el cuerpo de San Luis Potosí; a la derecha los auxiliares y activos de Celaya, Guanajuato y Querétaro, que componían la brigada al mando del Teniente Coronel Cabrera...

A poco de comenzar el combate se mandaron retirar las reservas de Ansaldo, quedando cerca de las baterías las tropas de que por todo eran de 3,500 á 4,000 hombres, con 24 cañones, aun cuando las partes del enemigo lo hacen subir a 23,000 hombres.

40. Fernández del C.: 1981 127:128

Las fuerzas americanas estaban a las órdenes del General Pillow, y al atacar, se encontraron con las barrancas y tuvieron que retirarse más de una milla, para poderla atravesar lejos del alcance de los fuegos de las tropas mexicanas.

En el combate nuestra artillería hizo acallar a la americana que se tuvo que replegar y parapetar en la loma con tres piezas desmontadas con bastantes muertos y heridos.

Un ataque dado por tres columnas de á mil hombres cada una, hizo retroceder a los mexicanos, a pesar de la brillante y heróica carga dada por la caballería del General Torrejón. El bizarro General D. José Frontera, natural de Querétaro, y que mandaba el 2o de caballería, al ver que sus tropas se desbandaban y volteaban las espaldas, trato de detenerlos, pero viendo que no le era posible, les gritó "esperen cobardes, miren como muere por su patria un soldado mexicano;" y unido a otro valiente se arrojó sobre el enemigo, este acto de valor hizo que sus tropas reaccionaran y volvieran al combate y eficazmente ayudados por la artillería con 5 piezas de a 6, y 2 obuses de a 8, pusieron en fuga al enemigo con gran destrozo. Todos saben el final desgraciado de la batalla. El General Santa Anna se presentó al teatro del combate; lo presenció una parte desde una loma y en ves de ayudar al desobediente General Valencia, cuando estaba triunfando y castigarlo después por su indisciplina, se olvidó de la patria a la que siempre le hizo tantos males y haciéndolo uno más se retiró del campo de combate, pues en su alma ruin no podía consentir que Valencia triunfara, su envidia se sobrepuso a la patria y Valencia quedo abandonado; las tropas al ver que Santa Anna en vez de ayudar, se retiraba a San Angel y los abandonaba, desmayaron, y lo que pudo haber sido un brillante triunfo, por la cobardía, orgullo y envidia del nefasto presidente, se convirtió en una derrota.

Mientras se derramaba la sangre mexicana, el envidioso Santa Anna tenía un banquete en San Angel y á la hora en que las tropas morían sacrificadas a su ambición; el presidente jugaba boliche en la casa que Después sería del elegante poeta D. Casimiro del Collado...".

El antropólogo Pablo Martínez del Río[41] hace un breve comentario en relación a Padierna y el Zacatepetl: En lo alto del Zacatepec, el general llamado Scott contempló la gran victoria alcanzada por sus tropas sobre los campos ensangrentados de Padierna en agosto 1847."

En la época revolucionaria, algunas de sus cuevas fueron utilizadas por gentes involucradas en estas contiendas.

Sobre este punto José Luís Cossio[42] relata:

"Mi padre me ha referido que el Coronel José del Olmo, dueño del Cabrío en Tizapan hace algunos años le refirió que durante las revoluciones en el que intervino personalmente usaron grutas o cuevas del Pedregal para almacenar víveres y forrajes teniendo en las mismas amplios pesebres para alimentar su caballada".

Otra referencia de este aspecto del Pedregal se observa en un artículo de 1932, escrito por Federico Gómez de Orozco[43].

"...a él están vinculadas varias tradiciones relativas a cuevas de tesoros de ladrones y contrabandistas, señalándose las de los Gorriones, las del Jazmín, la del Murciélago y otras donde se ven vestigios de haber servido, en una época, de habitación y aun de cuarteles revolucionarios.

En el siglo XX, los bandoleros siguieron aprovechando las ventajas que les ofrecía las condiciones físicas del Pedregal. Apareciendo otros personajes como el "Tigre de Santa Ursula".

En las primeras décadas del siglo XX, el Pedregal captó la curiosidad de los

41. Martínez del Río.: 1934: 300
42. Cossío: 1935: 261
43. Gómez de Orozco: 1932: 23

excursionistas que veían en este paisaje, una zona potencial para satisfacer esta práctica.

Encontrando un terreno difícil de caminar, representando todo un reto el adentrarse en este accidentado "malpaís", y ofreciéndole la oportunidad de saciar su voluntad de verse rodeado de naturaleza (sobre todo de una región que conservaba un aspecto agreste y silvestre dentro de las proximidades de la ciudad); además de poder visitar grabados en sus rocas y explorar sus hoyas (oquedades) y cuevas.

Acerca de lo anterior, transcribiré algunos párrafos que nos transportan en el tiempo, vislumbrando lo que fue este paisaje y las emociones despertadas a los que se vieron atraídos por su fisonomía y naturaleza.

"Más lejos no se podía llegar en una visita que quisiera ser placentera; una guía turística de 1923 proponía como toda una aventura ir de excursión al Pedregal de San Angel. Daba las siguientes instrucciones: "Se toma en el Zócalo el tren de Tlalpan o Xochimilco; bájese en la estación de la Tasqueña, la segunda estación Después de Churubusco (...De Taxqueña se toma el camino para la Candelaria, un pequeño pueblo al borde del Pedregal. Hay que encontrar una guía ($1.00 a $1.50). Se pasa por la calle principal hacia la iglesia y de ahí a la izquierda por el estrecho sendero limitado por altos órganos y se entra al Pedregal. La vereda sigue primero en dirección sur, donde se ven las moles del Ajusco y el Xitle. El camino dobla hacia el oeste hasta llegar a un derrumbe con grandes rocas de lava que llama la atención. Casi en el centro del Pedregal se alza el Zacatepec, que tiene una altura de 2,450 metro. El guía nos enseña sobre una roca de lava, la forma de un pequeño pie impreso en la roca, después de dos horas se llega a la roca de lava plana, sobre la cual se ve la escultura de una víbora emplumada. Probablemente ha sido un lugar de culto en los tiempos de los aztecas. También en las otras piedras se ven esculturas y dibujos de caracoles, conejos y tablas de juego, y nos enseña también el dibujo del diablillo. cerca de este lugar está la cueva de las Golondrinas...[44]"

En 1932[45] se describen brevemente otros dos accesos para la vista del Pedregal, por Tizapán y Tlalpan:

"El Pedregal, tan importante por todos motivos, es sin duda muy digno de ser visitado. Los trenes de Tizapán conducen al turista hasta la estación terminal situada a poco menos de trescientos metros de las canteras, al margen del Pedregal.

Los tranvías de Tlalpan llegan a las inmediaciones del Pedregal y del importante monumento arqueológico llamado pirámide de Cuicuilco...

En todos los pueblos circunvecinos al Pedregal, se cuentan mil cosas relacionadas con él, y en casi todos estos lugares hay expertos que por poco dinero conducen al visitante y le muestran lo de mayor interés en su región."

Para ejemplificar lo penoso que resultaba caminar sobre el Pedregal, veremos lo que señala en 1935 José Luís Cossio[46]:

"... en una ocasión que me propuse ir sin guía de la Cantera de Los Patos del Barrio de San Francisco, Coyoacán, al Cerro de Zacatepec, tardé once horas caminando constantemente para recorrer una distancia que en línea recta se puede andar en media hora".

El tratar de dejar las veredas (vías vitales para transitar en el Pedregal sin muchas dificultades), traía consecuencias poco favorables, como lo muestra una anécdota del historiador José Luís Cossio[47].

"Hace diez años," -1925- "cuando pertenecía yo a los grupos de exploradores, llegaron a

44. Tomado de García Gustavo: 1990: 19 "Calles de Tinta", en Revista Inn deMéxico. Lacita que refiere el autor es de 1923, "50 excusriones por los alrededores de la Ciudad de México, 1923, Germania". (bibliografía proporcionada por Ariel Rojo).
45. Gómez de O.: 1932: 23
46. Cossío: 1935: 252, 253
47. Cossío: 1935: 253

esta metrópoli dos famosos andarines húngaros o montenegrinos. Cuando nos visitaron nos enteramos que habían recorrido la mayor parte del mundo atravesando montañas escabrosísimas en Asia, Europa y América del Sur y que se consideraban incansables y muy resistentes. Uno de ellos particularmente estaba orgulloso de sus hazañas y un par de botas comprado en su pueblo natal. No recuerdo si con malas intenciones, o pensando darles oportunidad de conocer un terreno de formación volcánica como "El Pedregal" de Coyoacán, los invitamos a visitarlo. Así lo hicimos un domingo y sin más guía que nuestros escasos conocimientos atravesamos "El Pedregal" del Puente de Panzacola "cercanías de San Angel-" a la Villa de Tlalpan con el peor de los resultados para algunos de nuestros compañeros y para los andarines internacionales, pues uno de ellos indudablemente tuvo que relegar al olvido sus botas y el otro tuvimos necesidad de ayudarlo en la parte final de la excursión."

En las primeras décadas del siglo XX, el hombre sigue utilizando al Pedregal, recolectando algunos de sus recursos. La explotación de canteras fue muy importante en los pueblos que le rodeaban. El pastoreo fue otra actividad a la que estuvo sujeto el ecosistema del Pedregal. En algunos sitios cubiertos por la lava (cerca de Copilco, en los alrededores del Zacatepetl y otros puntos aislados y pequeños) se practicaba la agricultura, y existían sistemas de irrigación parecidos a las "chinampas" utilizándose zanjas o canales de poca profundidad que corrían entre los terrenos de cultivos sobre el borde oriental del Pedregal (principalmente en los pueblos de los Reyes y la Candelaria), alimentados por manantiales cuyas aguas corrían debajo del Pedregal siguiendo la pendiente hacia la planicie lacustre, brotando en sus flancos. El Pedregal dió origen (a partir de la infiltración de lluvia favorecida por las características de la roca) a uno de los manantiales más codiciados por los aztecas (para su abastecimiento de agua dulce) por la cantidad de agua que producía, me refiero al Acucuexatl, mencionado por varios cronistas, (ubicado al Ne de los Reyes Coyoacan). Este manantial al quererle canalizar provocó estrepitosas inundaciones en el sistema lacuestre mexicano.

Dentro del trabajo del campo los informantes platicaban que anteriormente iba la gente (hoy en día pocas son las personas que van) por su "material", en los Reyes le llaman "basura" consistente principalmente de zacate de "amalín" y vara de "cihuapatle" (también traían la "doradilla", la "estrella", el "cielo raso", entre otras plantas) para la confección de coronas portadas para adornos y decorar las fachadas de las iglesias en las fiestas de los santos. Estos pueblos eran muy conocidos por estos trabajos y el cultivo de flores.

Bajaban cargando sus "tercios" de "amalín" (zacate) en sus espaldas ayudados de sus "mecapal", a través de estrechas veredas, descansando en puntos o parajes (también llamados "descansaderos"); algunos de estos conservaron su nombre en nahuatl: Tepipiles, Tetezala, Tetongo, Techimalco, Temestitla, entre otros nombres.

Hasta hace 30 años aproximadamente, aún se realizaba la Santa Cruz los días 3 de mayo, llevándose a cabo en pleno Pedregal, cerca de un lugar conocido como Tetongo (en el Pedregal de Santo Domingo).

Como puede observarse, el hombre hasta mediados del siglo XX, aún seguía incorporando los elementos y recursos del Pedregal a sus actividades y forma de vida.

Sin embargo en las últimas décadas esta relación comienza a extinguirse para dar paso a otra concepción, donde el hombre ve en el Pedregal, una zona potencial para el asentamiento humano. Esto dio lugar a una nueva "erupción" ahora de asfalto y cemento. Paradójicamente se revierte el proceso, cuando en un principio fue destruidor un asentamiento humano por la naturaleza dando lugar a otra geografía, ahora el hombre destruye la naturaleza creada para dar lugar a un paisaje urbano. este difiere en muchos del paisaje cultural que el hombre del preclásico estableció en este lugar bajo una relación más estrecha y más armoniosa con su medio.

BIBLIOGRAFIA.

BEYER Hermann. "Sobre antigüedades del Pedregal de San Angel". Soc. Científica Antonio Alzate. Tomo 37. México. 1918.

BRODA Johanna. 1989 "Geografía, Clima y Observación de la Naturaleza en la Mesoamérica Prehispánica en las mascaras de la cueva de Santa Anna Teloxtoc. Ernesto Vargas Editor. pp.35-51. Méx. 1989 Instituto de Investigaciones Antropológicas UNAM. Méx.

1991 a. "The Sacred Landscape of Aztec Calendar Festivals: Mith Nature and Society" en D. Carrasco (ed).: To Change Place: Aztec Ceremonial Landscape. pp. 74-120 University of Colorado Press.

1991 b."Cosmovisión y Observación de la Naturaleza: El Ejemplo del Culto de los Cerros en Mesoamérica". En Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamérica Johanna Broda, Iwaniczewski S. y Maupomé L. Eds. UNAM IIH México. pp. 461-500

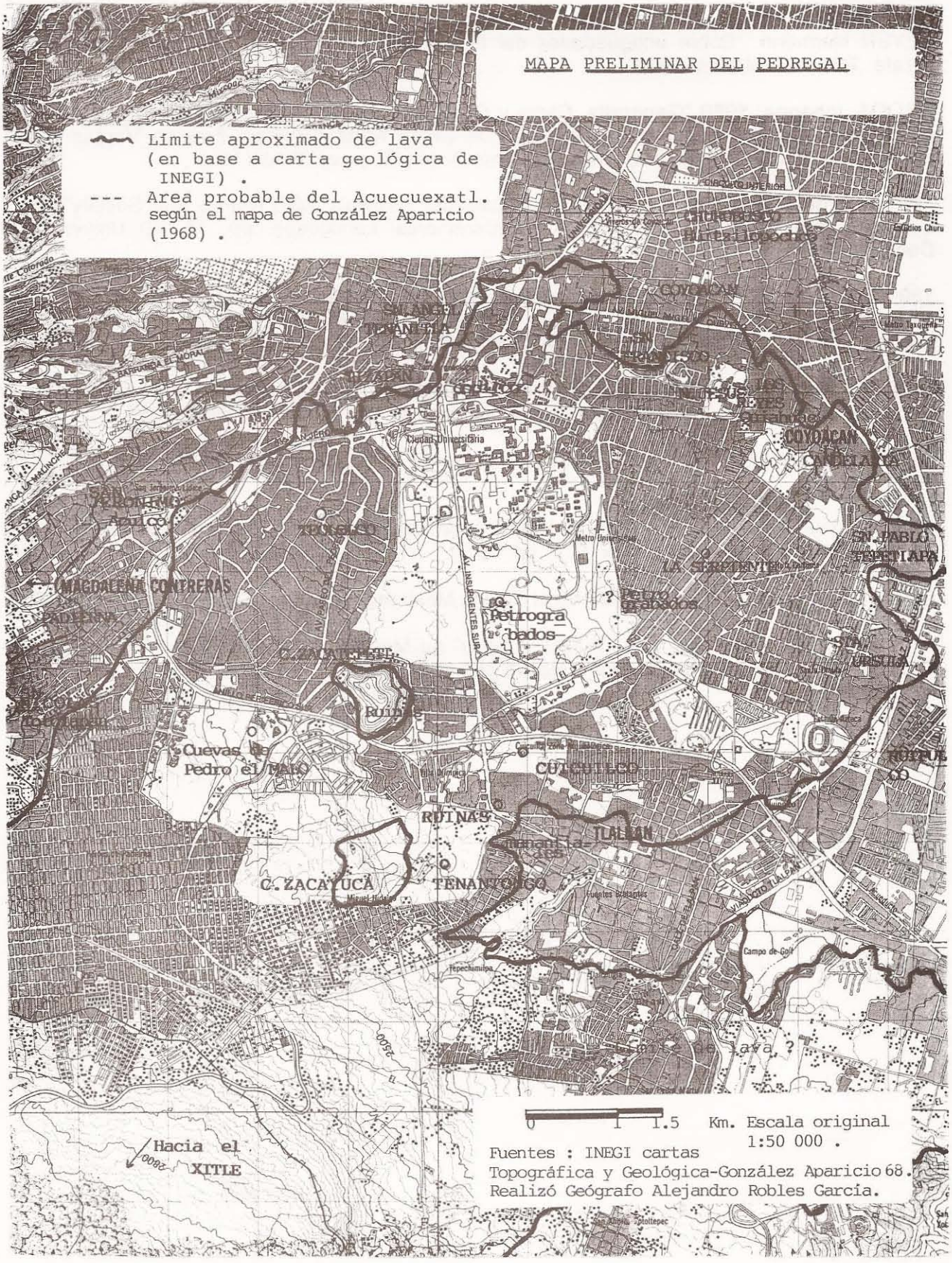
COSSIO José L. "Una Zona Arqueológica del Pedregal de Coyoacán D. F.". Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Tomo 45. pp. 251-267 México. 1935.

FERNANDEZ del C. F. "Apuntes Para la Historia de San Angel" Edt. Inovación S.A. México. 1981. 253 pp.

GARCIA Gustavo "Calles de TInta, El Pedregal de San Angel en la Literatura". En Revista INN de México #5 Oct.-Nov- 1990. Méx. D. F. pp. 18-21

GOMEZ de Orozco F. "El Pedregal". En el Turista Mexicano. May. de 1932. Méx. pp. 22-23.

MARTINEZ del Río Pablo. "Les Chases "Chacu" au Mexique et les ruines du Zacatepec". En Journual de la Société des Americanistes. 26:293-300. 1934.


MAPA PRELIMINAR DEL PEDREGAL
Límite aproximado de lava (en base a carta geológica de INEGI) .
--- Area probable del Acuecuexatl. según el mapa de González Aparicio (1968) .
Petrogra bados
Cuevas de Pedro el Malo
RUINAS
C. ZACATUCA
TENANTONGO
CUICUILCO
TULAN
COYOACAN
SAN PABLO TEPETLAPA
LA MAGDALENA CONTRERAS
Ciudad Universitaria
Campo de Golf
Hacia el XITLE
0 1 1.5 Km. Escala original 1:50 000 .
Fuentes : INEGI cartas Topográfica y Geológica-González Aparicio 68 .
Realizó Geógrafo Alejandro Robles García.

Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Angel

Francisco Javier Alvarez Sánchez, Julia Carabias Lillo, Jorge Meave del Castillo, Patricia Moreno Casasola, Dolores Nava Fernandez, Fuensanta Rodriguez Zahar, Carolina Tovar González, Alfonsos Valiente-Banuet.

Laboratorio de Ecología, Facultad de Ciencias UNAM, México, 04510, D. F.

INTRODUCCION

El presente trabajo constituye una proposición formal para la conservación de una zona natural de singular importancia, conocida como Pedregal de San Angel.

El Pedregal de San Angel es el nombre con que se ha denominado al área cubierta por basalto producto de la erupción del volcán Xitle, situada al Sur del Valle de México y que antiguamente se extendía desde el pueblo de San Angel hasta las faldas del cerro del Ajusco.

Esta superficie, que puede considerarse como un pedazo de campo enclavado dentro de la Ciudad de México, ha sido amenazada y sistemáticamente destruida por el avance urbano de ésta. La inquietud y la necesidad de fundamentar científicamente la protección de las porciones todavía no afectadas surgen de estudios más o menos recientes que muestran su gran importancia biológica y dejan entrever su importancia cultural (educativa) e inclusive estética.

El planteamiento de una reserva implica forzosamente el tener una infraestructura basada en el conocimiento biológico de la zona por conservar, así como lineamientos generales de carácter técnico sobre su localización, tamaño, etc. De no hacerse de esta manera se corre el riesgo de caer en improvisaciones, las cuales a la larga pueden resultar perjudiciales, imposibilitando el cumplimiento de los objetivos de preservación.

Debemos aclarar que la información que se presenta en este trabajo se ha actualizado tanto como es posible; sin embargo, debe tenerse en cuenta que los sucesos en torno al Pedregal se han apresurado cada vez más, al punto de que es posible que algunos datos, especialmente los que se refieren a tamaños y a la apreciación del daño en el sitio de interés, pueden no ser totalmente exactos. Finalmente deseamos manifestar nuestro sincero agradecimiento al Dr. Jerzy Rzedowski por la revisión del documento y sus valiosos comentarios, y a todos los compañeros estudiantes y maestros de la Facultad que han colaborado en distintos aspectos del trabajo.

ANTECEDENTES

La idea de proteger áreas naturales es muy antigua y se han presentado a lo largo de la historia en muchas culturas. Como ejemplo de ello baste citar que en la antigua India ya desde el año 300 A.C. se aislaron zonas boscosas con el fin de proteger fauna valiosa, o en la Edad Media, cuando se dictaron medidas importantes para proteger a los bosques y su fauna contra la invasión del hombre.

En nuestro país, la protección natural se dio a raíz del alto nivel cultural de los pueblos mesoamericanos, cuyo respeto a la naturaleza estuvo siempre vinculado al empleo de sus recursos.

Después, en el siglo XIX y como consecuencia de la Revolución Industrial, se fincaron las bases para la protección de terrenos que estaban siendo alterados debido a la acción de este movimiento. El establecimiento de Reservas o Parques

Nacionales se inició en Estados Unidos en 1872 con la creación del Parque Nacional de Yellowstone, que coincide con el surgimiento de la "Ecología" como actividad científica. Por primera vez se escogía una zona de terreno no alterada por la actividad humana, y representativa de un área, para fines de recreación y estudio detallado de los fenómenos naturales (Polunin y Eidovik, 1973)

Actualmente, la mayoría de las personas aceptan la necesidad de contar con áreas protegidas de la alteración del hombre. Así, varios autores mencionan la existencia de numerosos ejemplos, sobre todo en América Latina, que señalan las dramáticas consecuencias de la falta de zonas inalteradas.

Helliwell (1976) otorga un alto valor a la conservación de especies silvestres tanto animales como vegetales, debido al beneficio que otorgan y que puede ser:

a) Producción
i) actual: comestible, maderable, etc.
ii) potencial: reserva de material para cruzas
- control de plagas, polinización.
- facilidades para trabajo de entrenamiento e investigación.

b) Recreación
i) educativo: para ampliar el panorama cultural de la gente.
ii) para desarrollar estudios de historia natural, fotografía, etc.
iii) contribución al carácter del paisaje o de la localidad.

Algunos autores, como Knobel (1962) y Verschuren (1962), han recalcado la importancia científica de las reservas ya que "el adelanto científico está construído sobre el conocimiento derivado de la naturaleza, que puede obtenerse de las muestras de medio ambiente" que constituyen las reservas.

En México, el Dr. Arturo Gómez-Pompa (1966) y el Dr. Enrique Beltrán (1973-1974) ya han planteado la necesidad de conservar áreas en su estado natural, considerando que responden a tres propósitos fundamentales:

1) La conservación de un equilibrio entre las necesidades del hombre y los recursos naturales, lo cual además permitiría la acumulación de un material genético vegetal y animal que brindaría amplias posibilidades para el futuro.

2) La existencia de laboratorios naturales no perturbados donde se puedan realizar investigaciones que ayuden a comprender su estructura y funcionamiento, así como el efecto que distintos tipos de perturbación podrían tener en el mismo.

3) Por último, las áreas naturales satisfacen demandas estéticas y recreativas del hombre.

Estas son sólo algunas razones para el establecimiento de áreas de reserva. Existen otras como la captación de agua de lluvia para el mantenimiento del manto acuífero, funciones de tipo educacional para los habitantes de la región, en algunos casos producción, etc.

Una vez aceptada la necesidad de contar con zonas naturales protegidas, resta definir problemas tales como tipo, ubicación, características, tamaño, manejo, etc. El principal criterio al escoger un lugar para establecer un área de proteccion es la presencia de una entidad natural especial dentro de sus límites. Esta cualidad puede ser una mayor diversidad de especies, un alto número de individuos de una especie en particular, unos pocos representantes de una especie en peligro de desaparecer o estar caracterizado por una estructura geológica o paisaje especial.

El Pedregal de San Angel reúne las características anteriormente señaladas dentro de los criterios utilizados para escoger un área susceptible de ser conservada.

Se tiene conocimiento de que el Pedregal de San Angel ha sido visitado por diferentes botánicos; entre los pioneros se encuentran Sessé y Mociño, los cuales llevaron a cabo sus recorridos en el siglo XVIII. Hacia finales del siglo XIX y principios del XX, fueron Altamirano y Urbina, y ya para el presente siglo cabe citar a Pringle, Purpus, Reiche,

Gándara, Sánchez, Rzedowski, Diego y Alvarez et. al.

La mayoría de ellos ha manifestado la necesidad y conveniencia de mantenerlo protegido del avance urbano y de los efectos de la actividad humana.

Rzedowski (1954) indica sobre el Pedregal: "Lo conocieron bien los botánicos mexicanos y lo han visitado un gran número de extranjeros. Sirvan como prueba de esta atracción las palabras del botánico e incansable colector G.C. Pringle, en las que se refiere al Pedregal: "....Pero fueron principalmente los depósitos de lava o Pedregal (sitio de rocas), mencionados con tanta frecuencia en los trabajos de Hemsley, los que me mantuvieron tan cerca de la ciudad de México hasta el fin de la estación. Todavía existe y debe permanecer siempre una reserva natural, inalterada en cuyos recovecos protegidos e inaccesibles se autoperpetúen de manera segura numerosas especies de plantas. Plantas que conocí en estados lejanos están presentes, plantas de las altas montañas, de las planicies y del valle....! Qué parque natural tan vasto y único es el Pedregal, situado tan cerca de una ciudad tan populosa, y qué deseable sería que se mantuviera aparte como parque público, que fuera protegido de mayores despojos por parte de los taladores y que fuera posible recorrerlo más abiertamente (Davis, 1936)".

Sin embargo, parece ser que opiniones como la anterior nunca fueron tomadas en cuenta ya que la construcción de nuevas colonias urbanas fue avanzando paulatinamente sobre los terrenos del Pedregal de San Angel hasta que en la última década solamente quedaban libres del urbanismo, en las partes bajas del Pedregal de San Angel, la zona de los terrenos pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México.

EL PEDREGAL DE SAN ANGEL Y SU IMPORTANCIA

El Pedregal de San Angel es uno de los nombres con que se ha designado a una gruesa capa de lava, producto de la erupción del volcán Xitle y conos adyacentes, y que tenía una extensión original de 80 km^2; su edad fluctúa según diversos autores, alrededor de los 2500 años.

Se encuentra enclavado dentro del Valle de México, siendo sus límites altitudinales los correspondientes a los 2250 m.s.n.m. en la parte inferior y a los 3100 m.s.n.m. como cota superior. Presenta un clima templado con régimen de lluvias en verano.

La corriente de lava, al enfriarse y solidificarse, no formó un sustrato homogéneo sino muy irregular, con presencia de una cantidad de accidentes topográficos como cuevas, hondonadas y promontorios rocosos, todos ellos producto de los movimientos del magma en su proceso de enfriamiento, durante el cual además hubo formación de gran cantidad de burbujas, chimeneas, etc., dentro de ella. Es así como esta topografía tan heterogénea está constituida por una gran cantidad de macro y microambientes diferenciables, los cuales han sido sitios ideales para el establecimiento de una gran cantidad de especies vegetales con diferentes requerimientos ambientales y que conforman una flora muy variada.

Esta diversidad florística es debida también a la situación biogeográfica del Valle de México, ubicado en la mitad meridional de la República, que se considera como una de las regiones más ricas en el mundo en cuanto a su flora (Rzedowski y Rzedowski, 1979); no hay que olvidar también que el territorio del país, tal como lo han aseverado diversos autores, se halla en la zona limítrofe entre los reinos biogeográficos Neártico y Neotropical.

Sobre esta superficie de lava se han establecido varias comunidades que forman un gradiente que va desde la parte más baja hasta la zona de mayor altitud y humedad.

Rzedowski (1954) considera que la variabilidad en el sustrato, el grado sucesional y los cambios altitudinales determinan el establecimiento de distinats asociaciones vegetales; siguiendo el gradiente descrito están las siguientes:

1. Matorral de *Senecio praecox* (Senecionetum praecosis)

2. Matorral de Encinos (Quercetum rugosae fruticosum)

3. Bosque de Encinos (Quercetum centralis lavosum, Quercetum rugosae crasipedis y Quercetum centralis tofosum)

4. Bosque de Pinos (Pinetum hartwegii y Pinetum teocote)

5. Bosque de Oyamel (Abietum religiosae)

6. Bosque de Aile (Alnetum firmifoliae)

El área de interés del presente proyecto es la comunidad denominada por Rzedowski (1954) como Senecionetum praecosis, la cual ocupa la porción más baja, estableciéndose su límite altitudinal superior alrededor de los 2600 metros, y que en la actualidad solamente se encuentra en los terrenos situados al Sur de la Ciudad Universitaria.

La vegetación que aquí se encuentra fue clasificada por el mismo Rzedowski (1979) dentro de los matorrales xerófilos, los cuales responden a condiciones de aridez, que en el caso del Senecionetum praecosis se trata de aridez fisiológica debido principalmente a la poca cantidad de suelo desarrollado. De ahí que podamos encontrar una gran cantidad de especies con adaptaciones a dicha situación.

Originalmente esta comunidad ocupaba una superficie aproximada de 40.45 km^2, o sea, el 50% del total del derrame de lava. En la actualidad, debido al incesante avance del urbanismo, quedan aproximadamente 2.9 km^2, lo que representa una disminución en un poco más del 90% de su área original.

Para nuestro caso concreto existen una serie de condiciones que nos llevan a considerar como necesaria y apremiante la creación de una reserva en esta zona:

Existen pocas zonas en el mundo en las cuales se puedan observar el desarrollo y evolución de una comunidad vegetal y animal sobre una corriente de lava. Este tipo de sustrato sólo permite el establecimiento de un conjunto particular de especies que difiere notablemente de las comunidades colindantes.

La sucesión de esta comunidad plantea interesantes problemas acerca de la modificación, principalmente por erosión del sustrato, del papel que plantas y animales juegan en este proceso, y del reemplazamiento en el tiempo de poblaciones de diferentes especies. México tiene una posición privilegiada, ya que constituye parte del área geográfica donde se unen y mezclan dos grandes reinos biogeográficos: el Neártico y el Neotropical. Esta posición, aunada a la complicada orografía que produce una enorme diversidad de hábitats así como de "corredores " de llegada para especies animales y vegetales, ha permitido que el país tenga una enorme riqueza florística y faunística. Esto se refleja en el Valle de México, cuya vegetación está constituída por especies con orígenes muy diversos.

En el Pedregal obviamente sucede lo mismo que en el Valle y su flora tiene varios orígenes (Rzedowski y Rzedowski, 1979). Como ejemplo de ello se tiene:

i) Relación con las montañas de México y Centroamérica representada por géneros como: *Lamorouxia, Rubus.*

ii) Relación con las montañas de Sudamérica: *Bomarea, Fuchsia, Perezia, Stevia, Tillandsia.*

iii) Elementos endémicos de los matorrales xerófilos y de los pastizales: *Eysenhardtia, Milla, Sprekelia, Florestina*

iv) Relación con zonas áridas de Sudamérica: *Opuntia, Trixis.*

v) Asimismo es interesante encontrar algunas especies de afinidades termófilas que parecen ser reliquias de épocas en que el clima era mas caliente que en la actualidad: *Bursera cuneata* y *Cissus sicyoides.*

En el caso del Pedregal de San Angel, la gran cantidad de macro y microambientes

brindan las condiciones necesarias para que ahí se establezca una flora extraordinariamente rica en especies. Prueba de ello lo representa el trabajo de Rzedowski (1954) quien reporta 319 especies para el Senecionetum praecocis, abarcando únicamente Pteridofitas y Angiospermas.

Muchas especies que hace algunos años se encontraban frecuentemente en el Pedregal ahora son muy escasas y están tendiendo a desaparecer del Valle de México debido a la perturbación creciente. La única forma de proteger y poder mantener la información genética de estas especies es mediante la creación de reservas dentro de las cuales puedan establecerse y regenerarse. Entre las especies que difícilmente se localizan en alguna otra parte del Valle (Rzedowski y Rzedowski, 1979), y que por lo tanto están en peligro de desaparecer de él se tienen:

Bletia urbana
Bursera cuneata
Canavalia villosa
Carminata tenuiflora (+)
Cassia laevigata
Euphoria graminea
Froelichia interrupta (+)
Mammillaria san-angelensis
Mandevilla foliosa
Passiflora subpeltata
Polanisia uniglandulosa
Salvia riparia
Trixis longifolia

Es necesario señalar que *Bletia urbana* y *Mammillaria san-angelensis* tienen un distribución restringida al Pedregal de San Angel.

Existe otro conjunto de especies vegetales que cuenta con poblaciones poco numerosas por lo cual están especialmente expuestas a la desaparición. Dentro de este grupo en el Pedregal se tiene:

Corrigiola andina (+)
Dicliptera peduncularis
Ruellia bourgaei (+)
Rubus cymosus
Talinum paniculatum (+)

Cabe aclarar que las especies de la lista anterior fueron colectados por Rzedowski (1954) y por Diego (1970). Todas ellas han sido encontradas durante el muestreo realizado, excepto las marcadas con (+).

La presencia de 21 especies de orquídeas (Orchidaceae) sugiere que el Pedregal de San Angel funciona como uno de los refugios más importantes para este grupo de plantas dentro del Valle de México. Lo mismo sucede en el caso de la familia Commelinaceae, de la cual se determinaron 14 especies.

En cuanto a la fauna, la presencia de dos posibles endemismos, que son *Thamnophis dorsalis* (Colubridae) e *Hyla arenicolor* es otro de los motivos por los cuales es necesaria la preservación del Pedregal de San Angel.

El conocimiento que se tiene sobre las especies, la estructura y dinámica de la comunidad, la sucesión y evolución de la misma es aún escaso. Como ejemplo de ello basta mencionar el trabajo de Palacios-Vargas (1981) quien encontró en el Pedregal de San Angel 14 géneros de Collembola (Insecta) citándolos por primera vez para el Pedregal; trece de estas especies son nuevas para el Valle de México y 12 son registradas como nuevas para el país. Esto nos muestra la enorme pérdida que se está ocasionando al permitir que la perturbación continúe en el Pedregal de San Angel.

Es importante mencionar que no sólo la construcción de edificios tuvo efecto sobre la vegetación; otra práctica que ha tenido resultados negativos ha sido la siembra de eucaliptos en las zonas laterales de los circuitos universitarios. Se trata de árboles muy agresivos que tienden a desplazar con facilidad la flora original; y por otra parte se ha comprobado que las hojas de los eucaliptos que caen al suelo tardan tanto tiempo en degradarse que generalmente son acarreadas por el viento antes de incorporarse al suelo, por lo que retardan la producción de éste (Mittastein, 1962).

ESTUDIO RECIENTE DE LA VEGETACION EN LA COMUNIDAD DE *Senecio praecox*

Recientemente se ha realizado un trabajo de investigación enfocado a mejorar y completar el conocimiento sobre la dinámica y estructu-

ra de la vegetación de la comunidad de *Senecio praecox* en el Pedregal de San Angel.

El trabajo de campo ha abarcado en la actualidad prácticamente todas las áreas del Pedregal ubicadas dentro de la Universidad. Este ha sido complementado por extensos recorridos en la zona con fines de prospección y colecta.

Con base en ellos se ha podido hacer una descripción de la vegetación, su composición florística, riqueza de microambientes y grado de perturbación. Los microambientes reconocidos para este estudio fueron los siguientes: hondonada, hoyo, grieta, plano, promontorio, cueva y pendiente. En algunos casos fue necesario hacer divisiones subsecuentes, como fondo, pared o cima de algunos microambientes. Nótese el alto número de éstos debido a la heterogeneidad topográfica que ya se ha mencionado anteriormente.

En términos generales, fue posible detectar de qué manera estaban ligadas las especies vegetales a los distintos hábitats y cómo tienden a agruparse entre ellas.

Para facilitar la presentación y el análisis se ha subdividido el área de trabajo arbitrariamente con base en los actuales circuitos universitarios y otros puntos de referencia. En seguida se ofrece la descripción de las cinco zonas reconocidas, incluyendo para cada una su localización, topografía general, datos sobre flora y vegetación así como los factores de perturbación más importantes en cada una de ellas (ver Mapa 1).

ZONA I.

Localización. Situada al SW de los terrenos de Ciudad Universitaria, delimitada al E por la Avenida de los Insurgentes, al S por los límites de los terrenos de la Universidad, al W por el Jardín Botánico y la Unidad de Seminarios y al N delimitada artificialmente por el trazo de un futuro circuito vial universitario (*)

Topografía general. Esta zona no presenta grandes variaciones de altura, sino que es bastante homogénea. Sin embargo, la topografía es bastante irregular ya que existe gran cantidad de pequeñas grietas y fisuras y grandes hondonadas. El microambiente denominado promontorio está poco representado en esta área.

Flora y vegetación. Con respecto al número de especies, ésta puede considerarse como un área bastante rica, debido a la gran cantidad de microambientes que allí se encuentran. Sin embargo, algunas especies importantes para la fisonomía del Pedregal están ausentes. Tal es el caso de las especies de los géneros *Echeveria* y *Agave*. Por el contrario, en esta zona es posible encontrar gran cantidad de individuos arbóreos y arbustivos de *Senecio praecox* ("palo loco"), *Schinus molle* ("pirú"), *Bursera cuneata*, *Bursera fagaroides, Eysenhardtia polystachya*, etc. Especialmente abundantes en esta parte son los arbolillos de *Dodonaea viscosa*. En los hoyos y hondonadas existen helechos de diversas especies.

Debido a esta heterogeneidad microambiental, la vegetación de este sitio está constituida por un mosaico muy variado donde existen desde pequeños pastizales de diferentes especies hasta agrupaciones más o menos densas de árboles o arbustos.

Factores de perturbación. El principal factor de perturbación en esta zona lo constituye la Avenida de los Insurgentes, ya que el tránsito que por ella circula produce una gran cantidad de contaminantes atmosféricos y sonoros. Hacia la parte del Jardín Botánico la perturbación de este tipo es mucho menor. En general, el área no está muy alterada, sin embargo, se ha observado que en las zonas contiguas a la Avenida Insurgentes existen grandes basureros y tiraderos de desperdicio de construcción (sobre todo a la altura del puente para peatones que cruza hacia la Sala Nezahualcóyotl). En estas partes es posible encontrar gran cantidad de especies invasoras. Además existen algunos árboles plantados de eucalipto, los que aparentemente se han dispersado hacia el interior, ya que se observan algunos individuos aislados

(*) Según planos proporcionados por la Dirección General de Obras de la UNAM.

creciendo más lejos de la orilla de la avenida. Si se pretende levantar una barrera arbórea en este sitio con el fin de detener un poco la influencia contaminante de la Avenida Insurgentes, sería recomendable utilizar una especie menos agresiva.

ZONA II

Localización. Situada al N de la Zona I, limita al E con la Avenida de los Insurgentes; al S se encuentra delimitada artificialmente por el trazo de un futuro circuito universitario; y al W y N por el circuito universitario existente que conduce al Jardín Botánico Exterior y un ramal de éste que constituye una salida hacia Insurgentes.

Topografía general. Esta zona es bastante homogénea desde el punto de vista topográfico. La mayor parte del terreno está constituido por hondonadas, grietas y promontorios bastante altos, y los microambientes denominados "hoyo" y "pendiente" prácticamente no aparecen.

Flora y vegetación. Entre las especies importantes que no se han encontrado aquí se encuentran *Bursera cuneata, Bursera fagaroides* y tres especies de *Buddleia* ("tepozán"), ya que solamente *Buddleia cordata* está presente. Sin embargo, la abundancia de otras especies importantes es muy baja, por ejemplo existen muy pocos individuos de *Senecio praecox, Dodonaea viscosa, Montanoa tomentosa*, y aunque existen muchos individuos de *Agave* sp. ("maguey"), no hay ninguno de *Echeveria gibbiflora*.

En esta zona son más abundantes las agrupaciones de tipo matorral, mientras que los árboles tienden a estar más bien dispersos. No hay muchas partes con pastizales.

Factores de perturbación. La Avenida de los Insurgentes constituye aquí también el principal factor de perturbación; sin embargo, los basureros cercanos tienen mucha influencia pues hay en la zona gran cantidad de basura que seguramente es acarreada por el viento desde dichos basureros. También las partes que bordean los circuitos ya construidos y la Avenida Insurgentes se distinguen por la gran cantidad de eucaliptos que han sido plantados allí, y pueden observarse hacia el interior de la zona algunas plántulas en desarrollo lo que indica que, aunque lentamente, esta especie ha ido avanzando.

ZONA III

Localización. Limita al W con la Avenida de los Insurgentes, al S con el circuito que rodea al nuevo Centro Cultural de la Universidad, al N con el Centro de Instrumentos y las construcciones adyacentes a éste, y al E limita artificialmente con una línea imaginaria paralela a Insurgentes, o sea en dirección Norte-Sur y situada de manera que excluya al Espacio Escultórico

Topografía general. Con respecto a la topografía, esta zona es una de las más interesantes dentro del Pedregal. Existe una gran cantidad de hoyos, hondonadas, grietas y promontorios, así como partes planas. Existen diferencias de altura entre los distintos puntos, pero éstas no son muy grandes.

Flora y Vegetación. Prácticamente todas las especies que se han encontrado en el Pedregal existen en esta zona. Están presentes todas las especies fisonómicamente importantes: *Senecio praecox, Schinus molle, Bursera cuneata, Bursera fagaroides, Eysenhardtia polystachya*, así como las diferentes especies de *Buddleia* ("tepozanes"). En esta zona fue observado un individuo de *Buddleia cordata* de cerca de 7 m de altura.

Aquí dominan los matorrales de las diferentes especies arbóreas y arbustivas, y los pastizales, aunque presentes, son mucho más escasos.

Factores de perturbación. Esta zona es quizá la menos alterada del Pedregal. La Avenida Insurgentes no tiene mucha influencia, aunque a la orilla de ésta existen árboles de eucalipto que, si bien mantienen esta zona en un relativo aislamiento, parece que están avanzando hacia el interior. La parte que se encuentra hacia el Centro

Cultural de la Universidad es posiblemente la más afectada por los tiraderos de desperdicio de construcción que allí se han hecho. Existe un ducto que cruza esta zona en dirección Norte-Sur y que se dirige del Centro de Instrumentos hacia la Unidad de Bibliotecas. Sin embargo, parece que su construcción no produjo mucha alteración puesto que la vegetación a los lados de éste se encuentra sin muchos cambios.

ZONA IV.

Localización. El mismo límite artificial al extremo oriente de la Zona III, constituye el límite occidental de ésta; al S se encuentra el Espacio Escultórico y parte del Circuito que rodea al Centro Cultural, al N el circuito que une a la Facultad de Ciencias con la Avenida Insurgentes. Al E lo limita una línea imaginaria que se dirige del Espacio Escultórico hacia la esquina oriental de la Facultad de Ciencias. Esta última línea está representada en parte por el inicio de la construcción de un futuro circuito universitario que cruzará esta zona y la zona III en dirección E - W.

Topografía general. La topografía de esta zona es quizá la más compleja e interesante de todas las zonas reconocidas para el Pedregal de San Angel. Presenta cambios de altura muy grandes con altos promontorios, hondonadas, hoyos muy grandes y bien delimitados, planos de rocas, etc. Algunos microambientes como las laderas de roca suelta solamente han sido observados en esta parte.

Flora y vegetación. Esta es la zona donde se han encontrado mayor número de especies y mayor diversidad, pues no hay clara dominancia fisonómica de algunas, sino que todas son abundantes y bien representadas. Se pueden encontrar aquí agrupaciones del tipo de los matorrales de las más diversas especies como *Wigandia* spp., *Bursera cuneata*, etc. De las especies arbóreas importantes, solamente *Dodonaea viscosa* es poco abundante. Son comunes aquí las partes cubiertas casi totalmente por *Echeveria gibbiflora*, mientras que en el resto de las zonas siempre se encuentra esta especie en forma de individuos aislados. Un hecho sobresaliente es que solamente en esta zona se han colectado y observado individuos de *Mammillaria sanangelensis*, especie endémica del Pedregal y cuya supervivencia depende de la conservación de aquél.

Factores de perturbación. El factor de perturbación más importante en esta zona fue la construcción del Espacio Escultórico así como su presencia actual. En los alrededores de éste se destruyó gran parte de la vegetación y además es un vía de acceso fácil para mucha gente hacia el Pedregal, por lo que hay algo de basura aquí tirada. Además existe una vereda que atraviesa el área desde el Espacio Escultórico hasta la parte en construcción del nuevo circuito. Esta parte del camino que se ha construido ha facilitado la entrada de muchas especies secundarias y constituye otro factor de perturbación muy importante.

ZONA V.

Localización. Comprende todas las partes de vegetación original situadas al E de la anterior. Limita al N con un circuito universitario, al E con las construcciones del Metro que se están realizando, al S con los nuevos edificios que se han edificado, como el del CONACYT.

Topografía general. Se reconocen dos subáreas diferenciadas en esta zona: una más alta y de topografía más irregular, que comprende las partes S y W de esta zona, y otra muy plana, baja y regular, que está en la parte N y E. En la parte alta hay algunos hoyos, grietas y promontorios pero en la parte baja el terreno es plano con algunas ondulaciones que forman hondonadas poco profundas.

Flora y vegetación. La flora comprende muchas de las especies encontradas en otras partes, con excepciones muy importantes como *Bursera cuneata Bursera fagaroides, Echeveria gibbiflora*.

Sin embargo, la diversidad es relativamente baja ya que la mayoría de las especies están representadas por muy pocos individuos, mientras que algunas gramíneas dominan

claramente dándole un aspecto de grandes pastizales a la zona. Las agrupaciones arbóreas o arbustivas son más bien escasas, y las plantas de este tipo generalmente se encuentran aisladas. En la parte más alta los pastizales no son dominantes, pero siguen siendo muy abundantes. Los microambientes nombrados como hoyo y grieta casi no existen.

Factores de perturbación. Los factores de perturbación más importantes de esta zona son los circuitos viales de la Universidad y las obras de construcción del Metro y edificios que se están realizando en sus orillas. Sin embargo, también se ha observado en esta zona a mucha gente que viene seguramente de las colonias vecinas a cortar plantas para distintos usos, por ejemplo tallos de nopales (*Opuntia* spp.) o troncos de *Bursera* o de *Buddleia* como madera

OBJETIVOS, LOCALIZACION Y SUPERFICIE PROPUESTOS PARA LA RESERVA BIOLOGICA.

La reserva propuesta debe cumplir con las siguientes funciones:

I - Conservar lo que resta de las comunidades vegetales y animales (estructura, composición y alta diversidad).

2 - Constituir un área donde se puedan llevar a cabo investigaciones para profundizar sobre el conocimiento de la flora y fauna así como sobre la dinámica del sistema.

3 - La reserva deberá contemplar un área en donde se puedan llevar a cabo actividades docentes, que permitan la rápida integración de los conocimientos científicos generados a partir de ella.

4 - En México, es generalizada la falta de conciencia hacia el cuidado de nuestros recursos naturales, por lo que una reserva dentro de la Ciudad de México deberá actuar como un centro efectivo de divulgación.

El establecimiento de una reserva en el Pedregal de San Angel, aunado al Parque Nacional del Ajusco y a los Bosques de Tlalpan, permitiría conservar un buen ejemplo de tres tipos de comunidades desarrolladas a partir de un derrame de lava y que debido a las diferentes condiciones de humedad sufrieron un proceso sucesional que las llevó, en el momento actual, a constituir comunidades diferentes.

Además, evitaría que la superficie de áreas verdes, tan indispensables en la Ciudad de México, continúe disminuyendo.

Con respecto al tamaño, Buchinger (1962) considera que las plantas y los animales necesitan para su mantenimiento de cierto espacio vital; además, el área debe ser suficientemente grande como para conservar todos los rasgos naturales. Es decir, existe un tamaño mínimo de la reserva, lo cual está en función de su medio ambiente (Verschuren, 1962).

En la reserva deben estar representadas las asociaciones biológicas características del área. Para ello es necesario conservar la diversidad de los tipos de hábitat. Asimismo, es necesario conservar un cierto número de individuos por especie y cierta variedad de especies. Para mantener la máxima variedad de material genético es necesario conservar no sólo unos cuantos individuos en un solo lugar. Cuando una especie tiene, por ejemplo, un amplio rango geográfico, o ecológico, generalmente hay una considerable variación genética dentro de la especie, siendo algunos individuos más tolerantes al frío, otros más tolerantes a ciertas plagas, etc (Helliwell, 1976).

Otra base teórica para el cálculo de reservas naturales es la Teoría de Biogeografía de Islas.

A grandes rasgos, esta teoría considera que las islas pueden ser reales, rodeadas por el océano, o virtuales, como cimas de montañas (donde para muchas especies las tierras bajas circundantes representan una barrera distribucional), o bien, lagos o trechos de vegetación natural rodeados por tierra abierta (Diamond y May, 1976). Es claro que el Pedregal funciona como una isla virtual. A la vez, dicha teoría determina la existencia de una relación de la cantidad de especies de la isla y el área que ésta posee, así como de la

cercanía a la fuente de especies. Establece que existe un valor de equilibrio, el cual es visto como un balance entre la inmigración y la extinción de especies. Para el diseño de reservas, ésta sugiere que es preferible una de gran tamaño, ya que una reserva grande puede alojar más especies en equilibrio y tendrá bajas tasas de extinción.

Por otra parte, menciona que su forma debe ser lo más cercana a la circular, de tal suerte que maximice la superficie con respecto al perímetro, reduciendo de esta manera un poco los efectos peninsulares, como sería la influencia proveniente del exterior y la baja probabilidad que tienen las poblaciones de tener interacciones.

Tomando como base lo anterior, se ha podido determinar de qué manera ha disminuido el número de especies en la comunidad de *Senecio praecox*, conforme ésta ha empequeñecido. En la siguiente tabla se muestran estos resultados. Nótese que el número real de especies es mayor que lo esperado para este momento, lo que indica que probablemente no se ha llegado a un equilibrio estable y posiblemente algunas poblaciones vegetales desaparecerán en el futuro.

Tomando como base lo anterior y las necesidades de crecimiento de la Universidad, adoptamos el criterio de que el tamaño de la reserva deberá ser mínimamente de 1.69 km^2, ya que el área planeada por la Universidad, que es de 0.87 Km^2, resulta demasiado pequeña y promoverá aún mas la desaparición de poblaciones vegetales de la zona.

La última cuestión a tratar es la referente a la ubicación precisa de la reserva, y para ello se ha considerado el análisis de las diferentes zonas presentado en el capítulo anterior.

Las zonas I y II, que son las que se encuentran al W de la Avenida Insurgentes, constituyen un área interesante cuya conservación resulta recomendable pues, como ya se ha mencionado, presenta una topografía más o menos variada donde muchas de las especies están presentes.

Por otra parte, estas zonas son muy importantes porque se encuentran situadas en las mayores altitudes de la parte baja del Pedregal, y por lo tanto presentan cierta afinidad con los bosques de encinos que se establecen en las partes más altas.

Tabla 1. Número de especies vegetales esperado y real en la comunidad de *Senecio praecox*, de acuerdo a la disminución del área en el tiempo. S = número de especies.

AÑO	FUENTE	AREA	S ESTIMADO	S REAL
Antes de 1954	Diversos autores	40.45 km^2	Al menos 400	Al menos 400
1954	Rzedowski	36.5 km^2	Más de 318	318
1981 (FEB)	Este trabajo	3.07 km^2	Aproximadamente 160	Aproximadamente 250
°.°	Reserva propuesta	1.69 km^2 (al menos)	Aproximadamente 145	?

Las zonas III y IV presentan una gran importancia, y ésta radica en la gran cantidad de microambientes diferentes por lo que han permitido el establecimiento de una flora extremadamente rica. Además, es éste el sitio donde se han registrado las especies importantes endémicas del Pedregal y las raras en el Valle de México, mientras que en el resto del área están pobremente representadas o no se encuentran. Por todas estas razones, la protección de las zonas III y IV no sólo es conveniente y recomendable, sino casi se puede decir que obligatoria.

Por último, el análisis de las características de la zona V, incluyendo el mapa del estado de la vegetación en estas partes, conduce a pensar que no es tan importante su conservación total o parcial.

Ya se ha mencionado que en los proyectos de urbanización que tienen las autoridades de la Dirección de Obras de la UNAM está contemplada un área de vegetación natural que no será alterada, la cual se muestra en la Fig. 2. Esta zona coincide en algunas partes con las áreas cuya protección consideramos necesaria; sin embargo, ya se dijo que presenta un tamaño demasiado pequeño y por otra parte, viéndolo desde el punto de vista de su localización, su parte más ancha se encuentra en la zona V, cuya topografía es sumamente homogénea y por tanto la diversidad de especies es baja. Abarca tan sólo una pequeña porción de las zonas III y IV y su ubicación hacia el W de Insurgentes concuerda con un camino que la dividiría por la mitad y en el que además se localiza un gran basurero. Además, su forma alargada y angosta tendría como consecuencia que los efectos peninsulares y la influencia contaminante del exterior fuera muy fuerte.

Ciertamente lo más adecuado sería que la reserva ocupase la totalidad de los terrenos aún no construidos dentro de la Universidad, aunque se está consciente de que el crecimiento de la misma ha originado la necesidad urgente de nuevas instalaciones. Sin embargo, es necesario que las autoridades y todos los miembros de la Universidad comprendan la importancia que tiene la comunidad natural que existe en sus propios terrenos para decidir su futuro de una manera responsable y racional.

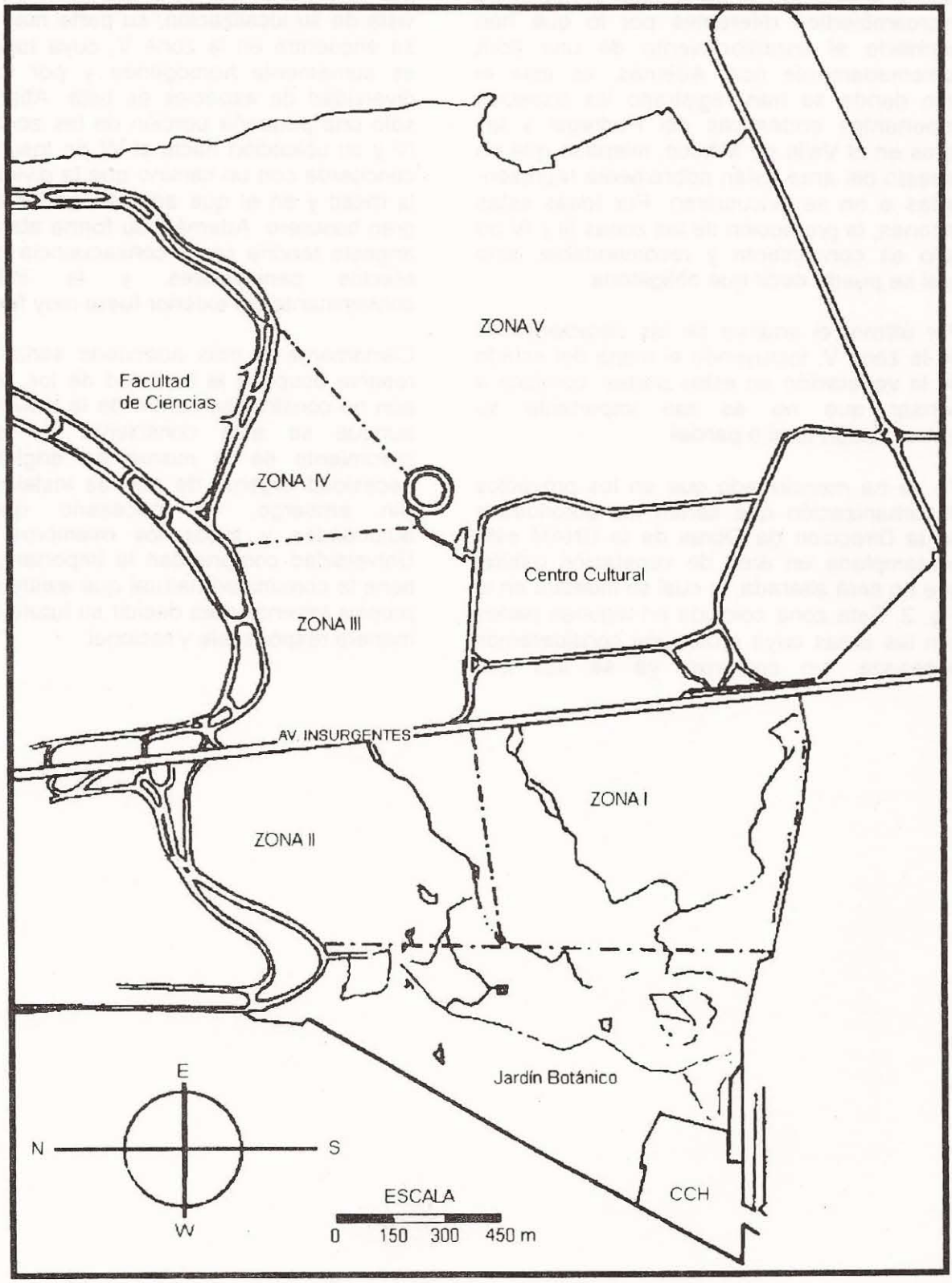


Figura 1. Localización de las cinco zonas diferenciadas en el Pedregal de San Angel

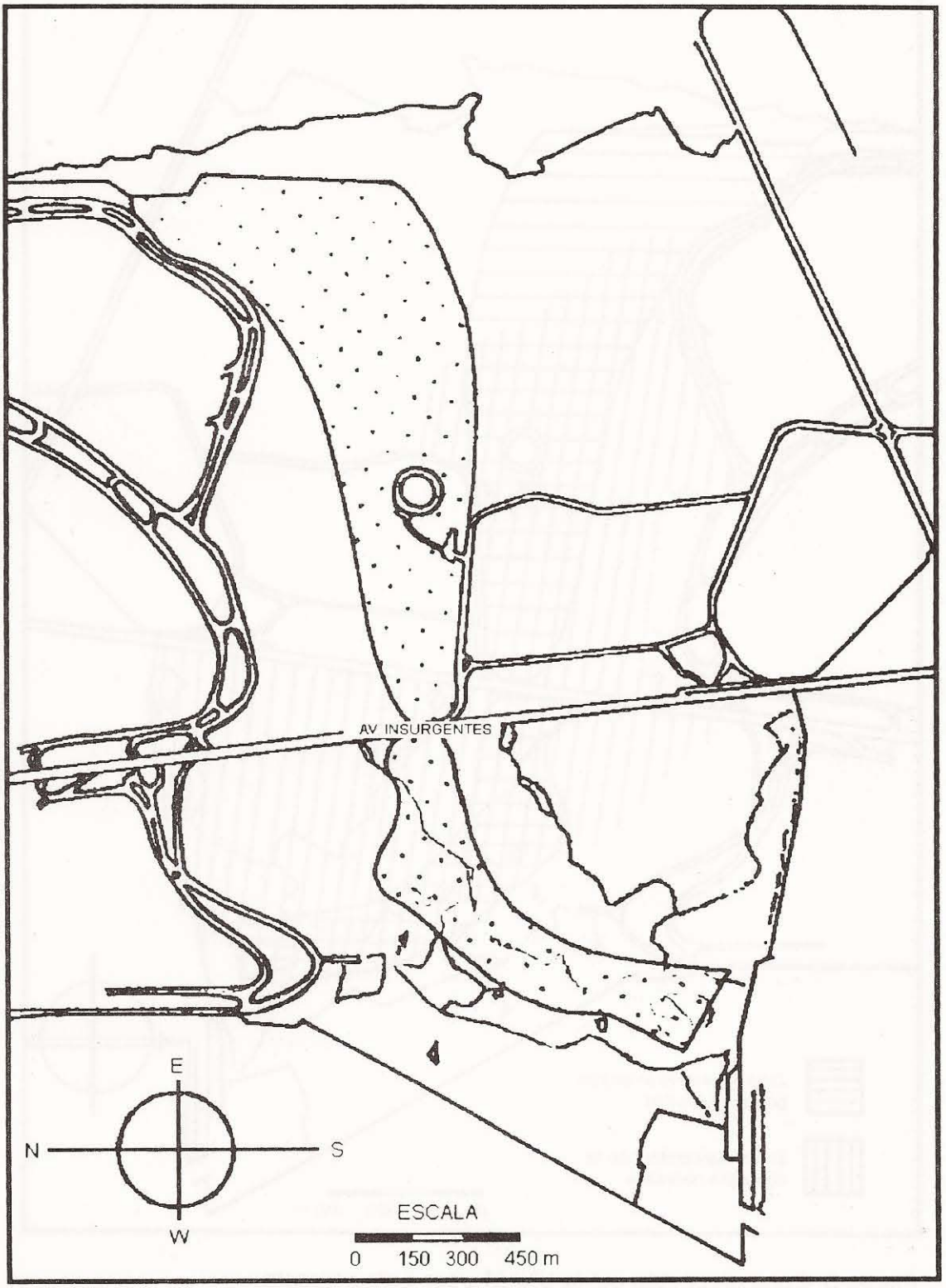


Figura 2. Zona de reserva propuesta actualmente por la Universidad

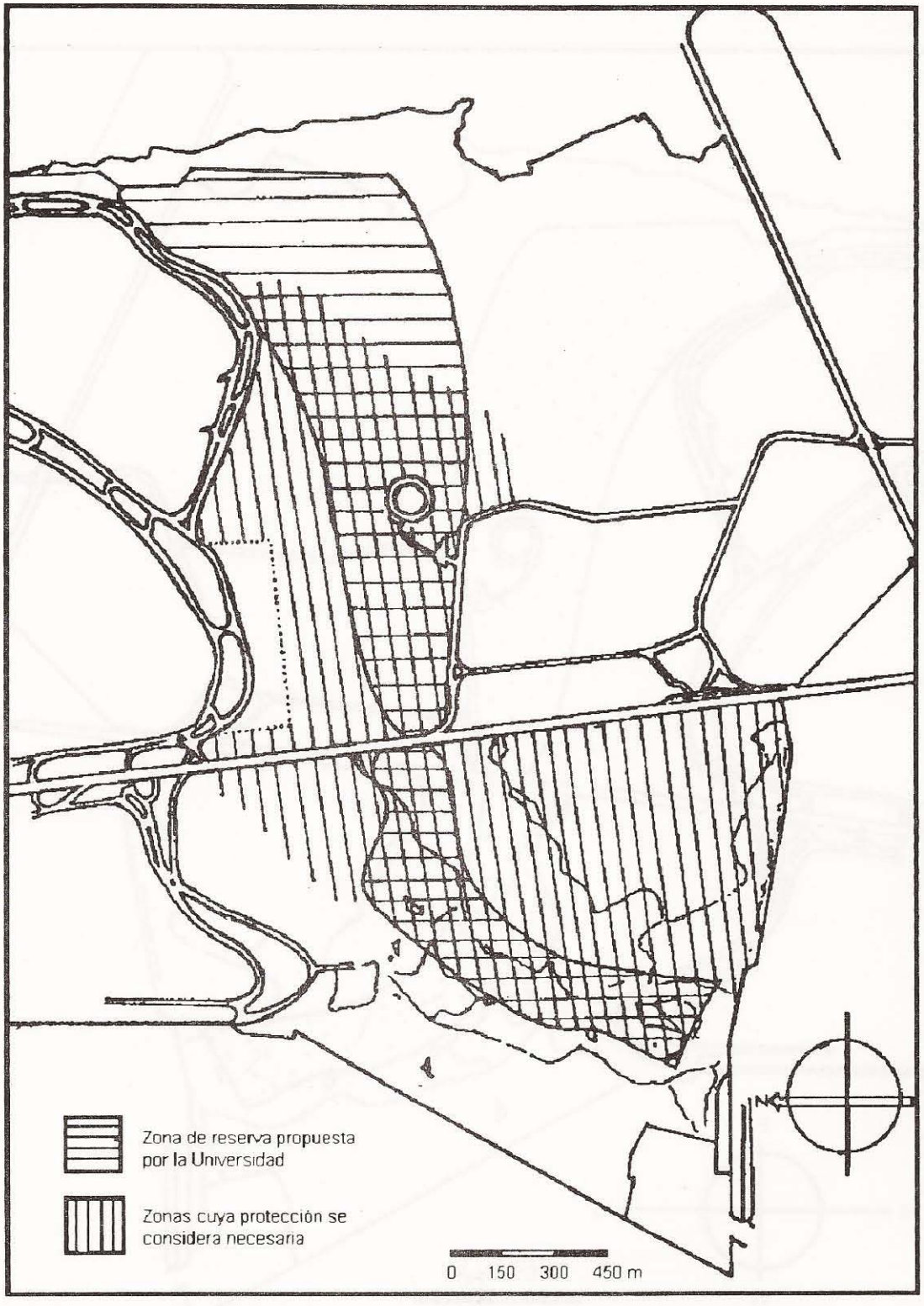


Figura 3. Zona propuesta por la UNAM y por este proyecto.

APENDICES

A continuación se presenta la información referente a los registros de especies, tanto de animales como de vegetales, que han sido encontrados por diferentes autores y en distintas épocas en la comunidad de *Senecio praecox*.

Debe aclararse que es muy probable que las listas publicadas, que son las fuentes que se han usado como referencia, no hayan estado completas por diferentes causas y que existan especies que no estén en ellas.

También es cierto que muchas poblaciones han decrecido enormemente o han desaparecido por la reducción del área del Pedregal.

Por lo tanto, estas listas deben usarse con cautela por que sólo pretenden ser un reflejo de la riqueza biológica del Pedregal de San Angel.

APENDICE I: LISTA FLORISTICA DEL PEDREGAL DE SAN ANGEL.

En esta lista se enumeran por orden filogenético de familias y alfabético de géneros y especies, las plantas presentes en las cuatro zonas reconocidas para la comunidad dominada fisonómicamente por *Senecio praecox* (Diego, 1970 , Rzedowski, l954, Alvarez et al. en preparación).

SELAGINELLACEAE
Selaginella lepidophyla Spring.
Selaginella rupestris Spring.

PSILOTACEAE
Psilotum tricuetrum Sw.

OPHIOGLOSSACEAE
Ophioglossum engelmani Prantl.

POLYPODIACEAE
Adiantum concinnum H. B. K.
Asplenium praemorsum Sw.
Asplenium resiliens Kunze.
Blechnum glandulosum Link
Bommeria pedata Fourn.
Cheilanthes angustifolia H. B. K.
Cheilanthes kaulfusii Kunze.
Cheilanthes lendigera Sw.
Cheilanthes myriophylla Desv.
Cystopteris fragilis Bernh.
Dryopteris athyroides Kuntze
Notholaena bonariensis C. Chr.
Pellaea cordata J. Sm.
Polypodium aureum J. Sm.
Polypodium thyssanolepis A. Br.

MARSILIACEAE
Marsilia mexicana A. Br.

GRAMINEAE
Aegopogon cenchroides H. et B.
Aegopogon tenellus Trin.
Agrostis semiverticillata C. Chr.
Andropogon barbinodis Lag.
Androgopon hirtiflorus var. *feensis* Hack.
Aristida apressa Vasey
Aristida divaricata H. et B.
Alistida laxa Cav.
Aristida schiedeana Trin. et Rupr.
Bouteloua curtipendula Torr.
Bouteloua gracilis Lag.
Bouteloua simplex Lag.
Bromus anomalus Rupr.
Chaetium bromoides Benth.
Cenchrus sp.
Chloris elegans H. B. K.
Cynodon dactylon Pers.
Eragrostis intermedia Hitchc.
Eragrostis mexicana Link
Eragrostis diffusa Buckl.
Eleusine indica Gaertn.
Leptochloa dubia Nees
Lycurus phalaroides H. B. K.
Lycurus phleoides H. B. K.
Microchloa kuntii Desv.
Muhlenbergia ciliata Kunth
Muhlenbergia distans Swallen
Muhlenbergia implicata Kunth
Muhlenbergia monticola Buckl.
Muhlenbergia pusilla Steud.
Muhlenbergia rigida Kunth
Muhlenbergia robusta Hitchc.
Muhlenbergia utilis Hitchc.
Muhlenbergia virletti Soderstrom
Panicum bulbosum H. B. K.
Panicum lipidulum Hitchc. et Chase
Panicum plenum Hitch. et Chase
Paspalum tenellum Willd.
Pennisetum sp.
Poa annua L.

Poa pratensis L.
Rhynchelytrum roseum Stapf.
Setaria geniculata Beauv.
Setaria griesebachii Fourn.
Sporobolus atrovirens Kunth
Sporobolus poiretti Hitchc.
Stipa mucronata H. B. K.
Stipa virescens H. B. K.
Trachypogon montufari Nees
Tripogon spicatus Ekman
Tripsacum lanceolatum Rupr.

CYPERACEAE
Bulbostylis capillaris Clarke
Cyperus aristatus Rottb.
Cyperus cayennensis Britt.
Cyperus esculentus L.
Cyperus hermaphroditus Standl.
Cyperus seslerioides H. B. K.
Cyperus spectabilis Schreb.
Eleocharis dombeyana Kunth
Eleocharis nervata Svenson
Kyllinga pumilla Mchx.

BROMELIACEAE
Tillandsia juncea R. et P.
Tillandsia recurvata L.

COMMELINACEAE
Callisia insignis Clarke
Callisia repens L.
Commelina coelestis var. *bourgeaui* Clarke
Commelina dianthifolia DC.
Commelina diffusa Burm.
Commelina pallida Willd.
Commelina tuberosa L.
Tinantia erecta Schl.
Tradescantia crassifolia Cav.
Tripogandra disgrega Woods.

LILIACEAE
Allium glandulosum Link et Otto.
Allium scaposum Benth.
Aloe vera L.
Anthericum nanum Baker
Calochortus barbatus Painter
Echeandia reflexa Rose
Milla biflora Cav.
Nothoscordum bivalve Britt.

AMARYLLIDACEAE
Agave brachystachys Cav.
Agave bourgaei Trel.
Agave ferox C. Koch
Bomarea acutifolia Herb.
Bravoa geminiflora Llav.
Hypoxis decumbens L.
Manfreda brachystachys (Cav.) Rose
Manfreda pringlei Rose
Zephyrantes sessilis Herb.

DIOSCOREACEAE
Dioscorea galeottiana Kunth

IRIDACEAE
Nemastylis tenuis Baker.
Sisyrinchium bracteatum Greenm.

ORCHIDACEAE
Bletia reflexa Lindl.
Bletia urbana Dressler
Habenaria clypeata Lindl.
Habenaria entomantha Lindl.
Malaxis carnosa C. Schweinf.
Spiranthes cinnabarina Hemsl.
Spiranthes llaveana var. *violacea* Ames et Corr.
Spiranthes polyantha Reichb.
Spiranthes pyramidalis Lindl.
Spiranthes schaffneri Reichb.

PIPERACEAE
Peperomia galioides H. B. K.
Peperomia hispidula Gray
Peperomia umbilicata R. et P.

URTICACEAE
Parietaria pennsilvanica L.

ARISTOLOCHIACEAE
Aristolochia subclausa Wats.

POLYGONACEAE
Polygonum aviculare L.
Polygonum hidropiperoides Michx.
Polygonum punctatum Ell.
Rumex mexicanus Meisn.

CHENOPODIACEAE
Chenopodium graveolens Lag.
Chenopodium ambrosioides L.
Chenopodium album L.

AMARANTACEAE
Alternantera repens (L.) Kuntze
Alternantera achyrantha R. Br.
Amaranthus hibridus L.
Brayolinea densa (Willd.) Small.

Froelichia interrupta (L.) Moq.
Gomphrena decumbens Jacq.
Guilleminia densa Moq.
Iresine cassiniaeformis Schauer
Iresine celosia L.
Iresine grandis Standl.

NYCTAGINACEAE
Boerhaavia caribea Jacq.
Mirabilis jalapa L.

PHYTOLACCACEAE
Phytolacca icosandra L.

PORTULACACEAE
Portulaca mexicana P. Wilson
Talinum lineare H. B. K.
Talinum napiforme DC.
Talinum paniculatum Gaertn.

CARYOPHYLLACEAE
Alsine moehringioides Rohrb.
Arenaria bourgaei Hemsl.
Arenaria lanuginosa Rohrb.
Cerastium brachypodum Rob.
Corrigiola andina Tr. et Pl.
Drymaria cordata Willd.
Drymaria gracilis Cham. et Schl.
Spergula arvensis L.

RANUNCULACEAE
Clematis dioica L.
Ranunculus dichotomus Moc. et Sessé.
Thalictrum hernandezii Tausch.

PAPAVERACEAE
Argemone ochroleuca Sweet.
Argemone platyceras Link et Otto.

CAPPARIDACEAE
Cleome uniglandulosa Cav.

CRUCIFERAE
Brassica campestris L.
Eruca sativa Lam
Lepidium lasiocarpum Nutt.
Lepidium virginicum L.
Nasturtium mexicanum Moc. et Sessé.

RESEDACEAE
Reseda luteola L.

CRASSULACEAE
Echeveria gibbiflora DC.
Echeveria platyphylla Rose
Sedum oxypetalum H. B. K.
Villadia batessi Rose
Villadia parviflora Rose

ROSACEAE
Rosa montezumae Red.
Rubus cymosus Rydb.
Rubus schiedeanus Stend.

LEGUMINOSAE
Calliandra grandiflora Benth.
Canavalia villosa Benth.
Cassia laevigata Willd.
Cassia tomentosa L.
Cologania biloba Nich.
Cologania grandiflora Rose
Cologania intermedia H. B. K.
Crotalaria pumila Ort.
Dalea citriodora Willd.
Dalea inconspicua S. Schauer
Desmodium callilepis Hemsl.
Desmodium macropodium Hemsl.
Desmodium neomexicanum Gray
Eysenhardtia polystachya Sarg.
Medicago lenticulata Willd.
Melilotus indicus (L.) All.
Mimosa biuncifera Benth.
Minkelersia galactoides Mart. et Gal.
Minkelersia multiflora Rose
Phaseolus anisotrichus Schl.
Phaseolus heterophyllus willd.
Trifolium amabile H. B. K.
Zornia diphyla Pers.

OXALIDACEAE
Oxalis albicans H. B. K.
Oxalis corniculata L.
Oxalis hayi Kunth
Oxalis latifolia H. B. K.
Oxalis painteri Kunth
Oxalis tetraphylla Cav.

GERANIACEAE
Erodium cicutarium L'Herit.
Geranium aristisepalum Moore
Geranium seemannii Peyr.

LINACEAE
Linum mexicanum H. B. K.

BURSERACEAE
Bursera cuneata (Schl.) Engl.
Bursera fagaroides Engl.

MALPIGHIACEAE
Gaudichaudia mucronata Juss.

POLYGALACEAE
Polygala subalata Wats.

EUPHORBIACEAE
Acalypha heredacea Torr.
Acalypha lindheimeri Muell-Arg.
Croton reflexifolius H. B. K.
Euphorbia adenoptera Bertol.
Euphorbia biformis Wats.
Euphorbia dentata Michx.
Euphorbia graminea Jacq.
Euphorbia mendezii Boiss.
Euphorbia preslii Guss.
Euphorbia campestris Cham. et Schl.
Euphorbia prostrata Ait
Euphorbia subreniforme Wats.

ANACARDIACEAE
Schinus molle L.

SAPINDACEAE
Cardiospermum halicacabum L.
Dodonaea viscosa Jacq.

VITACEAE
Cissus sicyoides L.

MALVACEAE
Anoda hastata Cav.
Anoda incarnata H. B. K.
Malvastrum lacteum Standl.
Malvastrum ribifolium Hemsl.
Malvaviscus arboreus Cav.
Modiola multifida Moench.
Sida glabra Mill.
Sida rhombifolia L.
Sphaeralcea angustifolia St. Hil.

GUTTIFERAE
Hypericum schaffneri Wats.

PASSIFLORACEAE
Passiflora subpeltata ort.

LOASACEAE
Mentzelia hispida Willd.

BEGONIACEAE
Begonia gracilis H. B. K.

CACTACEAE
Mammillaria elegans DC.
Mammillaria magnimamma Haworth
Opuntia lasiacantha Pfeiff.
Opuntia tomentosa Salm-Dyck.
Opuntia tunicata Link et Otto
Opuntia rzedowski

LYTHRACEAE
Cuphea aequipetala Cav.
Cuphea wrightii Gray

ONAGRACEAE
Fuchsia minimiflora Hemsl.
Gaura coccinea Nutt.
Lopezia racemosa Cav.
Oenothera rosea Ait.

UMBELLIFERAE
Arracacia tolucensis var. *multifida* Math. et Const.
Eryngium comosum Delar.
Hidrocotyle verticillata Thumb.

PRIMULACEAE
Anagallis arvensis L.

PLUMBAGINACEAE
Plumbago pulchella Boiss.

OLEACEAE
Fraxinus udhei (Wenz) Ling.

LOGANIACEAE
Buddleia cordata H. B. K.
Buddleia microphyla H. B. K.
Buddleia sessiliflora H. B. K.
Buddleia lanceolata Benth.

GENTIANACEAE
Erythraea chironioides Gray
Erythraea quitensis H. B. K.

APOCYNACEAE
Mandevilla foliosa Hemsl.

ASCLEPIDACEAE
Asclepias lanuginosa H. B. K.
Asclepias linaria Cav.
Asclepias mexicana Cav.
Asclepias ovata Mart. et G al.
Cynanchum kunthii Standl.

CONVOLVULACEAE
Cuscuta corymbosa R. et P.
Cuscuta potosina Schaffn.
Dichondra argentea Willd.
Evolvulus alsinoides L.
Ipomoea decasperma Hallier
Ipomoea hirsutula Jacq.
Ipomoea longipedunculata Hemsl.
Ipomoea muricata Cav.
Ipomoea muricatisepala Matuda
Ipomoea purpurea Roth
Ipomoea stans Cav.
Ipomoea tyrianthina Lindley
Quamoclit coccinea Moench.

POLEMONIACEAE
Loeselia coerulea Don.
Loeselia glandulosa Don.
Loeselia mexicana Brand.

HYDROPHYLLACEAE
Wigandia caracasana H. B. K.
Wigandia kunthii Choisy

BORAGINACEAE
Lithospermum pringlei Johnst.

VERBENACEAE
Bouchea prismatica var. *brevirostra* Grenz.
Priva grandiflora Moldenke
Priva mexicana Pers.
Priva rhinanthifolia Rob.
Verbena carolina L.
Verbena gracilis Desf.
Verbena menthaefolia Benth.

LABIATAE
Salvia amarissima Ort.
Salvia lavanduloides H. B. K.
Salvia elegans Vahl.
Salvia mexicana L.
Salvia riparia H. B. K.
Salvia tiliafolia Vahl.
Stachys agraria Cham. et Schl.

SOLANACEAE
Datura stramonium L.
Nicotiana glauca Graham
Nierembergia angustifolia H. B. K.
Physalis puberula Fern.
Physalis aequata Jacq.
Physalis foetens Fern.
Solanum bulbocastanum Dun.
Solanum cervantesii Lag.
Solanum nigrum L.
Solanum rostratum Dun.

SCROPHULARIACEAE
Buchnera elongata Sw.
Buchnera purilda H. B. K.
Castilleja gracilis Benth.
Lamourouxia rhinanthifolia H. B. K.
Lamourouxia tenuifolia Mart. et Gal.
Maurandya antirrhiniflora H. et B.
Penstemon campanulatus Willd.
Veronica peregrina L.

BIGNONIACEAE
Tecoma stans H. B. K.

ACANTHACEAE
Dicliptera peduncularis Nees.
Justicia furcata Jacq.
Pseuderanthemum praecox Benth.
Ruellia bourgaei Hemsl.
Ruellia speciosa Lindau

PLANTAGINACEAE
Plantago major L.

RUBTACEAE
Bouvardia ternifolia Schl.
Crusea allococca Gray
Crusea brachyphylla Cham. et Schl.
Crusea subulata Gray.
Galium mexicanum H. B. K.
Galium uncinulatum DC.
Spermacoce ocymoides Burm.
Spermacoce verticillata L.

VALERIANACEAE
Valeriana densiflora var. *densiflora* Benth.
Valeriana sorbifolia var. *sorbifolia* H. B. K.
Valeriana tolucana DC.

CUCURBITACEAE
Cyclanthera pringlei Rob. et Seat.
Sicyos laciniata L.
Sicyos parvifolia Willd.

CAMPANULACEAE
Lobelia berlandieri A.DC.
Lobelia fenestralis Cav.
Lobelia gruina Cav.

COMPOSITAE
Ageratum corymbosum Zucc.
Ambrosia psilostachya DC.

Artemisia mexicana Willd.
Aster exilis Ell.
Baccharis conferta H. B. K.
Baccharis glutinosa Pers.
Baccharis ramulosa Gray.
Bidens Pilosa L.
Brickellia veronicaefolia Gray.
Carminatia tenuiflora DC.
Conyza coronopifolia H. B. K.
Dahlia coccinea Cav.
Dysodia chrisanthemoides Lag.
Erigeron ervendbergii Gray.
Erigeron maximus Otto
Erigeron scaposus DC.
Eupatorium petiolare Moc.
Florestina pedata Cass.
Galinsoga hispida Benth.
Galinsoga parviflora Cav.
Gnaphalium brachypterum DC.
Heterospermum pinnatum Cav.
Lagascea rigida (Cav.) Stuessy
Melampodium arvense Rob.
Melampodium longifolium Cerv.
Melampodium perfoliatum H. B. K.
Montanoa tomentosa Cerv.
Parthenium hysterophorus L.
Pectis prostrata Cav.
Pectis schaffneri Sch. Bip.
Pinaropappus roseus Less.
Piqueria trinervia Cav.
Sabazia humilis Cass.
Sanvitalia procumbens Lam.
Schkuhria virgata DC.
Senecio cardiophyllus Hemsl.
Senecio praecox DC.
Senecio roldana DC.
Senecio salignus DC.
Spilanthes americana Hieron.
Senecio beccabunga DC.
Stevia micrantha Lag.
Stevia nepetaefolia H. B. K.
Stevia origanoides H. B. K.
Stevia rhombifolia H. B. K.
Stevia salicifolia Cav.
Stevia viscida H. B. K.
Tagetes lucida H. B. K.
Tagetes micrantha cav.
Tagetes tenuifolia Cav.
Taraxacum officinale L.
Tithonia tubaeformis Cass.
Tridax coronopifolia Hemsl.
Trixis longifolia Don.
Verbesina virgata Cav.
Viguiera buddleiaeformis Benth. et Hook.
Viguiera excelsa Benth. et Hook.
Zinnia multiflora L.

APENDICE II: LISTAS FAUNISTICAS DEL PEDREGAL DE SAN ANGEL

Lista de aves en la comunidad de Senecio praecox. (Ramos, 1974); en esta lista se enumeran las familias y las especies de los grupos que se encuentran en la zona.

CLASE AVES

FALCONIDAE
Falco sparverius L.

COLUMBIDAE
Scardafella inca Lesson

TROCHILIDAE
Calothorax lucifer S.
Selasphorus rufus Gmelin

PICIDAE
Dendrocopos scalaris Wagler

TYRANNIDAE
Pyrocephalus rubinus Bod.

HIRUNDINIDAE
Stelgidopteryx ruficollis V.
Hirundo rustica L.

PARIDAE
Psaltriparius minimus Townsend

TROGLODYTIDAE
Thyromanes bewickii A.
Troglodytes aedon Vielillot
Salpinctes absoletus Say
Catherpes mexicanus S.

MIMIDAE
Mimus polyglottos L.
Toxostoma curvirostre

TURDIDAE
Turdus migratorius L.
Turdus rufo-palliatus L.

SYLVIIDAE
Polioptila caerulea L.
Regulus calendula L.

BOMBYCILLIDAE
Bombycilla cedrorum V.

LANIIDAE
Lanius ludovicianus L.

VIREONIDAE
Vireo huttoni Cassin

PARULIDAE
Mniotilta varia L.
Vermivora celata Say
Vermivora ruficapilla Wil.
Dendroica coronata L.
Dendroica auduboni Townsend
Geothlypes nelsoni Richmond
Wilsonia pusilla Wilson

PLOCEIDAE
Passer domesticus L.

ICTERIDAE
Icterus galbula abeillei Lees

FRINGILLIDAE
Carpodacus mexicanus M.
Spinus psaltria Say
Pheucticus melanocephalis
Pipilo fuscus Swainson
Chondestes grammacus Say
Aymophila ruficeps Cassin
Spizella passerina Bech.
Melospiza lincolnii A.

Lista de los mamiferos silvestres del Pedregal de San Angel (Aranda, 1980; FAUNAM, I981; Hall y Kelson, 1957; Villa 1952).

CLASE MAMMALIA

MARSUPIALIA--DIPELPHIIDAE
Didelphis virginiana (Tlacuache)

INSECTIVORA--SORICIDAE
Sorex saussurei (Musaraña)

CHIROPTERA--PYLLOSTOMIDAE
Anoura geoffroyi (Murciélago)
Choeronycteris mexicana "
Leptonycteris nivalis "
Leptonycteris yerbabuenae "
Marmoops megalophylla megallophylla (Murciélago bigotudo)
Pteronotus parnelli mexicana (Murciélago)

VESPERTILIONIDAE
Lasiurus cinereus cinereus (Murciélago)
Nyotis lacifugus ocultus "
Myotis velifer velifer "
Plecotus mexicanus "

MELOSSIDAE
Eumops underwoodi sonorensis (Murciélago)
Tadarida brasiliensis mexicana "
Tadarida macrotis "

CARNIVORA--PROCYONIDAE
Bassariscus astutus (Cacomixtle)

MUSTELIDAE
Mephitis macroura macroura (Zorrillo listado)
Spilogale angustifrons (Zorrillo manchado)
Mustela frenata (Comadreja)

CANIDAE
Urocyon cineroargenteus nigrirostris (Zorra gris)

RODENTIA--SCIURIDAE
Spermophillus mexicanus mexicanus (Ardilla)
Spermophillus variegatus variegatus (Ardillón)

GEOMYDAE
Papogeomys merriami (Tuza)

CRICETIDAE
Baiomys taylori analogus (Tuza)
Microtus mexicanus mexicanus (Ratón meteorito)
Neotoma mexicana torquata (Rata de campo)
Peromyscus maniculatus lobecula (Ratón de campo)
Peromyscus truei gratus (Ratón)

Reithrodontomys fulvescens toltecus (Ratón dorado)
Reithrodontomys megalotis saturatus (orejudo)

MURIDAE
Mus musculus (Ratón)
Rattus rattus (Rata casera)

LAGOMORPHA--LEPORIDAE
Sylvilagus floridanus (Conejo castellano)
Sylvilagus orizabae

Lista de los anfibios de la comunidad de *Senecio praecox* (Sánchez, 1980).

Nota: La especie marcada con (+) tiene una distribución restringida a la comunidad biótica del Pedregal de San Angel.

CLASE AMPHIBIA

CAUDATA--PLETHODONTIDAE
Pseudoeurycea cephalica cephalica (Cope)

SALIENTIA--LEPTODACTYLIDAE
Tomodactylus angustidigitorum Taylor

HYLIDAE
Hyla arenicolor Cope (+)

Lista de reptiles de la comunidad de *Senecio praecox* (Sánchez 1980).

Nota: La especie marcada con (+) tiene una distribución restringida a la comunidad biótica del Pedregal de San Angel.

CLASE REPTILIA

SAURIA--IGUANIDAE
Phrynosoma orbiculare orbiculare (Linnaeus)
Sceloporus grammicus microlepidotus Wiegmann
Sceloporus torquatus torquatus Wiegmann

SERPENTES--COLUBRIDAE
Diadophis punctatus dugesi Villada
Pituophis deppei deppei (Dumeril)
Rhadinaea laureata (Gunther)
Salvadora bairdi Jan
Thamnophis dorsalis cyclides Cope (+)
Toluca lineata lineata Rennicot

CROTALIDAE
Crotalus molossus nigrescens Gloyd

Lista de las especies de Collembola (Insecta) en el Pedregal de San Angel (Palacios Vargas, 1981).

Nota: Las especies marcadas con (*) son nuevos registros para México, y las marcadas con (+) son nuevos registros para el D. F.

CLASE INSECTA

ONYCHIURIDAE
+ *Mesaphorura krausbaueri* Borner
*+ *Onychiurus armatus* (Tullbuerg)
*+ *Onychiurus* cf. *folsomi* Shaeffer

HYPOGASTRURIDAE
*+ *Xenylla* cf. *humicola* (Fabricius)

TOMOCERIDAE
Tomocerus flavescens (Tullberg)

ISOTOMIDAE
*+ *Folsomides americanus* Denis
*+ *Folsomides angularis* (Axelson)
Isotomurus sp.

ENTOMOBRYIDAE
*+ *Orchesella* sp.
Entomobrya sp.
*+ *Entomobrya* cf. *sinelloides* Christiansen
*+ *Pseudosinella* sp.
Seira sp.
+ *Janetschekbrya* sp.

KATIANNIDAE
*+ *Arrhopalites* sp.

SMINTHURIDAE
*+ *Sinthurinus elegans* (Fitch)
*+ *Sphyrotheca* sp.

COMENTARIO FINAL

Este proyecto de establecimiento de una zona de protección en los terrenos del Pedregal de San Angel dentro de Ciudad Universitaria tuvo un final afortunado.

El 30 de septiembre de 1983, el entonces Rector de la Universidad, Dr. Octavio Rivero Serrano, firmó un Acuerdo Universitario que declara como "zona ecológica inafectable" a un área que abarca un poco más de 124 ha, destinada a la protección de la Flora y la Fauna y para ser utilizada en actividades académicas y de investigación.

Esto puede considerarse como un logro importante, ya que muchas de las zonas naturales dignas de ser preservadas en nuestro país no corren con la misma suerte, aunque existan proyectos que justifiquen plenamente su protección.

Es claro que en el caso de la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria fue decisivo el interés y participación de todos los sectores de la Universidad, pero muy especialmente de los estudiantes y profesores de la Facultad de Ciencias, y de algunos funcionarios de la Dirección General de Obras que comprendieron este proyecto en toda su magnitud, en especial el Ing. Francisco Montellano.

Los límites definitivos y los terrenos finalmente comprendidos fueron resultado de una negociación en la que se tomaron en cuenta distintas necesidades e intereses de la misma Universidad. Fue necesario sacrificar algunas zonas propuestas en este proyecto para el desarrollo de instalaciones que se espera sean de beneficio para la comunidad universitaria en su conjunto.

Desafortunadamente, la situación de la Reserva Ecológica no es muy alentadora en este momento (julio de 1986). Todavía no ha sido posible construir una malla que la proteja efectivamente y que evite el saqueo de plantas de ornato que se sigue practicando. Se desconoce con precisión el efecto de esta actividad, pero podemos suponer que abate fuertemente las poblaciones de las especies involucradas. Así por ejemplo, sigue siendo extremadamente escasa la pequeña cactácea *Mammillaria sanangelensis*, la cual fue colectada masivamente hasta hace unos años con fines comerciales. Cabe recordar aquí que esta especie tiene una distribución restringida al Pedregal de San Angel, y que su desaparición de la zona implicaría su extinción.

Posiblemente una malla también disminuiría la frecuencia de los fuegos que se presentan durante la primavera, que en esta región es caliente y seca. No se sabe si su origen es natural o no; algunos parecen ser provocados intencionalmente. Aunque no se ha evaluado el efecto de los incendios, una apreciación subjetiva parece indicar que éste es grave. Sería deseable que en los futuros presupuestos de la Universidad se contemplara la construcción de esta malla, ya que de otra manera corremos el riesgo de permitir el deterioro avanzado de la Reserva y así perder lo que ya hemos ganado.

Los objetivos de la Reserva originalmente planteados, además de la protección de las comunidades de animales y plantas, son promover las actividades de investigación, docencia y difusión de la cultura (que por cierto, son las actividades esenciales de la Universidad). La práctica docente puede considerarse como la más frecuente en los terrenos de la Reserva; semestre tras semestre la visitan numerosos grupos de estudiantes principalmente de la Facultad de Ciencias de la carrera de Biología, pero también de otras Facultades, Escuelas y Colegios. Sin embargo, la investigación y la difusión han quedado totalmente rezagadas, ya que la primera se ve realizada apenas por algunos grupos inconexos y la segunda prácticamente no existe.

Ojalá que esta situación mejore en el futuro, de modo que el orgullo de tener una Reserva Ecológica para la protección de un sitio tan interesante como lo es el Pedregal de San Angel, se vea complementado con el uso adecuado que debemos dar a todas las zonas naturales protegidas en nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

Alvarez,S. J. et al. 1981. Análisis cuantitativo de la vegetación del Pedregal de San Angel (en preparación).

Aranda S, J. M. 1980 . Los mamíferos de la Sierra del Ajusco. Comisión Coordinadora para el desarrollo agropecuario del Distrito Federal. D. D. F. México, D. F. 146 p.

Badshah, M. A. y C. A. R. Bhadran. 1962. Propósitos, principios y reglamentos para los cuales se crean Parques Nacionales y Reservas. Misión de los mismos en conservación, enseñanza y administración de tierra. IMERNAR. México, D. F.: 23-24

Beltrán, E. 1973. Los Parques Nacionales y la semana de cinco días. IMERNAR. México, D. F.: 23-24.

--------- 1974. Parques Nacionales y Reservas Naturales en América Latina. IMERNAR. México, D. F.: 27-38.

Buchinger, M. 1962. Parques Nacionales y Reservas son indispensables para investigaciones científicas en condiciones naturales inalteradas. Primera Conferencia Mundial sobre Parques Nacionales, Ed. Alexander B. Adams. Seattle, Washington, USA. 8 pp.

Colección de Mamíferos, Instituto de Biología, U.N.A.M.

Davis, H. B. 1936. Life and work of Cyrus Guersney Pringle. University of Vermont, Burlington. (in Rzedowski, 1954).

Diamond, J. M. y R. M. May. 1976. Island biogeography and the design of natural reserves (in) May, M.R. (ed.) Theoretical Ecology. Principles and Applications. Blackwell Scientific Publications. London. 317 pp.

Diego P., N. 1970. Contribución a la Flora Silvestre de los Alrededores del Jardín Botánico de la UNAM. Tesis Profesional (Biología), Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, 186 pp.

FAUNAM, Facultad de Ciencias UNAM, Junio de 1981.

Gómez Pompa, A. 1966. El biólogo y la conservación. Mesas redondas sobre la contribución de diversas profesiones en la conservación de los recursos naturales renovables. IMERNAR. México, D. F.: 137-155.

González, A. y U.M. Sánchez. 1961. Los Parques Nacionales de México. IMERNAR, México, D.F.: 10-12, 95.

Hall, R. y Kelson. 1959. The Mammals of North America. The Ronald Press. Vol. 2: 841-972.

Helliwell, D.R. 1976. The extent and location of Nature Conservation Areas. Environmental Conservation. 3. (4): 255-258.

Knobel, R. 1962. Uso óptimo de Parques Nacionales y Reservas equivalentes. Primera Conferencia Mundial sobre Parques Nacionales. Ed. Alexander B. Adams. Seattle, Washington. USA: 10 pp.

Mac Arthur, R. H. 1972. Geographical Ecology: Patterns in the Distribution of Species. Harper & Row, New York, USA.
Melo, G. C. 1977. Desarrollo de los Parques Nacionales Mexicanos. Instituto de Geografía, UNAM. Serie varia. 1 (3): 66-71; 79-81.

Miller, R. I. 1978. Applying Island Biogeographic theory to an East African Reserve. Environmental Conservation. 5 (3): 191-195.

Mitastein Szuster, M. 1962. Estudio ecológico y edáfico en relación con el problema de reforestación de los Remedios, México, Méx. Tesis, Biología, UNAM, México, D. F.

Moore, N.W. y M.D. Hooper. 1975. On the numbrer of bird species in British woods. Biol. Conserv. 8: 239-250.

Naveh, Z. 1980. A model of multi-purpose ecosystem management for degraded Mediterranean uplands. Environmental Management, 2 (1): 31-37.

Nicholson, E.M. 1962. Los Parques y Reservas Nacionales son indispensables para la investigación bajo condiciones inalteradas de la Naturaleza. Primera Conferencia Mundial sobre Parques Nacionales. Ed. Alexander B. Adamas Seattle, Washington, USA: 4 p.

Palacios-Vargas, J. 1981. Note on Collembola of Pedregal de San Angel, México, D.F. Ent. News. Vol. 92(1): 42-44.

Polunin, N. y H. K. Eidovik. 1979. Ecological principles for the establishment and management of National Parks and equivalent Reserves. Environmental Conservation. 6 (1): 21-26.

Ramos O., M. 1974. Estudio ecológico de las aves del Pedregal de San Angel, Distrito Federal (México). Tesis Profesional (Biología), Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, 108 pp.

Rivera, A.J. 1975. Recreación y Parques Nacionales. Instituto de Geografía. UNAM, México, D.F.: 7 pp.

Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski. 1979. Flora Fanerogámica del Valle de México, Vol. 1, C.E.C.S.A., México, 403 pp.

Rzedowski, J., 1954. Vegetación del Pedregal de San Angel, (D.F. México). An. Esc. Cien. Biol. I.P.N. Mex. 8 (1-2): 59-129.

Sánchez Herrera, O. 1980. Herpetofauna of the Pedregal de San Angel, D.F., México. Bul. Maryland Herpetological Society. 16 (1): 9-18.

Talbot, L.M. 1962. The international role of parks in preserving endangered species. First World Conference on National Parks. Ed. Alexander B. Adams, Seattle, Washington, USA: 295-304.

Veschuren, J. 1962. Las reservas restringidas a la naturaleza son indispensables desde el punto de vista científico. Primera Conferencia Mundial Sobre Parques Nacionales. Ed. Alexander B. Adams, Seattle, Washington, USA: 8 pp.

Villa, R.B. 1952. Mamíferos Silvestres del Valle de México. An. Inst. Biol. UNAM. 23: 269-492.

Plan de manejo Reserva Ecológica El pedregal de San Angel

Ariel Rojo Curiel. 1993.

INTRODUCCION.

Presento aquí el plan de trabajo que elaboré en 1989 y comento los avances y problemas del mismo durante el periodo 1989-1993. En primer lugar presento una breve reseña de los acontecimientos de la Reserva Ecológica, desde 1983 hasta el día de hoy, su organigrama y sus funciones.

Dentro de los terrenos de la ciudad universitaria se encuentran varias hectáreas de un ecosistema natural no perturbado, una comunidad biológica única en el mundo, en la que su historia natural ha dado lugar a una comunidad con un alto numero de especies de flora y fauna. Es además, la última muestra de vegetación natural dentro de la cuenca de México, lo que la convierte, virtualmente, en el único refugio de muchas especies que antes ocupaban lo que es hoy ciudad. La biodiversidad es aun alta, no obstante lo reducido del área. Estas características la convierten en un sitio privilegiado para la investigación, docencia y conservación. Esta fue la propuesta que se hizo en 1983 por el comité Pro-defensa del Pedregal. Se logró que en septiembre de ese mismo año, el Rector Dr. Octavio Rivero Serrano decretara mediante acuerdo oficial la protección de 124.5 hectáreas. En 1990, el Rector Dr. José Sarukhán amplió la reserva a 146.9 hectáreas, mismas que constituyen la actual Reserva Ecológica El Pedregal de San Angel. (fig. 1) (anexo 1).

Desde septiembre de 1983, la Reserva Ecológica quedó a cargo de la Coordinación de la Investigación Científica, la cual debe procurar la puesta en práctica de los programas y fundamentos que dieron origen a la reserva. Para lo anterior se constituyó el Comité Ejecutivo de la Reserva Ecológica integrado por dos representantes de la Facultad de Ciencias (director y lab. de Ecología), dos representantes del Instituto de Biología (director y dpto. de Ecología) y por el Coordinador de la Investigación Científica; en 1988 se integró al Comité el Centro de Ecología, en 1990 el director del Jardín Botánico, y finalmente en 1992 el Programa Universitario del Medio Ambiente, PUMA.

En el carácter de Reserva Ecológica y universitaria, el comité debe procurar el cumplimiento de cuatro funciones básicas: Conservación, Investigación, Docencia y Difusión. En 1987 se elaboró un documento en el que se exponen los lineamientos generales, los reglamentos, y las condiciones mínimas que deben darse en el funcionamiento óptimo de la Reserva (anexo 2). La única adición que merece la pena hacer explicita es la función de la Reserva en términos de la Conservación como otra de las labores básicas de la misma. Este documento establece las metas a alcanzar, por lo mismo, el plan de trabajo esta inscrito en este contexto.

El plan de trabajo se inicia a partir del análisis de las condiciones, los problemas, y de las posibilidades que presenta la Reserva Ecológica. Para esto se presenta el plan de trabajo en forma seriada contemplando cada función de la Reserva, y las actividades a desarrollar y las realizadas.

ANALISIS Y ACTIVIDADES 1989-1993

1989. I: CONSERVACION.

El problema mas grave al que se enfrenta la Reserva, es el impacto que ha sufrido a consecuencia del desarrollo urbano, esto se traduce en reducción y fragmentación de la comunidad que representa la Reserva Ecológica. En tan solo treinta años (1950-1980) el

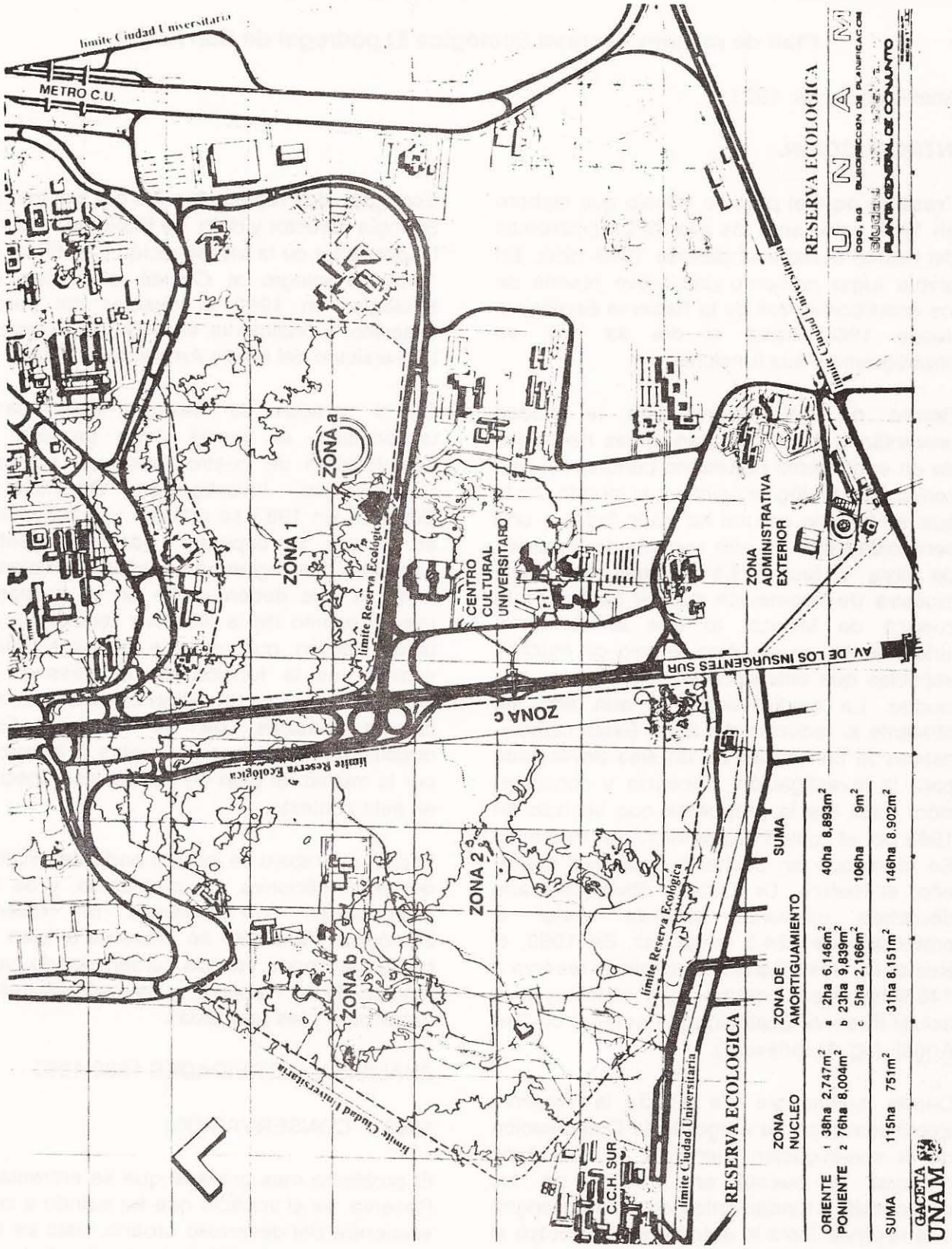


Fig. 1 Mapa de la Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Angel dentro de los terrenos de Ciudad Universitaria

pedregal de San Angel se ha visto disminuido en un 90%, y de 40 km^2 que ocupaba en 1954, actualmente sólo 1.46 km^2 se hallan protegidos, mismos que constituyen la Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Angel.

Entre otros efectos debidos al crecimiento urbano cabe destacar los siguientes:

1.- La desaparición de 150 especies de flora de las 400 reportadas por Rzedowski en 1955, y la introducción de 100 especies "ajenas" a la comunidad.(Valiente-Banuet & Luna, 1991). entre estas cabe destacar al eucalipto, especie sumamente agresiva que tiende a desplazar a la flora nativa. A la fecha se hallan en peligro de extinción del área doce especies, dos de ellas casi únicas, *Mamillaria sanangelensis* (cactácea) y *Bletia urbana* (orquídea), además existen cinco especies con poblaciones poco numerosas como la salamandra *Hyla arenicolor*, la serpiente *Thamnopsis dorsalis*, la víbora *Crotalus molossus* (cascabel), el cacomixtle *Bassaryscus astutus* y las dos especies de zorrillos. Han desaparecido algunas especies mayores como el lince, el coyote y el puma.

2.- La desaparición de especies se halla en relación con otro grave problema que es la falta de vigilancia, esto ha permitido la colecta de ejemplares destinados al comercio o al ornato, es el caso de las ya mencionadas *M. sanangelensis, B. urbana,* y el pasto *Muhllenbergia* sp. entre otras. Igualmente la falta de vigilancia ha permitido que en el interior de la Reserva Ecológica "moren" gentes que además de perturbar el ambiente natural, alteran los lotes experimentales, y en el peor de los casos, han llegado a robar y agredir a algunos estudiantes y visitantes.

3.- Una condición inherente a la disposición de la Reserva Ecológica plantea un problema considerable, la Reserva se halla dividida por la avenida de Los Insurgentes, quedando dos terceras partes (106 has.) en el ala poniente, y el restante (40.9 has.) en el ala oriente de la avenida. Este corredor urbano es una barrera considerable para el flujo de muchas especies, además de ser una fuente permanente de contaminación atmosférica, sonora y de basura.

4.- Otro grave problema lo constituye la basura, diariamente la Ciudad Universitaria produce de 20 a 30 toneladas de desperdicios (4), muchos de los cuales van a parar a la Reserva, y aunque ya no es empleada como tiradero, se detectan varios basureros a cielo abierto en donde el efecto sobre la comunidad es evidente, y aun no se ha dado un proceso de regeneración natural. La basura además de ser un foco de contaminación, viene acompañada de flora y fauna nociva muy agresiva que tiende a desplazar a las especies naturales.

Este problema es común en las dos alas, oriente y occidente. En la primera se distingue un corredor secundario que la divide y atraviesa en sentido norte-sur, a lo largo de este pasillo, y especialmente en la porción media, se observa una gran cantidad de basura, principalmente cascajo. En el ala occidental vuelve a observarse algo similar, un corredor que divide el ala en dos, y que conduce en sentido este-oeste del circuito escolar al laboratorio del Instituto de Ingeniería, que se halla en la región media de la Reserva, es en esta zona donde es mayor el impacto de basura, así como el tránsito de gente ajena a la misma. Otra zona de fuerte impacto por basura se detecta en los alrededores del Espacio Escultórico, por ser una zona de visita natural, pero sobretodo por los conciertos y eventos que allí se realizan, y que rara vez son seguidos por una limpieza de la zona. Finalmente, otra zona de basura abundante se halla en la colindancia de la reserva con el fraccionamiento el Pedregal.

5.- Finalmente, un último problema relacionado con la forma que delimita a la reserva; se ha observado que dicho perímetro cubre zonas fuertemente afectadas por el impacto urbano, y en cambio, no incluye zonas que conservan en muy buen estado el hábitat del

pedregal. En este sentido sería conveniente redefinir el perímetro que incluye a la Reserva, intercambiando dichas zonas.

Ahora sería conveniente recordar las funciones que en términos de conservación le conciernen a todas las Reservas y parques naturales. La primera de ellas consiste en lo obvio, conservar el entorno y la biodiversidad, esto es, el mantenimiento natural de las poblaciones. Esta deberá ser una de las direcciones que la investigación sobre la Reserva debe impulsar. Otra, consiste en actuar como zona de refugio para las especies silvestres amenazadas, ésta deberá ser también otra dirección en las investigaciones sobre el pedregal, y debe incluir estudios sobre la influencia de la Reserva como isla, y las interacciones Reserva-ciudad.

En términos de acciones concretas los requerimientos que exige la Reserva para su conservación son:

1.- Controlar el acceso a la Reserva.

1.1.- Optimizar la vigilancia: En este sentido la primer labor consistirá en ponerse en contacto con la gente de vigilancia de la UNAM a fin de diseñar recorridos y horarios que optimizen la vigilancia. Lo conducente en este caso es restringir el acceso, definiendo zonas de visita al publico, a la enseñanza y a la investigación, controlando esto por medio de gafetes y de una vigilancia continua.

1.2.- Regularizar los trabajos en la Reserva: Hacer un registro sobre quién trabaja aquí, el tiempo de duración del trabajo, el posible impacto y la relevancia de este, así como evitar que haya repeticiones.

1.3.- Construcción de la barda de protección: Especialmente en las zonas colindantes con avenida de Los Insurgentes. Debido a que el costo aproximado de la barda es muy alto, deberán gestionarse recursos con otras instituciones, estatales o privadas, que se interesen en los problemas de conservación y restauración ecológica. El bardeado total de la reserva es importante ya que permitirá hacer efectivo el control de acceso y la eventual reintroducción de especies.

1.4.- Paralelamente deberá evaluarse el número y localización de torres de vigilancia que faciliten el control y vigilancia de la Reserva.

1993. I: CONSERVACION.

1.1. Para mejorar la vigilancia se han coordinado actividades con la secretaria de servicios a la comunidad y con vigilancia. Resultado de esto se han impartido dos platicas al personal de vigilancia, esto con el fin de sensibilizarlos a la problemática, además, se han diseñado recorridos y horarios en que ésta es más eficiente. Al mismo tiempo, cada seis meses se les hace llegar una lista con las personas que trabajan en la Reserva a fin de que ellos tengan un registro de la gente que se pueden encontrar, y de ser necesario los ayuden.

1.2. Desde 1989 hasta la fecha se lleva un registro de la gente que trabaja en la Reserva, así como una relación de los trabajos que se realizan, y se hace del conocimiento de los interesados los reglamentos y lineamientos que rigen el acceso a la Reserva.

1.3. Esta labor que se inició en 1990 se interrumpió el mismo año, dado lo elevado del costo, sin embargo, en 1993 se consiguió financiamiento privado para finalizar la construcción. Actualmente la Reserva se halla bardeada en sus colindancias con avenida de Los Insurgentes. El ala oeste se encuentra ya completamente bardeada y el ala este, sólo requiere un tramo, pero este se halla colindante con más pedregal, aunque sin ser parte de la reserva, por lo que la barda en este sitio será posterior. Como se mencionó anteriormente esto permitirá reintroducir algunas especies.

1.4. Actualmente la Universidad cuenta con una torre de vigilancia de 20 metros de alto

situada en el ala oeste y que sirve a la Reserva, al laboratorio del Instituto de Ingeniería, a los bomberos y a vigilancia.

1989. 2: Conservación del paisaje y reintroducción de especies.

En los terrenos de Ciudad Universitaria existen varias zonas de pedregal en buen estado de conservación que no están incluidas dentro de la Reserva, en cambio hay zonas dentro de ésta que están muy perturbadas. Lo mejor sería poder intercambiar unas por otras o en el mejor de los casos incluir las zonas bien conservadas dentro de la Reserva. Estas zonas son, los alrededores del Centro de Ecología, al sur, la zona comprendida entre el Jardín Botánico y la Reserva, y la zona entre la Facultad de Ciencias Políticas y la Facultad de Ciencias. Una vez definidas y bardeadas las zonas convendría zonificarlas. Sería conveniente hacer recorridos de prospección sistemáticos para reconocer los cambios que ocurran en el paisaje.

Propuesta de zonificación:

La propuesta surge del análisis de la distribución de la comunidad y de las zonas de impacto que se observan en ella. Como se mencionó anteriormente, la Reserva se halla dividida en dos alas por la avenida de Los Insurgentes.

Ala Oeste:

Esta zona es la más grande y de las mejor conservadas dentro de la Reserva, es una zona propicia para la investigación, situación que se vé favorecida por su cercanía con el Jardín Botánico y el Centro de Ecología, así como por su relativo aislamiento de la comunidad. No obstante, una porción de pedregal se halla bastante afectada por los tiraderos, canteras y construcciones que la limitan. Es una zona adecuada para las actividades de investigación y docencia. Su proximidad con el Jardín Botánico puede aprovecharse para la construcción de las instalaciones que la Reserva requiere.

Ala Este:

En esta zona se halla una muestra representativa de pedregal en buenas condiciones, sobre todo del lado próximo a la avenida de Los Insurgentes, sin embargo el impacto que se observa, si bien no es muy intenso, si está muy extendido. Esto último se debe a que esta zona es de las más transitadas. A pesar de esto, es una zona propicia para la investigación, y por su proximidad con la facultad de Ciencias, para la docencia.

Otra área de interés en esta misma ala, es aquella que incluye el Espacio Escultórico, presenta una perturbación mayor que el resto del ala y un tránsito de peatones más frecuente, por lo que esta zona no es adecuada para la investigación, y sería interesante trabajar en su recuperación. Por su localización y por su accesibilidad, esta zona podría destinarse a la difusión, y construir aquí el sendero ecológico (el cual más adelante se explica).

En función de lo anterior las actividades de las zonas de la Reserva quedarían del siguiente modo:

Ala oeste: investigación, docencia, recuperación ecológica.

Ala este : investigación, docencia, difusión, recuperación ecológica.

1993. 2.1: Conservación del paisaje.

Se logró que la Reserva Ecológica se redefiniera, ampliando su área en 20 hectáreas en agosto de 1990, incluyendo las áreas que rodean al Centro de Ecología y al sur la zona comprendida entre el Jardín Botánico y la Reserva. Actualmente la Reserva Ecológica cuenta con 146.9 has. de las cuales 100 se hallan en el ala oeste, mismas que están bardeadas en las zonas de mayor impacto urbano.

Actualmente se lleva a cabo un recorrido sistemático de la reserva, mes con mes se

realiza una prospección de toda el área, detectándose los problemas que surgen, no obstante este recorrido resulta insuficiente dadas las características del terreno y el tamaño de la Reserva Ecológica.

1989. 2.2 Extracción y reintroducción de especies.

Este objetivo hace necesaria una evaluación previa de las especies en peligro de extinción y de especies ausentes. Lo adecuado será aprovechar invernaderos y criaderos que permitan el cultivo de especies, igualmente importante será establecer contacto con laboratorios que trabajen este aspecto. En especial habría que procurar la reintroducción de especies nativas de la comunidad, como es el caso en la flora de: *Talinum paniculatum, Passiflora subpeltata, Mandevilla foliosa, Sida glabra* y *Ruella speciosa*, y para la fauna: cacomixtle, tlacuache, conejo, etc., esto último cuando la Reserva se encuentre bardeada.

Igualmente importante será procurar la reforestación, especialmente en los limites de la Reserva para que actúen como amortiguador. Deberá promoverse la eliminación del eucalipto y la reintroducción de especies naturales desplazadas por aquél, es el caso de el tepozán, el encino, el fresno y la ditiramba. En la medida de lo posible ésta reforestación debe extenderse a los terrenos universitarios fuera de la Reserva.

1993. 2.2. Extracción y reintroducción de especies.

El Jardín Botánico ha destinado un área para el cultivo de *Senecio praecox*, también aquí trabaja el Dr. Rubluo en el cultivo *in vitro* de especies en peligro de extinción como la cactácea *Mammillaria sanangelensis* o la orquídea *Bletia urbana* Al mismo tiempo se apoyó y asesoró un trabajo sobre el potencial de cultivo de las plantas del pedregal de carácter ornamental. En el Centro de Ecología se trabaja sobre la demografía del eucalipto. Uno de estos trabajos se presenta en la presente antología. Otro problema es el que atañe a la fauna urbana, perros y ratas principalmente, los primeros suelen ser agresivos y ya han causado varios sustos, sin embargo, no se podía proceder hasta que la barda estuviese finalizada, ya que de otro modo los perros regresan, como ya sucedió. Actualmente ya hay un programa para sacar a los perros de la Reserva que será puesto en práctica en 1994. Por otro lado se observó que las ratas urbanas (*Rattus norvegicus*) no han desplazado a las especies de roedores de la Reserva.

1989. 3: Limpieza de la reserva.

Para esto habrá que coordinarse con las autoridades correspondientes (DDF, UNAM, Delegacion) y promover el desalojo de la basura. También deberán promoverse campañas de limpieza en la comunidad universitaria.

1993. 3: Limpieza de la reserva.

Una de las labores dirigidas a limpiar la Reserva fue la organización de las "Jornadas de Conservación", éstas se llevaron a cabo nueve sábados, de febrero a abril de 1992 de 9 de la mañana a una de la tarde, y contaron con la participación de 7795 personas, entre universitarios, incluido el Rector, conscriptos, Boy Scouts, vecinos, y ciudadanos en general, incluido el delegado de Coyoacán. Para la realización de estas jornadas se hicieron recorridos de prospección previos y se definieron siete puntos a partir de los cuales iniciar la limpieza, considerando la cantidad y tipo de basura, en cada uno de estos sitios se organizó un "Módulo Ecológico" que contaba con agua, refrescos, fruta, guantes, bolsas, palas, carretillas, tapabocas, folletos, carteles, gorras, playeras, servicio medico, transporte y todos los etcéteras para la seguridad y desempeño de los participantes.

En la realización de este evento participaron las secretarias de servicios auxiliares, y de protección y apoyo a la comunidad quienes apoyaron con la participación activa de varios de sus miembros en la organización e

infraestructura necesaria para la realización de las jornadas, consistiendo estos en los mencionados módulos ecológicos; se contó también con la colaboración de la delegación de Coyoacán, que aportó el servicio de transporte de la basura, la colaboración de varias gentes de la subdelegación de ecología en la organización y realización del evento. Asimismo cabe destacar la participación de la CONADE (Comisión Nacional del Deporte), del Ejercito Mexicano, quienes a través de los conscriptos del servicio militar nacional fueron de gran ayuda en los basureros más difíciles. Igualmente importantes fueron la participación de los CCH's y prepas que sábado a sábado estuvieron presentes con distintos contingentes, y no se diga la inspirada participación de unos pocos, muy pocos, alumnos de Ciencias. Como quiera que sea, se limpió por primera vez.

La basura que se sacó fue de lo más variada, desde latas de cerveza y colillas (especialmente en los alrededores del espacio escultórico) hasta llantas de tractor y camión, pasando por alfombras, "depósitos" de medicinas, varillas, botellas, camas, maniquíes, etcéteras, etc... La cantidad de basura que se obtuvo varió de acuerdo a la cantidad de gente que participó y a la zona en que se trabajo. A propósito del Espacio Escultórico cabe señalar que es una de las zonas que mayor impacto por basura reciente presentan, debiéndose esta a la organización de tocadas y eventos que aunque muy "cósmicos" tienen como efecto una gran cantidad de basura generada, uno de estos eventos se realizó entre las fechas que se llevaron a cabo las jornadas, lo que me permite constatar lo anterior, agravandose el problema por el hecho de que no realizan limpia alguna después de los conciertos, aunque cobran entrada.

La cantidad total de basura que se sacó fue de 114 tons. aproximadamente, (calculada a partir del volumen de carga de los camiones de limpia), y todavía queda otro tanto. No obstante el resultado, lo más grato al haber organizado estas jornadas ha sido conocer y participar con gente que al margen de los variados intereses y actividades cotidianas, colabora de manera espontánea y eficaz en campañas de conservación. Ojalá estas labores se multipliquen más allá de la Universidad, en parques, jardines, terrazas, ...hábitos. Sin embargo aun hay una gran cantidad de basura, por lo que estas jornadas deberán continuarse y complementarse con otras actividades.

Otra zona de generación de basura es la colindancia con el fraccionamiento habitacional el Pedregal, en este caso se les envío una carta dándoles a conocer nuestro problema e invitándolos a participar y a recibir más información. Desafortunadamente no se obtuvo respuesta y se sigue con este problema.

1989. 4: Difusión:

Tal vez uno de los problemas mas interesantes e importantes en la conservación de la Reserva es el que la gente la reconozca como tal y no como un mero "terreno baldío"; en este sentido, una de las principales tareas en términos de conservación es una difusión amplia y contínua de la Reserva, de su importancia, características, trabajos y perspectivas. Por su gran importancia y por ser otra de las funciones consustanciales a la Reserva, esta labor se trata en el siguiente apartado.

1989. II.- DIFUSION:

El proyecto de difusión de la Reserva Ecológica está planteado en tres ámbitos que requieren distintos medios y consideraciones, estos ámbitos son: 1) Universitario, 2) Urbano y 3) Nacional-Internacional. En general la estrategia de difusión en los tres ámbitos va dirigida por un lado hacia un reconocimiento por parte de la población de la condición y funciones de la Reserva Ecológica, y por otro hacia la generación y promoción de la educación ambiental.

1) Ambito Universitario:

A) Ubicar letreros en los límites de la Reserva en donde se explique la condición de ésta.

Los letreros deberán colocarse en los sitios donde se detecte mayor flujo de personas.

B) Impartir pláticas y conferencias en los planteles universitarios, en una primera fase a aquellos planteles colindantes con la Reserva, en una segunda fase a la comunidad universitaria en general.

C) Diseñar e imprimir posters, guías y folletos donde se dé a conocer la Reserva del Pedregal, procurar su distribución en todas las instalaciones universitarias, en las diferentes instituciones interesadas, y de ser posible en el ámbito urbano.

D) Organización de jornadas de limpieza de la Reserva con la participación de la comunidad universitaria.

2) Ambito Urbano:

A) Pláticas y conferencias en diferentes foros (escuelas, delegaciones, asociaciones civiles, etc.).

B) Diseño y distribución de propaganda.

C) Elaboración de un video y medios audiovisuales para su protección.

D) Conseguir espacios en otros medios, radio, prensa, T.V.

E) Diseño y elaboración de un libro sobre la Reserva.

F) Diseño del área dentro de la Reserva destinada a la difusión.

3) Ambito Nacional-Internacional.

A) Establecer contacto con Parques y Reservas nacionales e internacionales a fin de intercambiar experiencias e información.

B) Establecer contacto con grupos y asociaciones civiles nacionales e internacionales interesadas, a fin de promover la Reserva universitaria.

1993. II. DIFUSION:

En el aspecto de difusión se han hecho muchas actividades que incluye:

* Colocación de letreros en los límites de la Reserva.

* Semestre con semestre se imparten pláticas a los grupos de biología general I y ecología general I en la facultad de Ciencias. Además por supuesto se han impartido conferencias en las distintas facultades y escuelas de la universidad.

* Se impartieron conferencias a distintos grupos, asociaciones civiles, juntas de vecinos, club de rotarios, etc.

* La organización de las jornadas de conservación fue al mismo tiempo un espacio de difusión para todos aquellos que participaron, en muchos casos su asistencia fue precedida o seguida de una platica sobre la Reserva Ecológica.

* Se adquirió equipo de apoyo: proyector y carrusel.

* Se hizo el guión, diseño, fotografía y producción de un audiovisual con un solo carrusel. En esta labor fue de gran ayuda la cooperación de TV-UNAM, así como de voluntarios que trabajaron en la musicalización del mismo.

* Se hizo el guión, fotografía, diseño y producción de una audiovisual para dos carruseles, mismo que se pasó a video; también fue de gran ayuda la colaboración de TV-UNAM.

* Se organizó la Expo-artística del Pedregal en la galería de la facultad de Arquitectura. En esta participaron 16 artistas que trabajaron: pintura, fotografía, gráfica y escultura.

* Fotografía, diseño y producción de un primer poster.

* Coordinación y producción de un segundo poster. Cabe señalar que en ambas ediciones, así como en uno próximo a salir, se ha contado con el apoyo en financiamiento de la Secretaria de Servicios auxiliares de la Universidad.

* Se han editado además dos carteles-convocatoria para los Simposios de la Reserva.

* Diseño, producción y edición de un "periódico infantil", dirigido a los menores de edad, relata la historia y características del pedregal.

* Se han producido numerosos artículos de difusión para diferentes revistas, *Oikos, San Angel Inn, Xitle, Boletín de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, etc..*

* Se ha participado en varios programas de radio (Radio Universidad, Radio Educación, IMER) y televisión (TV-UNAM, Televisa).

* Se diseñó el proyecto del "Sendero Ecológico", de próxima inauguración. En un principio se contó con la participación de la carrera de Arquitectura del Paisaje, quienes trazaron el recorrido en el área donde originalmente se proyectó. Posteriormente, el sendero fue reubicado a un costado del Museo de las Ciencias, a petición de éste. Para la realización del sendero se consiguió financiamiento externo. Este trabajo involucró la participación de la secretaría de obras, de diseñadores, escultores y biólogos.

El paisaje del pedregal es frecuentado por universitarios y público en general, sin embargo pocos conocen la historia e importancia ecológica del sitio y muchos desconocen que en Ciudad Universitaria se halla una Reserva Ecológica. Por esto el sendero ecológico es una necesidad y al mismo tiempo una propuesta de relación con la información y con el paisaje.

El Sendero Ecológico, finalmente nombrado "Senda Ecológica", es un recorrido de aproximadamente 180 m que se encuentra situado a un costado del Museo de las Ciencias. Este recorrido cuenta con siete estaciones informativas repartidas alternadamente, que se detallan más adelante. Además, se hizo un arreglo botánico alrededor del camino, mostrando las especies características de la zona. El trazado del recorrido parte de un costado de lo que se conoce como "la casita de la ciencia", del museo antes mencionado y corre serpenteante, formando un circuito que cruza la porción de pedregal que ahí se conserva. El recorrido cuenta con perspectivas variadas de algunos puntos de interés como la sierra del Ajusco, el volcán Xitle, una oquedad, etc...

El objeto del sendero es que la gente, al visitarlo, conozca las características biológicas y ecológicas del paisaje de el pedregal, y se entere del por qué es Reserva Ecológica, cuál su importancia y sus condiciones actuales. El sendero es una práctica de educación ambiental donde se brinda la información "*in situ*", gráfica y escrita, a través de las estaciones informativas, del arreglo botánico y de la presentación de la fauna típica de la zona, para esto ultimo se cuentan piezas que representan a los animales de la región. De este modo, por medio de imágenes, palabras, símbolos, arreglos en el paisaje y por supuesto la experiencia directa de quien lo visita, se espera un cambio de actitudes hacia el paisaje del pedregal en particular, y hacia la naturaleza, en general.

* Actualmente se encuentra en producción un libro sobre la flora de la Reserva, aparte de ésta publicación.

1989.III: INVESTIGACION.

Ya se señaló en el documento de 1986 (anexo 2) que "desafortunadamente los estudios realizados hasta la fecha han carecido de coordinación, y sus resultados no han formado un cuerpo sistematizado de conocimientos." En este sentido lo que procede hacer es elaborar un programa de investigación que surja de las necesidades y funciones de la

Reserva. Sugiero que las tareas de investigación deben centrarse en los siguientes puntos:

1.- Determinación de los parámetros abióticos que se registran actualmente en la Reserva. (p.p., temperatura, etc.).

2.- Conocer las especies que existen actualmente en la Reserva. Realizar inventario florístico y faunístico.

3.- Determinar la distribución y abundancia de especies relevantes en la comunidad. Eventualmente esto permitirá elaborar un mapa de la vegetación.

4.- Estudiar el mantenimiento natural de las poblaciones dentro de la Reserva, esto impone un enfoque poblacional.

5.- Conocer la dinámica de la comunidad en términos de su comportamiento estructural, temporal y funcional, así como las interacciones bióticas.

6.- Determinar el efecto de los distintos tipos de perturbación sobre la comunidad y sobre el destino sucesional a fin de evaluar la restauración ecológica del pedregal.

7.- Determinar mecanismos de reintroducción de especies, y de su mantenimiento en la comunidad como poblaciones.

8.- Evaluar las relaciones biogeográficas de la Reserva, su papel como isla y como refugio.

9.- Evaluar la interacción entre la Reserva y el ambiente urbano.

10.- Conocer el potencial de la Reserva en términos de educación ambiental, e impulsar el diseño de prácticas propicias para la docencia.

Una vez establecidos los lineamientos básicos de investigación, éstas deberán coordinarse con los laboratorios de facultades, centros e institutos (así como otras instituciones interesadas) a fin de que sea a través de la dirección de tesistas que se logren objetivos de investigación comunes. En este sentido un paso próximo consistirá en establecer contacto con los diferentes laboratorios que trabajan, o se hallan interesados en hacerlo, en la reserva y coordinar acciones.

1993. III: INVESTIGACION

Es importante señalar que las líneas de investigación 1 (anexo 3) y 2 se han llevado a cabo, aunque aun falta trabajar a los invertebrados. Cabe señalar también que actualmente se están llevando a cabo más de 20 investigaciones de diferente carácter sobre diversos aspectos de la Reserva, muchas de las cuales están publicadas en esta antología y que muestran el gran potencial que en este aspecto tiene la Reserva Ecológica, no obstante lo reducido del área. Algunas de estas investigaciones han sido apoyadas directamente por la Reserva o por miembros del Comité Ejecutivo.

Otra labor que se continúa realizando es la recopilación y sistematización de la información sobre la Reserva, así como la creación de un banco de datos flexible que facilite las investigaciones.

Como apoyo e impulso a la investigación se han organizado dos Simposios sobre la Reserva Ecológica, en 1989 y en 1993, en la facultad de Ciencias, donde se han presentado resultados de varias investigaciones originales, algunas de las cuales sirvieron a la presente publicación.

Se ha participado en el Congreso Mexicano de Botánica y en el primer simposio sobre Areas Naturales Protegidas en México, donde se presentaron dos carteles y una ponencia.

La edición y producción del presente libro espero que sean un aliciente para realizar investigación en la Reserva.

1989. IV: DOCENCIA.

Esta actividad se realiza con frecuencia en los terrenos de la Reserva pero se carece de un registro que indique quiénes, cómo, y qué es lo que se hace. Por lo mismo se carece de un control de acceso y de coordinación adecuada.

Lo que conviene hacer es establecer contacto con las academias escolares que trabajan en la Reserva sus prácticas de docencia, y obtener un registro de utilización. Igualmente se informará a la comunidad académica de los lineamientos y reglamentos que rigen la docencia en la Reserva. Esta coordinación entre academias y Reserva permitirá aprovechar las experiencias que se deriven de la enseñanza y establecer programas conjuntos de utilidad para ambos. El control de acceso a la Reserva permitirá mejorar la vigilancia y reducir el impacto sobre la comunidad.

Otro elemento en relación a la docencia que ya se sugirió en el apartado anterior es la investigación sobre prácticas y actividades que puedan desarrollarse, y que pueden llegar a constituirse en un "manual de prácticas para la docencia en la Reserva Ecológica."

1993. IV: DOCENCIA

* Respecto a la docencia se tiene un registro de las actividades que se realizan, se apoya a dichos proyectos con material de campo, bibliografía y asesorías.

* Como se mencionó anteriormente, cada semestre se dan pláticas a los grupos de biología y ecología de la facultad de ciencias.

Resumen de las actividades del plan de trabajo 1989.

I.- Conservación:

* Curso para la gente de vigilancia.
* Diseño de vigilancia.
* Elaborar relación de trabajos.
* Continuar registro de investigación.
* Continuar registro de docencia.
* Elaborar y conseguir mapas.
* Gestionar recursos.
* Apoyo a la investigación básica.
* Implementación de viveros y criaderos.
* Coordinación con personal de limpieza.
* Finalización del bardeado.
* Construcción de las torres de vigilancia.

II.- Investigación:

* Establecer coordinación entre laboratorios y Reserva.
* Divulgación lineamientos y reglamentos de la Reserva.
* Discutir y definir lineas de investigación.
* Recopilación y sistematización de la información.
* Coordinación con herbarios y museos.
* Iniciar investigación sobre la restauración ecológica.

III.- Docencia:

* Difusión de los reglamentos de la Reserva.
* Evaluar uso de la Reserva para la docencia.
* Iniciar registro de la docencia en la Reserva.
* Impulsar investigaciones sobre docencia en la Reserva.

IV.- Difusión:

* Preparar audiovisuales y conferencias.
* Coordinación con escuelas para impartir conferencias.
* Abrir otros espacios de difusión.
* Organización y difusión de dos simposios.
* Evaluación y diseño del área destinada a difusión.
* Impulsar investigaciones y actividades de Educación ambiental.

1989. CONCLUSIONES:

En una visión global, la estrategia de trabajo que da inicio al funcionamiento de la Reserva consiste en abrir espacios investigaciones,

tesis y servicios sociales que redunden en beneficio de la Reserva; coordinar acciones entre institutos, facultades, academias e instituciones con la Reserva; construir la infraestructura que se vaya requiriendo, y finalmente, darle a la Reserva Ecológica la jerarquía que la corresponde como tal y que debe reflejarse en el óptimo funcionamiento de la misma.

1993.CONCLUSIONES

Me parece que en estos cinco años se han logrado bastantes cosas positivas para la Reserva, no obstante falta mucho por hacer. Uno de los problemas que más ha afectado el funcionamiento de la Reserva es que no existe una plaza dentro de ninguna dependencia de la universidad asignada al responsable de la misma. Esto redunda en otro problema, a la fecha no existe un espacio especifico para la Reserva Ecológica, por lo que es muy difícil coordinar y darle continuidad al trabajo, mantener el acervo, recibir gente interesada, o concentrar material, equipo de cómputo, etc.

Citas:

(1).- Gaceta de la UNAM. No. 59. Octubre 3 de 1983.

(2).- Carabias, J. y Meave del Castillo, J. 1987. en: Informacion Científica y Tecnológica. No. 125. p.16.

(3).- Bermúdez, G. 1987. IBID. p.24.

(4).- Herrera, N. 1987.IBID. p.49.

Bibliografía:

Alvarez, J. Carabias, J. Meave, J. Moreno-Casasola, P. Nava, D. Rodriguez, F. Tovar, C. Valiente-Banuet, A. 1982. Proyecto para la creación de una Reserva en el Pedregal de San Angel. Cuadernos de Ecología No.1 Fac. de Ciencias. UNAM.

Autores varios. 1987. La Reserva Ecológica del Pedregal. en: Información Científica y Tecnológica. vol.9. No. 125. México.

Acuerdo de formación de la Zona Ecológica Inafectable. en: Gaceta de la UNAM. 1983. vol. 9. No. 59. Octubre 3 de 1983.

Melo, C. y Contreras, D. 1974. Importancia Biológica y Social de las Reservas Naturales. INIREB. México.

Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Angel en: An. Esc. Ciencias Biológicas del I.P.N. México.

ANEXO 1

ACUERDO 1

Gaceta UNAM, Vol. I, No. 59, Oct. 3 1983.

BENEFICIA A LA ZONA SUR DEL DISTRITO FEDERAL LA RESERVA ECOLOGICA DE CIUDAD UNIVERSITARIA

En uso de las facultades que me confiere el artículo 34, fracciones IX y X del Estatuto General, me permito hacer los siguientes

CONSIDERANDOS:

I. Que la Universidad Nacional Autónoma de México tiene por fines impartir educación superior para formar profesionistas, investigadores, profesores universitarios y técnicos útiles a la sociedad; organizar y realizar investigaciones principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales, y extender con la mayor amplitud posible los beneficios de la cultura.

II. Que el ecosistema desarrollado en el área conocida como Pedregal de San Angel, donde se ubica la Ciudad Universitaria, representa el último ejemplo de vegetación natural de la zona conurbada del Distrito Federal.

III. Que esta área por su ubicación y características físico-biológicas tiene una influencia importante sobre las condiciones ambientales de una porción considerable del sur de la ciudad, tanto en lo que se refiere a la captación de acuíferos como a la calidad del aire.

IV. Que este ecosistema por su origen geológico, ubicación y clima, contiene numerosas especies animales y vegetales exclusivas, algunas endémicas y otras en peligro de extinción.

V. Que un área de esta naturaleza, siendo patrimonio universitario, debe ser utilizada integralmente con el objeto de cumplir con las funciones sustantivas de esta Máxima Casa de Estudios, estando al servicio del país y de la humanidad, de acuerdo con un sentido ético y de servicio social, superando cualquier interés individual.

Por lo anterior he tenido a bien expedir el siguiente

ACUERDO:

PRIMERO. A partir de esta fecha, se declara zona ecológica inafectable al espacio comprendido en un total de 124 hectáreas, 4,963 metros; conformada por dos áreas ubicadas a los constados de la Avenida de los Insurgentes.

El área poniente con una superficie de 83 hectáreas, 6,070 metros, tiene por límites y colindancias las siguientes: al norte, en una longitud de 606 metros con una porción del circuito de la zona deportiva y un área libre de futuro desarrollo; al poniente, en una longitud de 870 metros con vialidad futura que a su vez colindará con el fraccionamiento "Jardines del Pedregal"; al sur-poniente, en una longitud de 630 metros con vialidad futura; al sur, en una longitud de 1,818 metros con los límites de la Ciudad Universitaria y una zona de reserva de futuro desarrollo; al oriente, en una longitud de 1,253 metros con la Avenida de los Insurgentes y con una futura vialidad.

El área oriente con una superficie de 40 hectáreas, 8,893 metros; tiene por límites y colindancias: al norte, en una longitud de 1,020 metros con zona escolar; al poniente, en una longitud de 424 metros, con la Avenida de los Insurgentes; al sur, en una

longitud de 851 metros con el tercer circuito universitario; al oriente, en una longitud de 557 metros con la zona escolar.

SEGUNDO. En dicha zona por su importancia natural se desarrollará la preservación y la reintroducción de la flora y la fauna, que por sus características le son exclusivas, para que únicamente sea utilizada en actividades académicas y de investigación, funciones esenciales de la Universidad. además de contribuir al mejoramiento del medio ambiente del sur de la Ciudad de México; no pudiendo destinarse a fines distintos.

TERCERO. A partir del día siguiente de la publicación de este Acuerdo, corresponderá a la Coordinación de la Investigación Científica la obligación de establecer los programas de preservación y reintroducción referidos en numeral anterior; constituyendo para estos fines un Comité asesor.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, 30 de septiembre de 1983

EL RECTOR

Dr. Octavio Rivero Serrano.

ANEXO 1

ACUERDO 2

ACUERDO POR EL QUE SE REDEFINE LA ZONA DE RESERVA ECOLOGICA DE CIUDAD UNIVERSITARIA

José Sarukhán, rector de la Universidad Nacional Autónoma de México, en ejercicio de las facultades que me confiere el artículo 9o. de la Ley Orgánica y 34, fracciones IX y X del Estatuto General de la propia Universidad, y

CONSIDERANDO

- Que con fecha 30 de septiembre de 1983, el entonces Rector de esta Universidad, doctor Octavio Rivero Serrano, expidió un Acuerdo en el que declara zona ecológica inafectable un total de 124 hectáreas, 4,963 metros cuadrados, ubicada en Ciudad Universitaria definida por los linderos que en el mencionado Acuerdo se detallan;

- Que los puntos que se señalan como fundamento del Acuerdo de referencia no sólo siguen vigentes, sino que por el deterioro progresivo de las condiciones ecológicas del Valle de México adquieren cada vez mayor importancia;

- Que los trabajos desarrollados al respecto por la comunidad universitaria y en forma más específica por el Instituto de Biología, el Centro de Ecología, la Facultad de Ciencias y la Facultad de Arquitectura, hacen aconsejable redefinir y en lo posible, ampliar los límites y colindancias de la Reserva Ecológica;

- Que en los trabajos realizados se hace especial hincapié en restituir a la Reserva Ecológica algunos de los elementos de la flora y fauna características de la zona, y

- Que es conveniente establecer zonas de amortiguamiento a la Reserva Ecológica entre las vialidades y las construcciones.

He tenido a bien dictar el siguiente:

ACUERDO

PRIMERO. La zona de Ciudad Universitaria con una superficie de 124 hectáreas, 4,963 metros cuadrados, que en la fecha 30 de septiembre de 1893 fue declarada Zona Ecológica, se redefine e incrementa para construir una superficie de 146 hectáreas, 8,902 metros cuadrados, conformada por dos áreas ubicadas a los costados de la Avenida Insurgentes, de acuerdo con los límites y colindancias detallados en el levantamiento topográfico que se anexa al presente Acuerdo, y que son:

I. El área poniente, con una superficie de 106 hectáreas, 9 metros cuadrados, y

II. El área oriente, sin cambio, con una superficie de 40 hectáreas, 8,893 metros cuadrados.

SEGUNDO. La Reserva Ecológica estará integrada por dos zonas: la Zona Núcleo y la Zona de Amortiguamiento:

I. La Zona Núcleo de 115 hectáreas, 751 metros cuadrados, considerada inafectable, es la zona dentro del perímetro de la Reserva destinada exclusivamente a las tareas de investigación y de docencia, debido a que dentro de ella existe vegetación predominantemente silvestre representada por el matorral de *Senecio* en sus diferentes etapas sucecionales, cuyos elementos dominantes son: *Senecio praecox, Buddleia cordata, Echeveria gibbiflora, Verbecina virgata, y Muhlenbergia robusta*, entre otros. Esta Zona está compuesta por dos áreas, a saber:
a) Una al poniente, de 76 hectáreas, 8,004 metros cuadrados, y
b) Otra al oriente de 38 hectáreas, 2,747 metros cuadrados.

II. La Zona de Amortiguamiento de 31 hectáreas, 8,151 metros cuadrados, cuya finalidad principal es moderar de manera natural los efectos negativos ocasionados por la presencia de las instalaciones existentes dentro de la Zona de Reserva. Esta Zona está compuesta a su vez por tres áreas, dos ubicadas al poniente de la Avenida Insurgentes y una al oriente, y son:
a) La primera de 23 hectáreas, 9,839 metros cuadrados, se destina a invernaderos y arboretums del Jardín Botánico Exterior, así como a las instalaciones del Centro de Ecología, del Instituto de Biología, del Instituto de Ingeniería y de la Dirección General de Obras y Servicios Generales;
b) La segunda de 5 hectáreas, 2,166 metros cuadrados, al costado oriente de Avenida Insurgentes, es la franja longitudinal que dentro de Ciudad Universitaria se ha mantenido son construir, como parte de su propio entorno, y
c) La tercera de 2 hectáreas, 6,146 metros cuadrados, corresponde al Centro del Espacio Escultórico, junto con sus áreas de visita, localizada en la parte oriente de la Reserva.

TERCERO. La regulación de los usos y las actividades por desarrollar en la Zona Núcleo corresponde a la Coordinación de la Investigación Científica, por lo que cualquier uso o actividad dentro de ella deberá sujetarse a la reglamentación expedida por el Comité Ejecutivo de la Reserva.

CUARTO. En la Zona de Amortiguamiento se procurará mantener una amplia superficie jardinada y arbolada con especies adecuadas, por lo que, cualquier nueva construcción deberá considerar la opinión de los encargados por parte del Instituto de Biología, del Centro de Ecología y de las Facultades de Ciencias y Arquitectura. Lo anterior tiene como objeto propiciar el desarrollo armónico con la zona silvestre de Reserva y reducir, en la medida de lo posible, los impactos de ésta.

QUINTO. En dichas zonas se intensificarán las labores de preservación y de reproducción de la flora y la fauna que le son características. Estas acciones se llevarán a cabo primordialmente por el Instituto de Biología, el Centro de Ecología, y la Facultad de Ciencias, coordinados todos por la Coordinación de la Investigación Científica, así como por la Facultad de Arquitectura, por lo que a la Arquitectura de paisaje se refiere.

TRANSITORIOS

PRIMERO. Este Acuerdo abroga el del 30 de septiembre de 1983, publicado en la Gaceta UNAM del 3 de octubre del mismo año.

SEGUNDO. El presente Acuerdo entrará en vigor a partir de su publicación en Gaceta UNAM.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Ciudad Universitaria, D.F., a 20 de agosto de 1990.

EL RECTOR

Doctor José Sarukhán.

ANEXO 2
DOCUMENTO 1987

La investigación

Antes de que apareciera el acuerdo que declaraba la creación de la Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Angel, ya se había planteado que la investigación constituía una de las actividades fundamentales que deberían promoverse en esta área. A continuación se presentan algunas consideraciones sobre la estrategia y el propósito de la investigación en la reserva.

Propósito y estrategia.

La investigación debe ser una de las actividades prioritarias en el Pedregal. Su propósito fundamental debe ser la obtención de conocimiento sobre su estructura y funcionamiento. Cabe recordar que las características particulares de este sitio fundamentaron en buena medida la creación de la Reserva, por ejemplo, las plantas y animales que la ocupan han invadido recientemente el área, lo que la convierte en un sitio ideal para estudiar ciertos problemas de ecología de las invasiones y de biogeografía de islas. La heterogeneidad microambiental ofrece condiciones adecuadas para el establecimiento de numerosas especies con diversos requerimientos y tolerancias. Además, la ubicación de la Reserva dentro del área urbana de la Ciudad de México plantea la necesidad urgente de averiguar los efectos del aislamiento y la contaminación sobre la comunidad biológica en general, y sobre ciertas especies en particular, sobre todo las endémicas de la Reserva (*Bletia urbana, Mammillaria sanangelenis* e *Hyla arenicolor*).

No obstante, la investigación sobre la reserva no debe limitarse a la biológica, pues el área se presta mucho a desarrollar estudios petrográficos, geológicos, edafológicos, etc. La Reserva pertenece a la UNAM, y ocupa una proporción considerable del área de la Ciudad Universitaria. Como parte integrante de la UNAM, por tanto, sería deseable que la investigación que aquí se realice esté a cargo fundamentalmente de personal ligado a la institución (investigadores, profesores y alumnos). Sin embargo, la Reserva debe estar abierta a los proyectos de investigación propuestos por personal ajeno a la UNAM, siempre y cuando se sujeten a los reglamentos aprobados en el futuro.

Hasta la fecha se tienen registrados en la incipiente base de datos de la Reserva un total de 146 trabajos sobre, o que hacen referencia, al Pedregal de San Angel. Este número no es en absoluto despreciable, e indica el interés que la zona ha despertado siempre. Como se muestra en la figura 1, más de un 50% de las publicaciones han

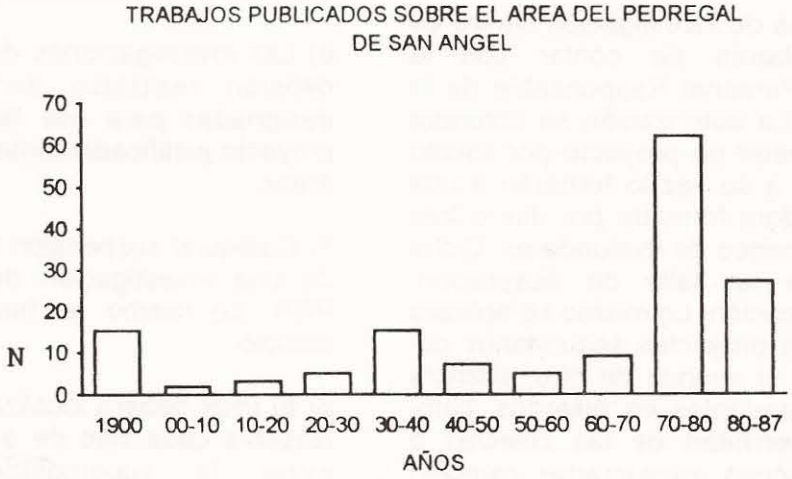


FIGURA 1

aparecido desde 1970 a la fecha. La gran mayoría de estos son trabajos de índole floristicos, faunístico, o de reportes de presencia de ciertos taxa en la zona. En orden de importancia siguen reportes de ciclos de vida, relaciones interespecíficas y , en general, trabajos de tipo ecológico. Por último, la minoría de los trabajos registrados de geología, arqueología y difusión. Se tiene registradas un total de 24 tesis, la mayoría de las cuales no han sido publicadas en medios de difusión generalizada. Sería muy deseable que la Reserva contara con apoyo presupuestal para publicar el material que lo amerite y que no haya aparecido en revistas especializadas o libros de amplia difusión.

Para poder coordinar las actividades de investigación dentro de la reserva, es indispensable que el personal responsable incluya a un académico de tiempo completo, entre cuyas actividades estará la de supervisar el cumplimiento de los reglamentos de uso. Las actividades de investigación se definen para los propósitos del presente reglamento como los experimentos, observaciones, mediciones y colectas que: i) Tienen como propósito fundamental la obtención de información original. ii) Son realizados por personal académico o por alumnos como parte de proyectos formales de alguna institución (incluyendo tesis de diversos grados y biologías de campo).

Reglamentación de investigación.

1) Las actividades de investigación dentro de la Reserva deberán de contar con la aprobación del Personal Responsable de la Reserva (PRR). La autorización se obtendrá después de someter un proyecto por escrito al PRR, quienes a su vez lo turnarán a una comisión evaluadora formada por dos o tres personas de un banco de evaluadores. Dicha comisión emitirá un fallo de aceptación, rechazo o modificación. Lo mismo se aplicará a subproyectos o proyectos secundarios generados durante el avance de otro, siempre que cambios importantes en métodos, tiempos, tipos o intensidad de las colectas o número de personas involucradas cambien substancialmente.

2) El proyecto debe incluir: Título, introducción y objetivos, naturaleza del trabajo (descriptivo o experimental), significado del trabajo (básico y/o aplicado), metodología detallada, sistema biológico con el que se va a trabajar, personal responsable e involucrado, calendario de trabajo, necesidad de restringir los accesos o las actividades en ciertas zonas, las necesidades mínimas requeridas, etc.

3) Sólo podrá rechazarse un proyecto bajo los siguientes criterios: Por i) Falta de justificación académica (errores metodológicos serios, irrelevancia teórica, falta de claridad en los planteamientos, etc.). ii) Cuando la investigación represente peligros inaceptables para algún componente del sistema del Pedregal (colectas desproporcionadas, manipulación experimental demasiado intensa o extensa, número de participantes excesivamente alto, etc.). iii) Carencia de la infraestructura o los recursos requeridos para realizar el proyecto (espacio para preparación y/o depósito de colectas, invernaderos, insectarios, equipo de análisis, personal técnico auxiliar, etc.). iv) Que sea un trabajo repetitivo. v) Falta de algún punto que el proyecto debiera incluir obligatoriamente.

4) En caso de rechazo, el PRR notificará al proponente del proyecto los comentarios de la Comisión Evaluadora con objeto de determinar si el Proyecto se presenta de nuevo o se retira definitivamente.

5) Una vez aceptado el proyecto, el PRR apoyará en lo posible su buen desarrollo.

6) Las investigaciones dentro de la Reserva deberán realizarse dentro de las áreas designadas para ese fin, a menos que el proyecto justificadamente requiera usar otras áreas.

7) Cualquier suspensión temporal o definitiva de una investigación deberá notificarse al PRR. Lo mismo se hará al concluirse un estudio.

8) El PRR deberá localizar en un mapa de la Reserva cada sitio de estudio con el fin de evitar la superposición, cuando sea indeseable.

9) al término de una investigación deberá de retirarse el material de campo que se utilizó, y de ser posible, las marcas usadas. Esta medida tiene por objeto evitar la confusión y la acumulación de material de desecho en la reserva.

10) El marcaje directo sobre plantas y animales se realizará únicamente cuando sea indispensable.

11) Una copia de todas las tesis y publicaciones realizadas en la Reserva deberá entregarse al acervo que estará en manos del PRR.

La docencia

Propósito y estrategia

Por su ubicación dentro de Ciudad Universitaria, su fácil acceso y sus características particulares, la Reserva del Pedregal de San Angel constituye un sitio adecuado donde es posible desarrollar distintos tipos de prácticas escolares, representando un apoyo importante para la docencia.

La realización de prácticas escolares en el Pedregal no es algo nuevo, estas se han realizado desde hace varios años en diferentes materias, sin embargo la coordinación de éstas dista mucho de ser la adecuada. Es evidente la necesidad de coordinar y reglamentar este tipo de actividades dentro de la Reserva para garantizar un mejor uso y aprovechamiento de ésta.

La coordinación de este tipo de actividades es importante para evitar la sobrecolecta y perturbación excesiva de la comunidad. Por otro lado, para poder brindar la información adecuada a los diferentes maestros que realizan prácticas dentro del Pedregal, es necesario llevar un control del tiempo de duración de éstas, sitio donde se realiza, objetivos que persigue, así como el tipo de datos que se obtendrán. Lo anterior permite que la información obtenida pueda aprovecharse de mejor manera.

El hecho de conocer el tipo de práctica que se realizan, permite plantear trabajos interdisciplinarios, así como posibles prácticas que generen información relevante de la comunidad.

Reglamento de docencia.

Se considera que para elaborar un reglamento de docencia para la reserva se deberán de tomar en consideración los siguientes puntos.

1.- Determinación del número de materias dentro de la universidad que realizan prácticas dentro de la reserva. Aquí puede comentarse que básicamente los estudiantes de la Facultad de Ciencias utilizan la reserva para dichos fines. Se conoce a su vez de alumnos de la carrera de Ingeniería que a la vez de hacer prácticas destruyen árboles y plantas durante sus incursiones. Las prácticas de estos alumnos son básicamente de levantamientos topográficos. Se considera que éstas prácticas bien pueden llevarse a cabo fuera del área de la Reserva.

Se requiere de una comisión que se encargue de evaluar dentro y fuera de la universidad las materias y el número de ellas que tienen relación con este punto. En esta evaluación se deberá obtener información asociada con las actividades de cada práctica. Si hay colecta de especímenes, número aproximado por grupo y recorridos acostumbrados. De las materias que se conocen están:

- Ecología general I.

- Ecología vegetal I.

- Botánica III.

- Botánica IV.

2.- Se requiere de una zonificación de la reserva a fin de determinar las áreas exclusivas para docencia. Esto deberá hacerse a su vez para labores de investigación.

Para la zonificación habrá que considerar también las áreas en donde se conoce la existencia de especies endémicas al Pedregal (vgr. *Mammillaria sanangelensis* y *Bletia*

urbana). En estas zonas no podrá haber actividad de docencia.

3.- Al mismo tiempo en que se considera la zonificación o inclusive previo a este paso, habrá que determinar el área que ocupará la zona de docencia. Esto habrá que evaluarlo con datos proporcionados por cada profesor de materia o bien de acuerdo a las necesidades de la materia en sí.

4.- Para materias que comunmente colectan especímenes como son las botánicas y en ocasiones las materias de ecología, habrá que evaluar si dicha práctica puede continuar dentro de la reserva.

5.- Habrá que hacer un banco de información de prácticas de cada materia. Esto tendría la ventaja de contar con información útil para cada materia que pueda ser empleada en otros grupos, así como también llevar un control de las actividades de docencia que se realizan. Esto a su vez permitiría, para prácticas muy bien elaboradas, el que cada semestre se continúe la labor de obtención de datos acerca de un sistema. Así, puede ser posible que después de un cierto tiempo se pueda contar con información publicable para varios años de registro. En este caso, el profesor de cada materia deberá explicar la continuidad que sigue esta práctica y acerca de la futura publicación de la misma, de ahí que invite a la gente interesada a que participe cuando llegue el momento.

6.- Considerando que son básicamente prácticas de docencia la actividad que se realiza dentro de la reserva, deberá haber una comisión encargada de evaluar cada proyecto. Los aspectos que serán tomados como decisivos para permitir el uso de la zona de docencia para realizar la práctica serán los siguientes:

a) Objetivo y metodología precisas.

b) No hacer uso inadecuado de la reserva, como sería una práctica que implique destruir material biológico.

c) No podrán hacerse prácticas de docencia con poblaciones de plantas o animales que estén en peligro de extinción, como serían las especies endémicas.

d) Quedará a responsabilidad del profesor el buen desempeño de los alumnos durante la práctica. Se ha observado que durante algunas prácticas hay saqueo de material botánico de la zona. En caso de que se incurra en errores de este tipo no se permitirá el futuro acceso al profesor a la reserva.

7.- En el caso de que una práctica sea rechazada la comisión dictaminadora notificará al profesor interesado las causas del rechazo y se invitará a que repita haciendo los cambios pertinentes o si su proyecto lo retira en definitiva.

8.- Deberá haber personal de tiempo completo que se avoque a la tarea de sistematizar el material de prácticas docencia y que forma parte de la comisión dictaminadora de prácticas.

9.- El término de cada práctica, el profesor deberá indicar a sus alumnos la necesidad de retirar marcas y cualquier material utilizado durante la práctica incluyendo colillas de cigarro y cualquier otro tipo de basura.

La difusión

Propósito y estrategia

Las actividades de difusión en la reserva del Pedregal de San Angel deben de apuntar en dos direcciones:

- Dar a conocer la importancia de este ecosistema altamente diverso, enclavado en una de las mayores metrópolis del planeta.

- Transmitir, a través del encuentro con la reserva, un conjunto de conceptos de ecología que constituya una herramienta para poder analizar otros fenómenos naturales y ubicar en un contexto más amplio los problemas actuales.

Estas actividades estarán destinadas a las escuelas primarias, secundarias, bachilleratos, universidades, ciudadanos en general, y podrán ser ejecutadas por la UNAM, a través

de la Facultad de Ciencias, del Instituto de Biología, y el Jardín Botánico.

Actividades:

- Visitas guiadas por un espacio destinado especialmente a esta actividad.

- Elaboración de folletos sobre este ecosistema.

- Conferencias y cursillos sobre el origen, estado actual, riqueza florística y faunística y de conceptos biológicos que se desprenden de esta localidad como por ejemplo: sucesión, comunidad, tipo de vegetación, asociaciones vegetales formaciones, biomas, ecosistemas, reservas, especies en peligro de extinción, endemismos, dinámica de comunidades, factores limitantes, heterogeneidad ambiental, etc.

Elaboración de audiovisuales.

En una primera etapa se realizarán visitas guiadas y ofrecerán cursillos dirigidos a los maestros de las primarias de las delegaciones de Tlalpan, Coyoacán y Alvaro Obregón. Estas actividades se concertarán con las propias delegaciones para obtener financiamientos de ellas.

Para lograr ofrecer estas actividades se requiere de:

- Personal de tiempo completo (existe el personal capacitado pero falta la contratación de éste)

- Apoyo de material de impresión y reproducción.

- Apoyo de material fílmico y de fotografías.

- Disfusión de los eventos.

- Trazado y construcción de veredas.

- Rotulación de individuos y leyendas.

REGLAMENTO DE DIFUSION.

1. Las actividades de difusión se llevarán a cabo única y exclusivamente en las áreas destinadas a este propósito.
2. Las visitas se realizarán exclusivamente los sábados y domingos de 9 a 13 horas.
3. No se podrá atender a más de tres grupos por día.
4. Queda estrictamente prohibido utilizar otras áreas distintas a las destinadas para estas actividades.
5. Se prohibe la colecta de plantas y animales.
6. Los recorridos se harán exclusivamente por las veredas trazadas, no pudiendo salirse de éstas.
7. No se puede arrojar basura en las áreas de la reserva.
8. Sólo se podrá transitar por las veredas destinadas a ese fin.
9. Se prohibe estrictamente la colecta de plantas o animales.

PLAN DE TRABAJO

1. Redefinir los límites de la Reserva.
2. Definir las áreas de la Reserva destinadas a investigación, docencia y difusión.
3. Recopilar y sistematizar la información sobra la Reserva.
4. Crear una base de datos sobre la Reserva.
5. Definir, promover y coordinar las principales líneas de investigación de la Reserva.
6. Formar un directorio de los investigadores relacionados a las áreas de estudio de interés para la Reserva.
7. Coordinar los grupos de docencia que realizan prácticas en la Reserva.
8. Definir los sitios donde se construirán las veredas destinadas a difusión.
9. Elaborar un folleto de presentación
10. Elaborar dos audiovisuales de divulgación sobre las características generales de la Reserva y sobre los objetivos que ésta persigue.
11. Organizar eventos de difusión dirigidos a maestros (visitas guiadas, cursos dirigidos a profesores, principalmente de las delegaciones de Tlalpan, Coyoacán y Alvaro Obregón.
12. Organizar un primer coloquio sobre el Pedregal de San Angel.

ANEXO 3

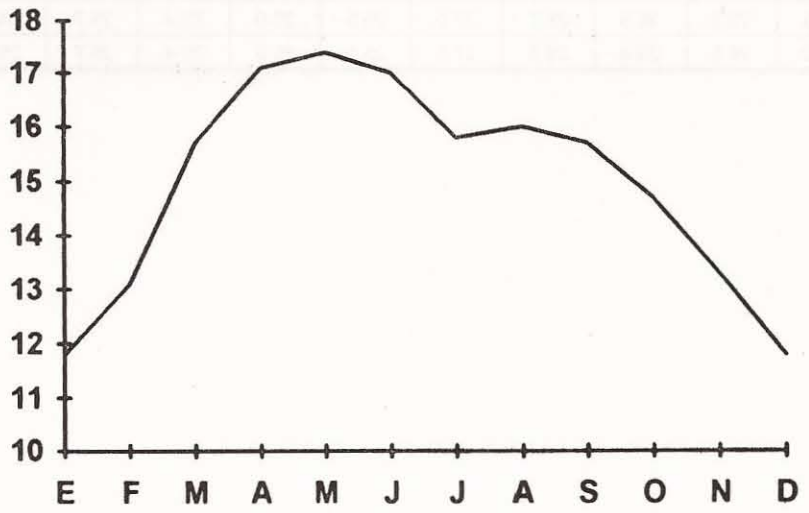
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN ºC

CIUDAD UNIVERSITARIA

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
1963	11.9	12.7	16.5	18.2	17.8	17.5	15.4	15.7	15.5	13.3	12.4	11.5	14.8
1964	11.7	14.7	16.4	19.0	17.4	16.6	15.4	16.6	16.3	13.8	13.2	11.5	15.2
1965	10.4	12.5	15.9	16.8	18.2	17.8	15.9	15.1	16.2	13.6	13.3	12.1	14.8
1966	11.4	13.1	13.8	16.3	17.9	17.6	15.9	15.8	15.4	14.4	11.2	10.3	14.4
1967	12.0	13.6	16.2	16.7	17.2	17.0	17.1	15.3	14.7	14.2	13.3	11.6	15.0
1968	10.5	11.1	13.8	15.8	16.6	16.7	15.3	15.5	15.2	15.1	12.6	11.9	14.1
1969	10.9	13.6	15.6	16.8	17.7	19.0	16.6	15.6	16.2	15.1	13.3	11.9	15.1
1970	12.6	12.3	15.2	18.8	17.1	17.0	15.8	17.3	16.4	15.6	11.7	11.6	15.1
1971	12.3	12.9	15.8	15.2	17.5	16.1	14.9	15.4	15.6	14.6	12.9	12.2	14.6
1972	11.8	11.6	14.6	17.6	17.4	17.1	15.4	15.9	15.9	15.6	15.0	11.4	14.9
1973	12.0	13.1	17.2	17.6	17.9	17.1	15.5	15.6	16.7	15.0	13.5	11.0	15.1
1974	12.7	13.5	15.6	17.3	18.5	16.8	14.2	16.5	16.1	15.0	14.6	13.0	15.3
1975	11.0	14.1	16.5	18.5	16.7	16.2	15.5	16.2	15.1	15.1	13.8	10.9	14.9
1976	10.7	11.9	15.3	15.9	16.6	16.8	16.3	17.1	16.5	14.9	12.8	13.1	14.8
1977	12.7	12.7	17.2	14.9	16.3	16.1	15.4	16.4	15.8	16.0	13.7	11.9	15.0
1978	14.4	15.0	14.8	18.5	18.2	17.1	16.6	16.7	15.5	14.2	15.0	12.9	15.7
1979	12.9	14.5	16.6	17.5	18.0	17.4	17.5	16.1	15.3	15.9	13.8	13.1	15.7
M.M.	11.8	13.1	15.7	17.1	17.4	17.0	15.8	16.0	15.7	14.7	13.3	11.8	14.9

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN ºC

CIUDAD UNIVERSITARIA



TEMPERATURAS MAXIMAS ABSOLUTAS EN °C

CIUDAD UNIVERSITARIA

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MAX. ABS ANUAL
1963	24.0	24.5	27.5	29.0	28.9	29.5	24.7	24.4	24.3	23.3	24.8	23.4	29.5
1964	25.8	27.0	28.0	30.0	29.3	25.7	25.0	25.9	27.7	26.7	23.1	22.2	30.0
1965	24.8	26.0	26.6	29.4	29.3	27.5	25.5	25.5	25.4	25.7	25.2	24.2	29.4
1966	24.1	26.3	27.0	27.6	30.0	31.3	26.0	24.7	25.3	26.5	25.8	25.0	31.3
1967	24.6	25.5	26.8	29.5	30.1	28.0	25.4	26.0	24.5	23.5	24.5	23.8	30.1
1968	24.0	24.0	26.4	27.4	27.1	27.0	25.6	25.6	24.7	25.2	25.3	26.6	27.4
1969	26.0	28.0	31.0	33.0	29.5	29.5	26.0	24.3	24.8	25.4	25.7	25.5	33.0
1970	23.6	23.8	29.4	30.4	30.0	27.8	25.0	24.9	24.3	26.3	24.7	24.7	30.4
1971	26.0	27.0	26.7	30.4	29.0	27.2	24.3	25.0	24.9	28.3	25.6	23.2	30.4
1972	23.5	25.5	26.7	29.6	27.8	26.4	25.9	24.6	26.0	27.0	26.9	25.0	29.6
1973	27.7	27.5	29.8	29.6	31.7	28.9	24.4	24.5	26.4	25.1	28.5	24.0	31.7
1974	23.7	26.5	27.2	29.0	30.5	28.0	25.0	25.8	26.5	25.7	24.7	25.6	30.5
1975	23.4	26.6	29.5	31.1	29.8	27.5	31.5	24.5	25.0	27.0	25.6	23.0	31.1
1976	22.7	26.6	28.5	26.5	28.3	27.0	24.9	25.0	25.2	24.9	25.0	24.4	28.5
1977	26.1	25.1	30.0	29.3	28.6	24.0	24.6	25.7	25.2	27.2	23.6	24.9	30.0
1978	25.8	28.8	27.7	30.1	30.0	25.0	25.6	24.4	26.5	23.7	24.7	24.0	30.1
1979	26.7	24.5	28.3	28.9	28.7	27.5	25.5	25.0	25.4	25.7	24.8	23.0	28.9
	24.8	26.0	26.6	29.4	29.3	27.5	25.5	25.0	25.4	25.7	25.2	24.2	30.1

TEMPERATURAS MINIMAS ABSOLUTAS °C

CIUDAD UNIVERSITARIA

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MIN. ABS ANUAL
1963	1.7	-2.5	4.9	6.8	7.8	9.0	8.3	5.5	8.1	5.0	0.0	-3.3	-3.3
1964	-2.3	1.6	4.2	6.0	4.8	7.6	8.0	7.6	7.6	2.0	3.0	0.6	-2.3
1965	-3.0	1.0	1.1	2.5	6.5	7.5	8.5	7.5	6.4	4.5	0.3	-3.0	-3.0
1966	-2.3	1.0	1.9	4.5	5.9	7.0	9.0	8.7	5.9	3.6	-3.0	-1.4	-3.0
1967	-2.5	-2.0	1.5	4.8	5.0	6.4	7.2	7.9	5.0	1.1	0.5	-0.9	-2.5
1968	-0.2	-3.2	1.6	5.3	6.0	6.0	7.4	8.3	8.0	1.7	1.5	0.0	-3.2
1969	-2.4	0.0	4.2	1.0	6.6	8.9	7.6	9.4	8.0	3.1	0.0	-1.1	-2.4
1970	-1.4	-1.5	0.9	5.0	4.0	7.5	7.5	7.0	8.5	5.0	-2.0	1.0	-2.0
1971	-1.0	-1.0	1.5	1.5	5.5	6.7	6.9	7.0	8.3	2.7	1.9	-1.5	-1.5
1972	1.2	-1.5	2.5	6.0	6.0	8.0	8.0	7.0	8.0	6.5	5.9	-1.0	-1.5
1973	-3.0	0.5	5.2	3.1	8.5	8.3	8.6	8.5	7.9	6.0	-0.5	-1.0	-3.0
1974	1.8	0.0	0.0	2.5	7.3	8.6	5.4	8.0	2.7		0.5	0.5	0.0
1975	-3.2	1.9	3.6	7.2	8.1	8.3	8.1	9.9	3.1	2.8	-1.0	-2.2	-3.2
1976	-1.0	-3.6	3.5	4.5	7.0	8.2	8.8	8.7	8.8	7.4	3.9	3.4	-1.0
1977	0.2	2.8	2.7	3.4	4.0	7.7	9.0	9.3	7.5	4.0	1.5	-1.0	-1.0
1978	0.5	-1.0	1.5	6.2	7.0	8.5	8.5	8.0	7.8	4.4	4.4	2.1	-1.0
1979	-0.7	2.5	4.0	5.3	7.0	4.5					1.0	2.3	-0.7
													-2.0

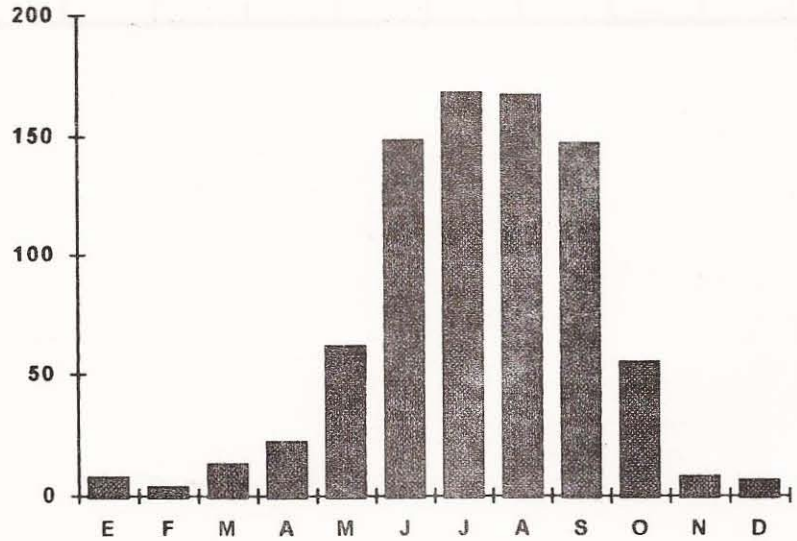
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL EN MM

CIUDAD UNIVERSITARIA

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
1963	0.0	0.0	9.9	9.0	56.1	125.9	203.7	141.4	145.0	66.7	10.9	4.6	773.2
1964	31.8	0.0	3.5	7.0	86.3	160.0	161.2	55.7	123.0	19.8	22.7	5.2	682.2
1965	1.5	7.5	2.1	28.6	23.2	148.7	139.2	278.1	155.2	49.2	0.0	5.0	838.4
1966	14.3	1.0	57.7	26.9	36.8	92.2	247.0	213.0	185.8	32.5	0.0	0.0	907.2
1967	12.6	0.0	7.0	22.7	103.8	129.0	159.9	161.7	167.3	55.8	0.0	8.8	828.6
1968	1.3	7.0	1.2	60.1	92.2	263.7	136.1	57.7	111.3	26.9	0.2	23.7	781.4
1969	3.3	0.0	14.7	4.8	25.3	51.3	193.9	343.1	149.0	74.0	0.4	0.0	859.8
1970	0.0	4.6	0.0	17.8	44.9	121.7	187.5	72.7	139.2	38.7	9.5	0.0	636.6
1971	0.0	0.6	28.2	6.5	27.7	112.7	137.4	157.4	182.1	78.9	2.3	4.6	738.4
1972	0.0	0.0	8.1	27.3	93.6	128.8	158.7	71.7	121.3	0.0	23.4	0.0	632.9
1973	0.0	2.2	0.0	21.7	55.1	144.5	196.5	147.9	163.2	29.4	42.0	0.0	802.5
1974	6.3	8.7	13.3	36.0	39.2	211.8	222.9	72.9	92.2	9.8	10.4	0.0	723.5
1975	56.6	0.5	0.2	22.4	88.4	252.4	97.6	200.0	135.5	74.5	0.0	0.0	928.1
1976	0.0	1.7	26.7	41.2	84.0	98.8	212.7	320.6	233.5	183.4	5.4	27.3	1235.3
1977	1.5	3.5	0.0	22.7	65.1	188.7	153.1	142.2	142.4	53.8	2.1	2.4	807.5
1978	5.2	12.3	53.8	7.8	45.2	129.0	151.3	192.2	130.6	144.1	8.2	7.0	886.6
1979	0.0	18.1	0.4	15.8	55.7	163.3	102.3	215.9	229.4	2.9	0.1	21.3	725.2
MEDIA MENS.	7.9	3.9	13.3	22.2	61.9	148.7	168.2	167.3	147.4	55.3	8.0	6.4	810.5

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL EN MM

CIUDAD UNIVERSITARIA PERIODO 1963-1979

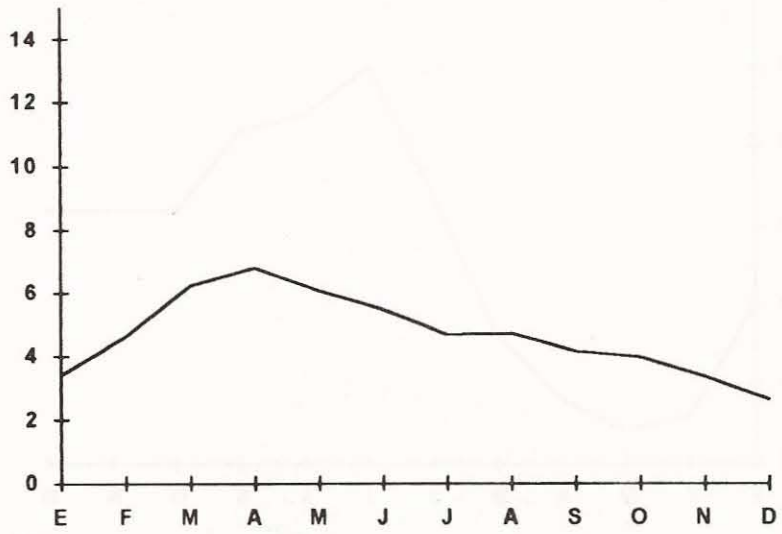


EVAPORACION MEDIA ANUAL Y MEDIA MENSUAL

CIUDAD UNIVERSITARIA

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
1963	4.17	5.95	6.40	8.03	7.68	6.08	4.81	5.62	4.38	2.78	3.59	3.11	5.20
1964	3.48	6.00	8.78	11.68	7.68	5.72	6.00	5.63	4.38	2.78	3.59	2.49	5.83
1965	3.76	4.76	5.68	7.07	5.12	5.98	4.49	4.98	4.83	4.92	3.63	2.13	5.00
1966	4.21	.09	5.79	6.31	7.52	6.99	4.99	6.12	5.43	4.77	4.83	3.09	5.28
1967	3.52	4.49	624	7.65	5.98	6.22	6.53	4.61	5.18	4.44	3.74	3.25	5.06
1968	2.75	4.62	7.11	6.06	6.29	6.02	5.12	5.63	3.68	4.12	3.62	2.80	4.77
1969	3.33	3.83	6.39	7.03	7.16	6.63	5.18	4.19	4.13	4.03	3.91	2.75	4.78
1970	3.50	4.19	7.07	7.04	6.32	4.80	4.98	4.37	4.04	3.48	3.42	2.97	4.39
1971	3.30	4.72	5.18	6.44	6.18	5.27	4.08	4.32	3.95	4.01	2.74	2.55	4.38
1972	3.04	4.96	5.44	6.79	5.58	4.88	3.76	4.12	3.96	3.86	2.89	2.66	4.33
1973	3.96	4.80	7.70	6.08	5.86	5.25	4.09	4.25	3.59	3.84	3.06	2.21	4.50
1974	3.23	4.31	4.74	5.16	5.43	4.97	3.93	4.32	4.49	3.25	4.17	2.58	4.25
1975	3.06	3.46	5.77	7.01	4.15	4.86	4.44	5.13	4.12	3.98	3.62	3.07	4.38
1976	3.18	4.41	5.75	5.09	5.32	5.45	4.11	4.30	4.38	3.88	2.84	2.38	4.19
1977	3.47	4.46	6.81	5.72	6.11	5.58	5.22	4.91	5.01	3.33	2.84	2.41	4.76
1978	3.14	4.59	5.46	6.58	6.54	3.23	3.70	4.27	3.89	4.60	2.62	1.96	4.08
1979	3.06	3.61	5.86	5.71	5.35	5.31	4.47	3.85	2.49	3.06	2.90	2.00	4.12
M. M.	3.42	4.63	6.24	6.79	6.08	5.48	4.7	4.74	4.17	3.98	3.38	2.65	4.68

EVAPORACION MEDIA ANUAL Y MEDIA MENSUAL



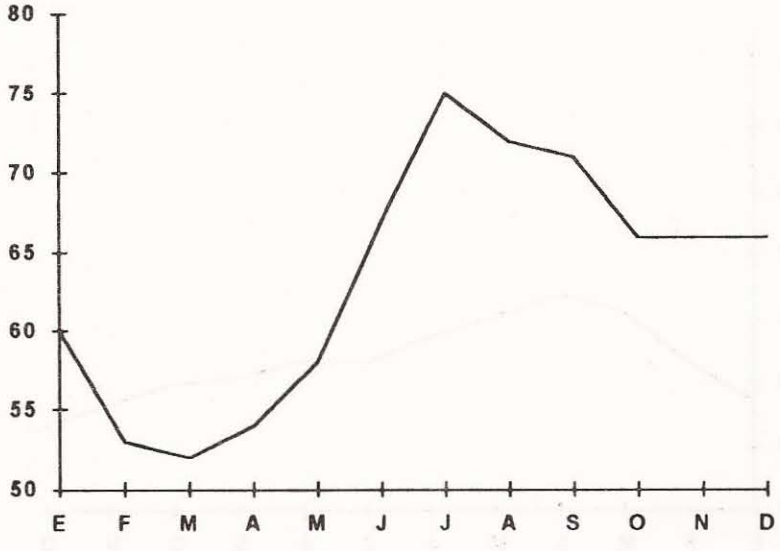
HUMEDAD RELATIVA EN

CIUDAD UNIVERSITARIA

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1963	61	43	52	55	73	71	76	83	77	78	70	67	67
1964	68	45	52	50	50	72	74	72	78	70	68	70	64
1965	62	55	49	57	64	69	84	82	72	73	78	70	68
1966	65	65	68	64	54	62	75	75	72	73	65	63	66
1967	57	51	52	52	60	63	64	74	79	70	65	63	62
1968	60	57	45	61	62	68	76	74	75	67	66	70	65
1969	59	55	51	47	47	58	71	78	75	69	66	66	61
1970	52	58	40	40	53	67	78	73	75	66	57	68	60
1971	52	45	49	43	43	67	75	74	77	70	64	61	60
1972	58	51	48	49	58	67	73	69	68	68	70	63	61
1973	54	55	48	50	58	68	76	73	71	75	67	64	63
1974	65	61	54	57	59	71	75	74	70	74	66	68	66
1975	62	54	50	52	71	79	80	77	76	71	59	55	65
1976	60	42	57	67	68	66	83	77	70	84	71	71	68
1977	63	48	53	55	60	67	75	71	75	74	71	68	65
1978	60	55	62	61	50	60	76	72	50	77	70	69	63
1979	61	61	52	55	58	65	68	77	73	54	64	66	62
M. M.	60	53	52	54	58	67	75	72	71	66	66	66	63

HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL

CIUDAD UNIVERSITARIA



Del tubo de ensaye a la Reserva Ecológica: Rescate de especies en extinción por cultivo *In Vitro*.

Abraham Rubluo Islas*.

Desde el punto de vista evolutivo, la extinción de las especies es un proceso natural, importantes teorías en el desarrollo histórico de la humanidad se han fundamentado en este hecho. Así por ejemplo se han generado doctrinas catastrofistas que interpretan las discontinuidades de la evolución como correspondientes a discontinuidades reales de la historia natural. Cambios violentos y amplios en las condiciones ambientales darían como consecuencia la extinción de gran cantidad de especies. Los paleontólogos y geólogos coinciden en que el mayor evento de destrucción biológica ocurrió a finales del cretácico. En nuestra era, la desaparición masiva de especies es aún mayor que la ocurrida en el cretácico, según apunta el reconocido experto Peter Raven (1984), con una agravante de más, y es que estos hechos no son naturales, sino provocados consciente o inconscientemente pr el hombre mismo, las causas escenciales de esta aniquilación son: destrucción del habitat de las especies y depredación de las mismas.

Agrupaciones académicas y gubernamentales han generado listas que incluyen en diversas categorías a los organismos con erosión genética: extintas, en peligro de extinción, raras, vulnerables y desconocidas, son algunas de ellas y se han efectuado congresos y reuniones en el ámbito nacional e internacional para analizar este problema y sus posibles soluciones.

Durante las tres últimas décadas del siglo XX, se ha gestado lo que se ha dado en llamar "la revolución biotecnológica" que tendrá sin duda un impacto central en la sociedad del siglo XXI en su forma de apropiación y explotación de los recursos biológicos, sin embargo también se observa una preocupación por alcanzar el llamado "desarrollo sustentable" el cual debe estar en armonía con el medio ambiente, y la conservación de los recursos naturales. En este contexto, la biotecnología vegetal puede jugar un papel importante.

En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos a lo largo de 8 años de investigación para dos especies endémicas del Valle de México y particularmente del área que incluye a la reserva ecológica de la UNAM: *Mammillaria san angelensis* cactácea casi extinta y *Bletia urbana* orquídea amenazada de extinción.

Ambas especies presentaban (en 1985) características poblacionales diferentes por lo que la estrategia seguida fue también diferente para cada una de ellas. *M. san angelensis* que otrora creciera libremente en el campus universitario (Sánchez-Mejorada 1981) tenía tan solo 5 individuos localizados en la reserva ecológica de la UNAM y solo después de fuerte labor de convencimiento, logramos que 15 semillas de estos individuos nos fueron donados para experimentos *in vitro*. Este era nuestro capital, había en consecuencia que manejarlo adecuadamente antes de gastarlo tal vez inútilmente. Había que localizar una especie, que no tuviera problemas de sobrevivencia y que estuviera filogenéticamente cercana a la especie problema, en consecuencia se discutió con los distinguidos especialistas en el campo: Dra Helia Bravo Hollis y el Maestro Hernando Sánchez-Mejorada, ambos coincidieron en que la especie adecuada era *M. haageana* de la cual pudimos tener de nuestro propio laboratorio de cactáceas cantidades suficientes de esta especie para experimentar *in vitro*.

* Jardín Botánico, Instituto de Biología. UNAM

Los experimentos preliminares realizados con *M. haageana*, incluyeron el uso de diversos medios nutritivos y condiciones ambientales que permitieron una eficiente germinación de las semillas, de las plántulas generadas se obtuvieron diversos explantes que fueron inoculados en medios nutritivos conteniendo combinaciones de reguladores del crecimiento a varias concentraciones (Martínez-Vázquez y Rubluo, 1984).

Los resultados mostraron que el uso de explantes laterales en medio MS (Murashige-Skoog, 1962) enriquecido con benzil- adenina (BA) a varias concentraciones rendia respuestas que iban de plántulas simples hasta múltiples. El mismo protocolo inicial se aplicó a las 15 semillas de *M. san angelensis* que teníamos.

Se sabe que la respuesta *in vitro* no es igual incluso en organismos de la misma especie y variedad (Rubluo y Kartha, 1985) y particularmente en cactáceas (Johnson y Emino, 1979). En nuestro caso en la mejor condición para *M. haageana*, la germinación de *M. san angelensis* fué de 8 semillas (53%) las cuales fueron procesadas como en el caso de *M. haageana* (Martínez-Vázquez y Rubluo, 1989) la respuesta no fue igual pero se logró tener un stock de plántulas *in vitro* que posteriormente se usó para explorar la producción masiva, la cual se logró igualmente con explantes laterales y en presencia de BA sola o combinada con ácido naftalenacético (ANA).

En conclusión se encontró que los resultados estuvieron influidos principalmente por dos factores: la presencia de BA y el origen del explante.

Las plántulas de *M. san angelensis* obtenidas *in vitro* enraizaron (100%) fácilmente en medio MS sin hormonas y fueron crecidas en invernadero hasta alcanzar unos 3-5 cm de longitud. Se formaron 4 lotes con 47 individuos en total, distribuidos en el área de exhibición del Jardín Botánico, de estos individuos 4 fueron substraídos antes de su evaluación, pero el resto (43: 91%) fueron llevados exitosamente hasta floración y producción de semilla fértil, 2.5 años después de haber sido inoculados en el medio nutritivo (Rubluo et al. 1993).

Desafortunadamente todos estos individuos fueron substraídos ilegalmente de la zona de exhibición. Afortunadamente tenemos varios cientos en los invernaderos del Jardín Botánico, donde también florecieron y dieron semillas fértiles. Además de la capacidad y el conocimiento suficiente para generar un número prácticamente ilimitado de estos individuos.

En el caso de la orquídea *Bletia urbana* las cápsulas maduras de 5 plantas de la colección de nuestro Jardín Botánico fueron utilizados directamente en los experimentos, cada cápsula conteniendo una enorme cantidad de semillas permitió un manejo mucho mas laxo que en el caso de la *M. san angelensis*.

Debido a que se trataba de una inducción de la germinación *in vitro* mas que un proceso morfogenético, en este caso no se probó la acción de reguladores de crecimiento y solo se exploró la respuesta de las semillas en un medio simple, el KC (Knudson, 1946) el cual es típicamente utilizado en la germinación de orquídeas y un medio complejo, el MS suplementado con las vitaminas del B5 (Gamborg et al 1968), la acción de la sacarosa, de algunos compuestos orgánicos así como de diferentes condiciones ambientales también fué evaluada. Nuestros resultados mostraron (Rubluo et al 1989) que los niveles de germinación variaron de 21-100% además de que no en todos los casos la germinación implicó desarrollo hasta adulto. El mejor resultado (100% de exito) se obtuvo en el medio KC, todas las semillas germinadas pudieron llevarse a invernadero, durante dos meses para que posteriormente 133 plantas fueran llevadas a la reserva ecológica de la UNAM en varios lotes y seguidos en su desarrollo durante varios años (Rubluo et al 1989; Rubluo et al 1993).

Un 56% sobrevivió durante 90 días en que las plantas fueron monitoreadas para su desarrollo y al año de introducidas a la reserva ecológica se obtuvo 15% de sobrevivencia, más aún tres años después de reintroducidas, las plantas sobrevivientes mostraban los bulbos anuales implicando una propagación asexual y consecuentemente una adaptación a su medio ambiente (Rubluo et al 1993).

En conclusión, podemos afirmar que en base a las experiencias presentadas, el rescate de especies en extinción por cultivo *in vitro* es factible, y que a partir de un pequeño explante puede reintroducirse una muestra poblacional capaz de autopropagarse (sexual o asexualmente) asegurando así su permanencia en la naturaleza, es decir, se ha demostrado el tránsito del tubo de ensaye a la reserva ecológica.

Es claro sin embargo que el problema no está aún resuelto, en el caso de *M. san angelensis* el pool genético es extremedamente estrecho por lo que habría de buscarse la forma de incrementar la variabilidad genética de esta especie en extinción, mediante la producción de variación somaclonal *in vitro* y mutaciones inducidas por factores físicos y químicos. Nuestros resultados (Rubluo et al 1993) muestran que la *M. san angelensis* puede ser utilizada como modelo para realizar estudios en especies en extinción y particularmente cactáceas, grupo de especial interés para México, y seriamente amenazado.

Para *B. urbana* la enorme variabilidad genética contenida en las semillas que dieron lugar a las plantas reintroducidas, minimiza el problema, más aún en el caso de esta orquídea la situación de peligro de extinción no es tan drástica como en *M. san angelensis* y es posible todavía efectuar colectas de diversas poblaciones para micropropagarlas y afianzar su rescate por cultivo *in vitro*.

REFERENCIAS

Gamborg, O.L., R.A. Miller and K. Ojima. (1968) Nutrient requirements of Suspensión culture of Soybean root cells. Exp. Cell. Res. 50: 151-158.

Johnson, J.L. and Emino, E.R. (1979) *In vitro* propagation of *Mammillaria elongata*. Hortscience 14: 605-606.

Knudson, L. (1946) A new nutrient solution for the germination of orchid seed. Amer. Orchid Soc. Bull. 15: 214-217.

Martínez-Vázquez O and A. Rubluo (1989) *In vitro* mass propagation of the near-extinct *Mammillaria san angelensis* Sánchez-Mejorada. J. of Hort Sci. 64 (1) 99-105.

Murashige, T and Skoog F. (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum, 5: 473-497

Raven, P. (1984). Foreward. The IUCN/NSF Plants Conservation Program. 1984-1985. 1.

Rubluo, A. and Kartha K. (1985) In vitro culture of shoot apical meristems of various phaseolus species and cultivars. J. Plant Physiol 119: 425-433.

Rubluo, A., V.M. Chávez, and A. Martínez (1989) *In vitro* seed germination and reintroduction of *Bletia urbana* (orchidaceae) in its natural habitat. Lyndleyana 4 (2) 68-73.

Rubluo, A. , V. M. Chávez, A.P Martínez and O. Martínez-Vázquez (1993) Strategies for the recovery of endangered orchids and cacti through *in vitro* culture. Biol. Conserv. 63: 163-169.

Sánchez Mejorada H. (1981) Un nombre nuevo para una cactácea del Anahuac. Cact y Succ. Mex. 26: 6-9.

Avances en la propagación de cuatro especies presentes en El Pedregal de San Angel D.F.

Verónica González Kladiano, Francisco Camacho Morfin

Investigadores Titulares del CENID-COMEF INIFAP-SARH

INTRODUCCION

En la recuperación de áreas degradadas, existe la inquietud de restablecer especies nativas de la zona a trabajar, de las cuales en muchos casos se desconocen los métodos de propagación.

En los viveros es muy frecuente el empleo de los propágulos sexuales de las plantas, es decir sus semillas; las cuales pueden requerir de un tratamiento previo a la siembra para que puedan germinar.

En la presente contribución se dan a conocer los avances logrados en este aspecto, con algunas de las plantas leñosas que crecen en el Pedregal de San Angel, D. F. México. Lo cual se espera que sea útil para quienes trabajen en esta zona ó en la reforestación de sitios con condiciones ambientales similares.

Los experimentos realizados consistieron en la evaluación de tratamientos para estimular la germinación, los cuales se eligieron de acuerdo con los antecedentes encontrados y a las características de las semillas de cada especie. Las siembras se realizaron tanto en laboratorio, como en envases con tierra.

ANTECEDENTES

El Pedregal de San Angel, ubicado al Sur del Distrito Federal, México, constituye un derrame de lava, ocurrido en tiempos históricos, en el cual en su parte baja está colonizado entre otras plantas por: *Buddleia cordata, Dodonaea viscosa, Eysenhardtia Polystachya* y *Mimosa biuncifera* (Rzedowski, 1954).

Existe poca información disponible sobre la propagación de las especies trabajadas; a continuación se presenta un extracto acerca de cada una de ellas.

El tepozán (*Buddleia cordata*) es una Loganiaceae con porte arbustivo o arbóreo, que habita en los valles altos del centro de México, sobre todo en sitios perturbados (Vargas, 1985). Por su producción de hojarasca y su capacidad para crecer en lugares erosionados y pedregosos tiene un potencial importante para recuperar zonas degradadas. En un estudio sobre tepetates en Matlalohcan, Tlax., después de 12 años de establecida la plantación, se tuvo una supervivencia de 83% y una cobertura del suelo de 64% con plantas de 1 m de altura; la producción de hojarasca por planta en peso seco fue de 107 g (Garzón, 1988).

Se cree que el tepozán tiene exigencias de luz para germinar, pues la emergencia en suelo únicamente se presenta en siembras realizadas superficialmente, además las semillas son muy pequeñas, en un kilogramo se tienen unos 45 millones de ellas (Camacho y Contreras, 1992; Rosales y Camacho, 1986).

El chapulixtle, jara, u ocotillo (*Dodonaea viscosa*) pertenece a la familia Sapindaceae. Es un arbusto o arbolito perennifolio ampliamente distribuido en las zonas tropicales y subtropicales del mundo, en México crece silvestre en comunidades secundarias, sobre todo encinares perturbados en sitios fuertemente erosionados con climas templados y semicálidos (Niembro, 1986; Marroquín, 1985). Esta planta produce los tutores hortícolas más apreciados en el centro de México (Linares, 1992). Ademas, tiene un potencial utilitario para la formación de setos en áreas con temporal limitado y sin riego, es medicinal y es capaz de crecer en suelos muy erosionados (Camacho y Bustillo, 1988. y Niembro, 1986).

Las semillas del chapulixtle, son esferoides y tienen de 1.5 a 2 mm de diámetro (Marroquín, 1985). En ensayos preliminares, se encontró que las semillas deben escarificarse para que puedan germinar (Mitastein, 1962).

El huixcolote o uña de gato (*Mimosa biuncifera*) es una leguminosa arbustiva caducifolia que crece silvestre en lomeríos erosionados de zonas áridas y subhúmedas desde Arizona y Nuevo México hasta Oaxaca, en altitudes alrededor de los 2000 m.s.n.m. (Espinosa, 1979). Esta planta es útil para recuperación de suelos pues tolera incendios y pastoreo, fija nitrógeno y aporta hojarasca (Grether, 1982). Las semillas del huixcolote son aplanadas de forma obovada, de aproximadamente unos 4 mm de largo por 2 de ancho (Espinosa, 1979). Como en la mayoría de las leguminosas, las semillas del huixcolote son impermeables. (Rolston, 1978).

El palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) es una leguminosa arbustiva originaria del centro y norte de México (Espinosa, 1979). Su facultad de crecer en suelos degradados, su resistencia a la sequía y su capacidad para producir forraje, la hacen un elemento importante para el rescate ecológico de áreas erosionadas y semiáridas. En esta especie la diáspora es una vaina indehiscente de 1 a 1.5 cm de largo y de 4 a 6 mm de ancho, que contiene generalmente una sola semilla (Espinosa, 1979). Se considera que el pericarpio, inhibe la germinación con los compuestos solubles que contiene, se ha sugerido probar el remojo por más de 24 horas para mejorar la germinación (Camacho, 1987).

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Semillas Forestales del CENID-COMEF (INIFAP), ubicado en Coyoacán, D. F. Se desarrolló en forma consecutiva con el objeto de encontrar los tratamientos requeridos para hacer germinar las semillas en condiciones de laboratorio y después probarlos en la producción de plantas en vivero.

Las siembras en el laboratorio se hicieron en cajas de petri estériles, con un disco de papel filtro como substrato; la incubación se efectuó a una temperatura de 22 a 25°C. Cada caja constituyó la unidad experimental. Para todos los experimentos, se empleó un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento.

La duración de los experimentos fue de 15 días. Se consideró que la germinación ocurría, cuando la plántula tenía al menos 0.5 cm de largo. Con los datos obtenidos se determinó: porcentaje de germinación y el tiempo medio de germinación (Morales y Camacho, 1985).

Se verificó la efectividad de los tratamientos seleccionados en laboratorio para estimular la germinación en suelo, para lo cual se efectuaron siembras similares a las que se realizan en los viveros forestales del país, es decir, a la intemperie en bolsas o envases perforados de polietileno negro, de 8 cm de ancho por 20 cm de altura, llenos con tierra negra de monte.

Las semillas de *Buddleia cordata* se cosecharon en el Vivero Coyoacán, D.F. en febrero de 1992, sacudiendo frutos secos en bolsas. Debido a lo pequeño de las semillas se esperaba de acuerdo con Atwater (1980) que requirieran luz para germinar, y que este requerimiento se pudiera substituir aplicando reguladores de crecimiento. Para ello, se aplicaron tratamientos consistentes en combinar la incubación con luz y en obscuridad, con la aplicación de un riego inicial usando: agua, soluciones de tiourea al 0.5%, nitrato de potasio al 0.5% y giberelina a 1000 ppm.

Las siembras se realizaron en laboratorio colocando 100 semillas en cada una de las cajas, las cuales se envolvieron con papel aluminio inmediatamente después de la siembra para la incubación en la obscuridad.

En vivero, se hicieron siembras de 200 envases con 40 semillas cada uno, la mitad de ellos, se cubrió con una capa de tierra de 0.5 cm de espesor y la otra mitad se dejó descubierta. El riego se efectuó con una boquilla atomizadora, para no mover la tierra, evitando cubrir accidentalmente las semillas.

Para el experimento de *Dodonaea viscosa* se usó material colectado en el Pedregal de San Angel, D. F. y en Naucalpan, Estado de México., en 1985. Debido a que las semillas no se embebieron al remojarlas en agua a temperatura ambiente, se trató de eliminar la impermeabilidad de las semillas con la inmersión en agua a 75 y 92°C por 4 y 8 min; como testigos se utilizaron semillas sin tratamiento.

La elección de los tiempos y temperaturas se fundamentó en experiencias realizadas anteriormente con semillas impermeables (Ramírez y Camacho, 1987).

El experimento se hizo en laboratorio, la unidad experimental se conformó de 50 semillas, considerando el número de ellas que se podían colocar en una caja de 9 cm de diámetro sin que se tocaran.

En vivero, se hicieron siembras de semillas tratadas a 75 °C por 8 min y de semillas no tratadas. En ésta y en el resto de las especies, se sembraron 3 semillas por envase.

Las semillas de *Mimosa biuncifera* se obtuvieron en lomeríos erosionados del municipio de Naucalpan en octubre de 1988. En el experimento se combinaron temperaturas de inmersión en agua a 72° y 92°C, con duraciones del tratamiento de 3 y 6 min. Como testigos se usaron semillas sin tratamiento y semillas escarificadas manualmente, a las que se les cortó el extremo de la testa opuesto al sitio en que emerge la radícula. Las unidades experimentales fueron de 50 semillas.

En vivero, se hicieron siembras de semillas tratadas a 75°C por 6 min y de semillas no tratadas.

Las diásporas de *Eysenhardtia polystachya*, se cosecharon en el Parque Nacional de los Remedios, Naucalpan, Estado de México. En esta especie se aplicaron tratamientos de remojo en agua a temperatura ambiente (22°C), con una duración de 1 a 4 días con y sin secado final. Como testigos se dispuso de diásporas intactas y de semillas a las que se les quitó manualmente el pericarpio. La unidad experimental se conformó de 25 semillas.

En esta especie se esperaba que el remojo por periodos mayores de 24 horas, mejorara el estímulo a la germinación y que el secado aplicado al final del tratamiento no tuviera efecto sobre la germinación (Camacho, 1987).

RESULTADOS Y DISCUSION:

Morfológicamente, las semillas de tepozán corresponden a un tipo de semillas minúsculas, entre las cuales Atwater (1980) ha encontrado que es frecuente que requieran luz para germinar.

El comportamiento del tepozán no concordó con esta hipótesis, ya que cuando se les regó con agua, tuvieron porcentajes de germinación superiores al 30%, independientemente de la disponibilidad de luz; la aplicación de reguladores del crecimiento fue perjudicial a la germinación en términos generales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de germinación de semillas de *Buddleia cordata* a 25°C, en relación con luz y la aplicación de reguladores de crecimiento.

	Agua	Giberelina 1000 ppm	Tiourea 0.5%	Nitrato de potasio 0.5%
Con luz	40 a	1 c	0 c	48 a
Sin luz	35 a	0 c	0 c	15 c

Las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente (Prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$).

Cuadro 2. Porcentaje de germinación de semillas de *Dodonaea viscosa* en relación con la procedencia y el tratamiento.

Temperatura del agua (°C)	Origen: Naucalpan Edo. Méx.		Origen: Pedregal De San Angel D. F.	
	Minutos de inmersión			
	4	8	4	8
75.0 C	51.5 a	55.5 a	75.5 a	74.0 a
92.0 C	25.5 b	22.0 b	75.5 a	66.5 a
Testigo	11.0 b		6.0 b	

En cada origen, los valores con la misma letra no difieren significativamente, (Prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$).

En las bolsas con tierra no hubo emergencia de plántulas, cuando las semillas se cubrieron, en cambio, cuando se les dejó descubiertas, el 85% de los envases tuvieron plantas, en un promedio de 10 por envase.

Esto indica que las semillas de tepozán no requirieron luz para germinar y que la baja producción de plantas obtenida en siembras cubiertas con tierra, puede deberse más a la incapacidad de las pequeñas plántulas para crecer hasta salir a la superficie, que a una falta de germinación.

Lo anterior no se pudo comprobar, ya que es muy difícil recuperar del suelo semillas tan diminutas para examinarlas.

Las semillas sin tratamiento de *Dodonaea viscosa* tuvieron una germinación menor al 15%, mientras que las semillas tratadas con agua caliente alcanzaron valores cuando menos dos veces mayores a las obtenidas por el testigo (Cuadro 2).

Al examinar las semillas sin tratamiento que no germinaron, se encontró que no habían aumentado de volumen y al partirlas se observó que sus tejidos internos estaban secos; verificando así que en *Dodonaea viscosa* se presentan semillas impermeables, como se había encontrado en las pruebas preliminares de imbibición.

El mejor tratamiento para estimular la germinación es la inmersión en agua a 75°C (Cuadro 3). Como en otras especies en que se presentan semillas impermeables (Ramírez y Camacho, 1987; Rolston, 1978), la inmersión en agua hirviendo (92°C), produjo una menor germinación ya que incrementó la cantidad de semillas muertas, sobre todo en la procedencia del Estado de México.

El tiempo de germinación de las semillas tratadas fue de 11 días.

En suelo, la germinación sin tratamiento fue pobre (2 %). Las semillas tratadas tuvieron una germinación de 48%, en un lote que en laboratorio obtuvo 76%.

En el experimento de laboratorio realizado con semillas de huixcolote (*Mimosa biuncifera*), todas las unidades experimentales tuvieron una cantidad importante de semillas que se pudrieron. Con el fin de conocer mejor el efecto de los tratamientos, se consideró necesario determinar los porcentajes de germinación, semillas impermeables y podridas (Camacho y Morales, 1992).

Con los tratamientos de inmersión en agua a 72°C, *Mimosa biuncifera* obtuvo germinaciones superiores a las alcanzadas por el testigo. Los porcentajes fueron tan altos como los obtenidos por las semillas a las que se les cortó la testa (Cuadro 3). Con las inmersiones a 92°C la germinación prácticamente fue nula.

Cuadro 3. Estado de las semillas de *Mimosa biuncifera* relacionado con el tratamiento en agua caliente, a un mes de la incubación a 25°C.

Tratamiento				
Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Germinadas (%)	Impermeables (%)	Muertas (%)
72	3	67 a	9 b	24 b
72	6	50 a	8 b	42 ab
92	3	1 c	1 c	98 a
92	6	2 c	0 c	98 a
Escarificado		75 a	0 c	25 b
Sin tratamiento		15 b	54 a	31 b

En cada columna, las medias con la misma letra no difieren significativamente (Prueba de Tukey, α= 0.05).

Aún en las semillas sin tratar la mortalidad fue relativamente alta, por daños debidos a gorgojos principalmente. Las semillas perforadas manualmente tardaron 4 días en germinar, mientras que las tratadas con agua a 75°C por 3 y por 6 min germinaron en 10 días aproximadamente. No obstante, no se recomienda la escarificación manual, ya que es mas difícil y laborioso que el tratamiento con agua caliente.

En observaciones realizadas en siembras efectuadas en suelo, la germinación de las semillas de huixcolote fue baja (menor de 10%). Al examinar las semillas que no germinaron, la mayoría de ellas estaban podridas.

En *Eysenhardtia polystachya* los tratamientos y testigos evaluados tuvieron porcentajes de germinación estadísticamente iguales, con valores cercanos al 77% (Cuadro 4). El testigo requirió de 9 días para germinar, mientras que las semillas sin pericarpio y las remojadas durante 48 y 96 hr requirieron de 5 a 7 días. Esta reducción del tiempo de germinación fue significativa de acuerdo con las pruebas realizadas.

El mayor estímulo germinativo debido al remojo y secado, se atribuye al debilitamiento del pericarpio que ejerce un efecto mecánico, como ocurre en *Prunus serotina* ssp *capuli* (García, y Camacho, 1988) y en *Crataegus pubescens* (Camacho y Morales, 1991). El efecto estimulante de estos tratamientos también se ha manifestado en lechuga y en varios pastos (Khan, 1977).

Cuadro 4. Germinación de *Eysenhardtia polystachya* en relación con la presencia del pericarpio, la duración del remojo en agua y el secado previo a la siembra.

Tratamientos aplicados	Porcentaje de germinación	Tiempo de germinación (Promedio de días)
Sin tratamiento	71 a	9.01 ab
Sin pericarpio	82 a	4.97 d
Remojo por 24 hr. con secado	84 a	6.81 bcd
" " 48 " "	85 a	6.27 cd
" " 72 " "	81 a	6.86 bcd
" " 96 " "	84 a	6.37 cd
Remojo por 24 hr. y siembra	82 a	8.24 bc
" " 48 " "	80 a	8.08 bc
" " 72 " "	61 a	8.97 ab
" " 96 " "	58 a	11.01 a

Las medidas seguidas por la misma letra no difieren significativamente (prueba de Tukey, α = 0.05).

Cuando la germinación únicamente es obstaculizada por los inhibidores que contienen las cubiertas, el secado posterior al remojo no afecta la germinación como ocurre en *Schinus molle* (Camacho, 1985).

Aún con tratamiento, la emergencia en el palo dulce fue muy pobre, apenas un 25% en un lote que en laboratorio pudo alcanzar más del 75%. Al examinar las semillas que no germinaron, la mayoría de ellas estaban podridas.

Recapitulando los resultados obtenidos, se encontró que no en todas las especies trabajadas el tratamiento fue indispensable para obtener la germinación.

En el tepozán, la luz y los reguladores de crecimiento no tuvieron un efecto estimulante. Sin embargo, para confirmar la ausencia de fotoblastismo, se requiere ensayar la germinación a diferentes temperaturas.

En el palo dulce, el tratamiento no incrementó de manera significativa el porcentaje de germinación, el cual para el testigo, fue relativamente alto. No obstante, un incremento en la velocidad de germinación, es una ventaja importante en la propagación en vivero (Camacho y Morales, 1992).

Tanto en el palo dulce como en el huixcolote, se obtuvo una mayor velocidad de germinación al escarificar manualmente, sin embargo, en ambas se trata de un proceso laborioso, por lo que lo mejor es usar los métodos de remojo evaluados.

La aplicación de tratamiento fue determinante para obtener la germinación del chapulixtle y el huixcolote, en estas especies se comprobaron las afirmaciones de Ramírez y Camacho (1987), en el sentido de que la inmersión en agua de 72 a 75°C es suficiente para eliminar la impermeabilidad; hervir las semillas es perjudicial.

Una baja emergencia en vivero no solo se puede atribuir a que las semillas necesitan de un tratamiento para germinar. En las pruebas realizadas se encontró que muchas semillas se pudrieron en el suelo y algunas de las plántulas obtenidas murieron poco tiempo después de emerger.

Lo anterior se atribuye al mal de semilleros o ahogamiento, básicamente al tipo preemergente (Hartmann y Kester, 1971) Con el fin de mejorar las emergencias obtenidas (Boyd, 1969). Es necesario emprender estudios acerca del control de esta enfermedad, en los cuales se evalúe el uso de sustratos, fungicidas, esterilización de la superficie de las semillas, entre otros aspectos (Landis, 1989).

El huixcolote, plantea el problema adicional del control de los daños causados por los gorgojos en las semillas.

BIBLIOGRAFIA

Atwater, B. R. 1980. **Dormancy and morphology of seeds of herbaceous ornamental plants**. Seed Science and Technology. 8 (4): 523-573.

Boyd, C. W. 1969. **A better estimation of nursery survival used in the sowing formula**. Tree Planters Notes. 20 (3): 21-24.

Camacho M, F. 1985. **Identificación del mecanismo que inhibe la germinación de *Schinus molle* L. y forma de eliminarlo**. *Ciencia Forestal.* México. 10 (55): 35-49.

Camacho M, F. 1987. **Germinación de semillas de palo dulce (*Eysenhardtia polytachya* (Ortega) sarg.) en siembras densas**. *Ciencia Forestal.* México. 12 (62): 3-14.

Camacho M, F. y Bustillo O, O. H. 1988. **Prospección de chapulixtle como arbusto topiario para el área urbana del Distrito Federal**. Memorias de la I Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del Distrito Federal. CIFAP-DF, INIFAP. México. D. F. pp 22. (Resumen).

Camacho M, F y Morales V, G. 1991. **Germinación de semillas de tejocote en relación con el remojo previo a la siembra**. Memoria del I Encuentro Nacional de Tejocote; Agronomía e Industrialización. Gob. del Edo. de Mich. CIFAP-Mich, ITJ. CIDEM, UMSNH y FIRA. Morelia, México. pp 35-36.

Camacho M, F. y Contreras M, N. 1992. **Propagación del Tepozán (*Buddleia cordata* H.B.K.)**. Memorias del XIV Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI y Univ. Aut. de Chiapas. México, D. F. pp 662.

Camacho M, F. y Morales V, G. 1992. **Métodos para el análisis del efecto de tratamientos sobre la germinación**. Memoria de la Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del Campo Experimental Coyoacán. Publicación Especial Número I. SARH. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CECOY. México,D.F. pp 282-290.

Espinosa, J. 1979. **Leguminosae**. En: Rzedowski, J. y Rzedowski G. C. (ed.) Flora Fanerogámica del Valle de México Vol. I. CECSA. México, D. F. pp 284 - 323.

García C, S. E. y Camacho M, F. 1988. **Efecto del remojo y secado germinación de *Prunus serotina* ssp *capuli*** (Cav.) McVaugh. Memorias del VI Simposio de Ciencias en Sistemas Biológicos. México, D. F. Facultad de Ciencias, UNAM. pp 82-91.

Garzón C, C. E. 1988. **Establecimiento y desarrollo de tres especies forestales en tepetates del AEF. Matlalohcan, Tlax**. Primera Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del CIFAP-Tlaxcala, INIFAP. México. pp 15. (Resumen).

Grether, R. 1982. **Aspectos ecológicos de *Mimosa biuncifera* y *Mimosa monacistra* en el noroeste del estado de Guanajuato**. Bol. Soc. Bot. de México. 43:43-60.

Hartmann, H. T. y Kester D. E. 1971. Propagación de Plantas; Principios y Prácticas. Trad. A. A Marino. CECSA. México, D. F. 809 pp.

Khan, A. A. 1977. **Preconditioning and performance of seeds** En: Khan, A. A. (ed.) *Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination.* Elsevier/ North Holland Biomedical Press. Holanda. 283-386 pp.

Landis, D. T. 1989. **Disease and pest management**. En: Landis, T, D.; Tinus, R W.; Mc Donald, S. E. and Barnett, J. P. (ed.). *The Container Tree Nursery Manual. Vol 5.* USDA Forest Serv. Agric. Handbk. 674. USA. pp 1-99

Linares A, M. 1992. **Comercialización de los recursos forestales de la flora, fauna e insectos de la selva baja caducifolia de Morelos**. Memorias de Avances de Investigación del INIFAP en Selvas Bajas Caducifolias del Estado de Morelos. Inst. Nal. de Invest. Forest. y Agropec. Centro Reg. de Invest. del Centro. México. pp 24 -30.

Marroquín, J.S. **Sapindaceae**. En: Rzedowski, J. y Rzedowski G. C. (Ed.) *Flora Fanerogámica del Valle de México Vol. II.* Escuela Nacional de Ciencias Biológicas e Instituto de Ecología. México, D. F. pp 44-46.

Mitastein S, M. 1962. **Estudios ecológicos y edáficos en relación con el problema de reforestación en la zona de los Remedios, México.** Tesis Profesional Biólogo. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. pp. 137.

Morales V, G. y Camacho M, F. 1985. **Formato y Recomendaciones para evaluar germinación**. III Reunión Nacional Sobre Plantaciones Forestales. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. pp 123- 138.(Publicación Especial No.48.).

Niembro R, A. 1986. **Arboles y arbustos útiles de México**. Limusa. México, D. F pp. 85-86.

Ramírez O, M. G. y Camacho M, F. 1987. **Tratamiento de semillas latentes de importancia económica**. Biología y otras ciencias. México. 16(1-4):37-42.

Rolston, M.P. 1978. **Water impermeable seed dormancy**. Bot. Rev. 44 (33): 356-436.

Rosales M, P. y Camacho M, F. 1986. **Problemas en la reproducción de plantas que pueden colonizar suelos degradados en Naucalpan, Estado de México**. Primer Simposio Internacional sobre Areas Protegidas en México. UNAM-SEDUE-CONACYT. México, D. F. pp 47-48. (Resumen).

Rzedowski, J. 1954. **Vegetación del Pedregal de San Angel, Distrito Federal, México**. An. Esc. Nal. Ciencias Biológicas. México. 8:59-129.

Rzedowski, J. 1978. **Vegetación de México**. Limusa. México, D. F. pp 203.

Vargas N, A. A. 1985. ***Loganiaceae***. En: Rzedowski, J. y Rzedowski G. C. (ed.) Flora Fanerogámica del Valle de México Vol. II. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas e Instituto de Ecología. México, D. F. pp 212-215.



Rector de la Universidad

José Sarukhán

Coordinador de la Investigación Científica

Gerardo Suarez

Comité de la Reserva Ecológica

Dr. Jorge Soberón
M. en C. Julia Carabias
Dr. Robert Bye
Dr. Jorge Meave

Se terminó de imprimir en los Talleres de Impresos del Valle,
Eugenia 122-C Col. del Valle.
En la formación se utilizó tipografía Arial de 11 pts.
Se imprimió sobre papel couché mate paloma de 100 grms.
Portadas en eurokote 12 pts.
Esta edición consta de 500 ejemplares.

Ciudad de México, Mayo de 1994



