

## 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. Asimismo, 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.<sup>1</sup> Como resultado del proceso de sucesión subsecuente, aparecieron una serie de comunidades biológicas con un gran interés ecológico.<sup>2</sup> El crecimiento de la ciudad causó una disminución drástica de estas comunidades.<sup>3</sup> En particular, la comunidad denominada por Rzedowski<sup>2</sup> *Senecionetum praecocis*, una de las más interesantes, se vio reducida de aproximadamente 40 km<sup>2</sup> iniciales a una pequeña zona de 1.47 km<sup>2</sup>

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).

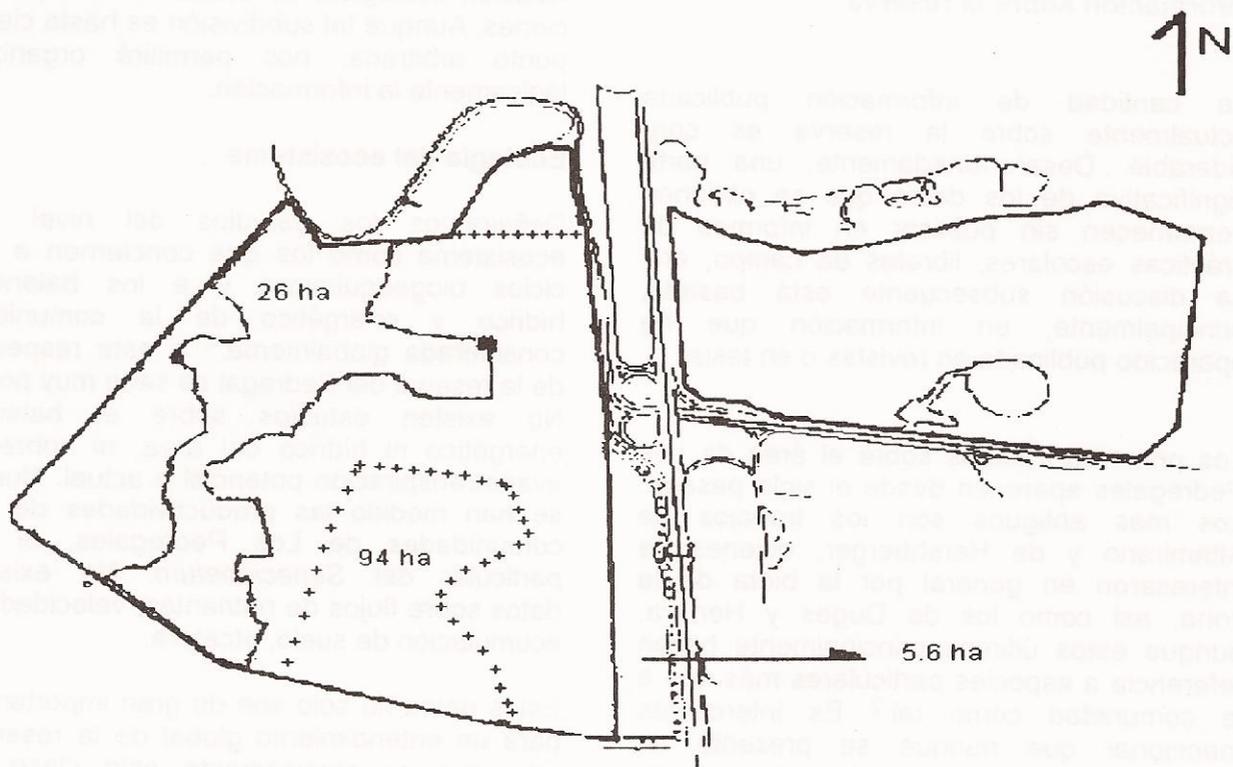


Fig. 1 Límites actuales de la reserva del Pedregal de San Angel. La zona delimitada por una línea gruesa es la reserva. Los polígonos de línea delgada, dentro de la reserva, indican la zona de uso restringido en donde se encuentran diferentes dependencias de la UNAM o zonas escénicas o jardinadas, pero 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.<sup>2</sup> 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 Ángel 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 comunidad se reducen al clásico de Rzedowski<sup>2</sup>. No conocemos un solo estudio publicado sobre la ecología de ecosistemas del Pedregal de San Ángel.

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.<sup>4</sup> 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

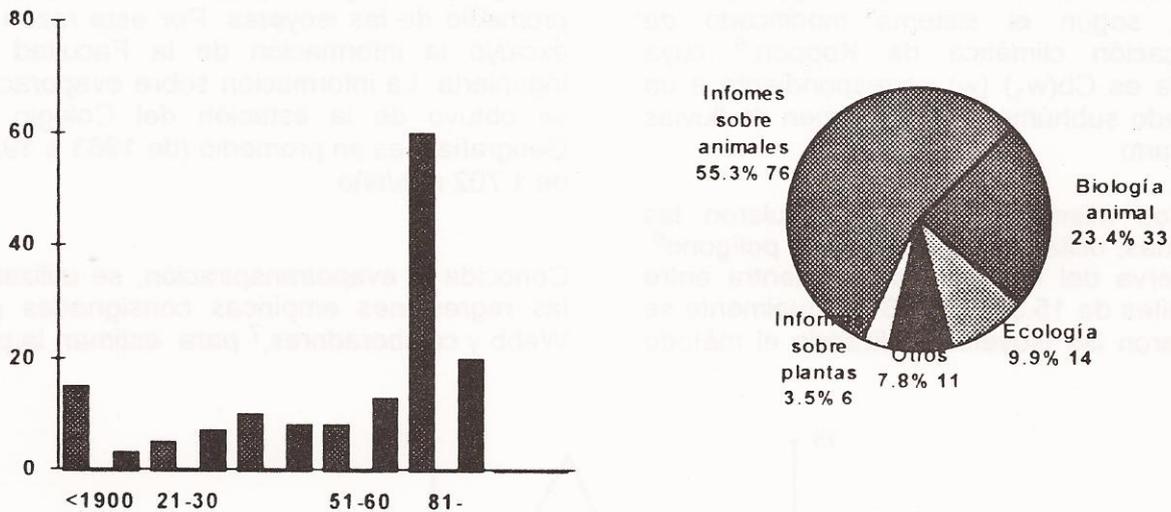


Figura 2. El diagrama de barras muestra el número de publicaciones que hacen referencia a aspectos de la reserva del Pedregal. El diagrama de pastel muestra los principales contenidos de las publicaciones

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<sup>5</sup> y datos no publicados), se determinó por

delimitación el clima del Pedregal de San Angel, según el sistema modificado de clasificación climática de Koppen,<sup>6</sup> 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<sup>6</sup>. 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

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,<sup>7</sup> para estimar la pro-

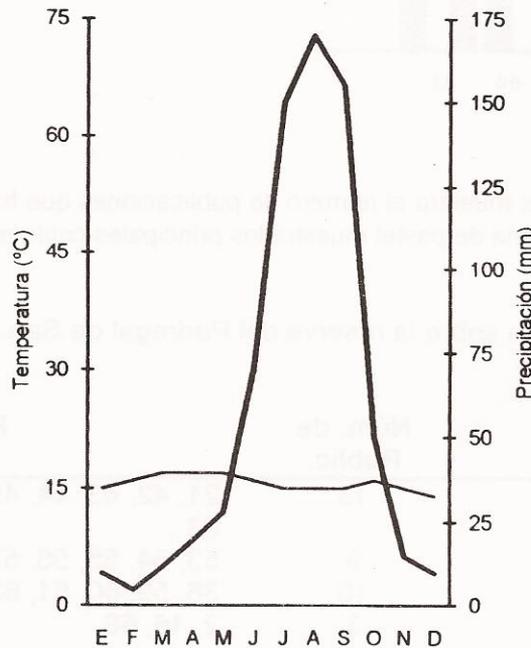


Figura 3. Diagrama ombrotérmico de la reserva del Pedregal. Información sobre las estaciones meteorológicas consultadas en el texto.

del gradiente,<sup>6</sup> 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,<sup>6</sup> la precipitación media anual en la Facultad de Ingeniería es de 691 mm/año, la que difiere notablemente de la del

ductividad primaria aérea neta anual (véanse figura 4 y cuadro 2), que en promedio es de 96 gramos/m<sup>2</sup> (d.s.=18g/m<sup>2</sup>), 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.

Ahora bien, aceptando dicha cifra como base hipotética, podemos recurrir a la correlación encontrada por Mac-Naughton y colaboradores,<sup>8</sup> 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<sup>9</sup> y Golley.<sup>10</sup>

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.

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

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.<sup>11,12</sup>

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  $1.5 \text{ gm}^{-2}$  (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  $1 \times 10^3 \text{ kg}$  por hectárea al año, es posible calcular el consumo de  $\text{CO}_2$  y la cantidad de  $\text{O}_2$  que produce,<sup>13</sup> 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%.<sup>14</sup> La reserva absorbería entonces alrededor de  $1.46 \times 10^3 \text{ kg}$  de  $\text{CO}_2$  y generaría unos  $1.06 \times 10^3 \text{ kg}$  de  $\text{O}_2$ , lo cual proporciona oxígeno a 754 personas, si cada persona consume 240 kg de  $\text{O}_2$  al año, aproximadamente.<sup>13</sup>

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.

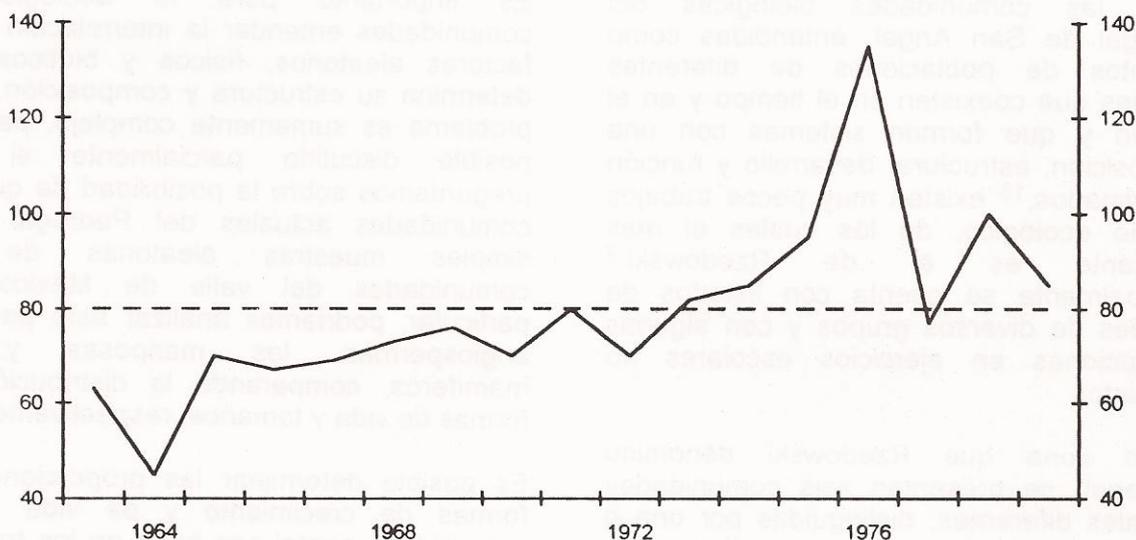


Figura 4. Productividad Primaria Neta aérea estimada indirectamente sobre datos de evaporación (véase el texto)

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

- PPN = Producción Primaria Neta aérea<sup>7</sup> (r<sup>2</sup> = 0.82)  
 PSN = Producción Secundaria Neta aérea<sup>8</sup> (r<sup>2</sup> = 0.36)  
 BS = Biomasa Secundaria aérea<sup>8</sup> (r<sup>2</sup> = 0.58)  
 H = Densidad de Herbívoros<sup>9</sup> (Cuadro Xa; ecuación 8; r<sup>2</sup> = 0.62)  
 C = Densidad de Carnívoros<sup>9</sup> (Cuadro Xa; ecuación 12; r<sup>2</sup> = 0.81)  
 b = Índice de natalidad<sup>9</sup> (Cuadro VIIIc; ecuación 31; r<sup>2</sup> n.d.)  
 r = Índice de crecimiento<sup>9</sup> (Cuadro VIIIc; ecuación 4; r<sup>2</sup> = 0.87)  
 $\gamma$  = Tiempo esperado para la extinción<sup>40</sup>  
 N = Densidad máxima esperada (H y C arriba)  
 V<sub>a</sub> = (véase texto)  
 Los Kg en las ecuaciones (5), (6), (7) y (8) son de peso húmedo  
 KJ ≈ 4.55 x 10<sup>-2</sup>g de peso seco<sup>9</sup>

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,<sup>15</sup> existen muy pocos trabajos de tipo ecológico, de los cuales el más importante es el de Rzedowski.<sup>2</sup> 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<sup>2</sup> y Valiente-Banuet y Luna-García.<sup>16</sup> Las herbáceas representan la forma de crecimiento más abundante (77%),

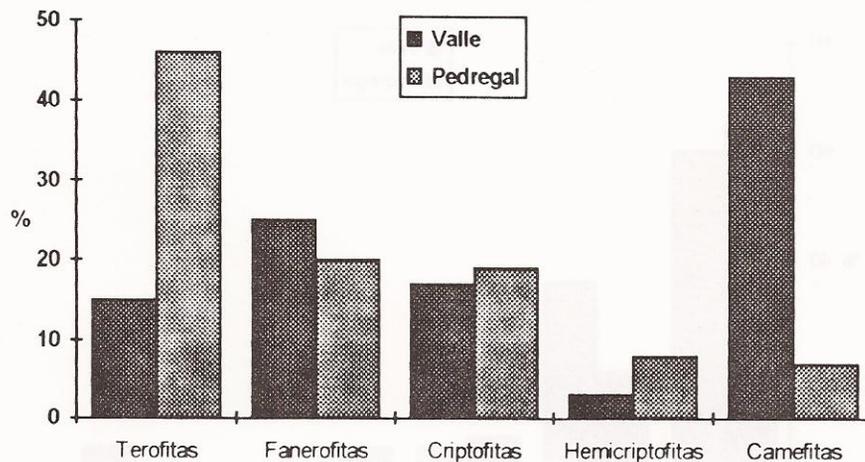


Figura 5. Distribución de las formas de vida en el Valle de México y la reserva del Pedregal

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

Utilizando la clasificación de Raunkier,<sup>15</sup> las terofitas representan casi 50% de las formas de vida, mientras que las fanerofitas y las geofitas representan el 20% y 18%, respectivamente.<sup>17</sup> (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.<sup>18</sup>

Es muy interesante que ni la distribución de tamaños, que al menos en los mamíferos es de una gran importancia ecológica,<sup>9</sup> ni la de patrones de coloración de las mariposas, se distinguen 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.

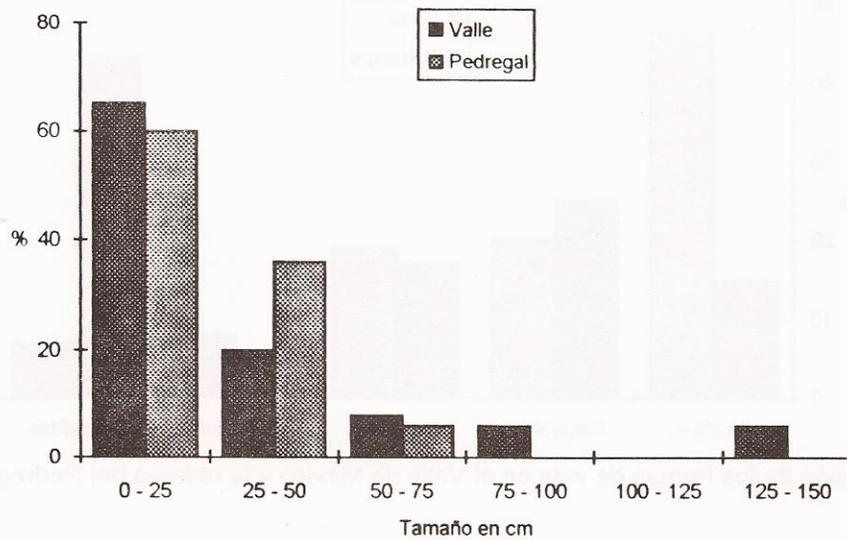


Figura 6. Distribución de los tamaños de los mamíferos en el valle de México y en la reserva del Pedregal.

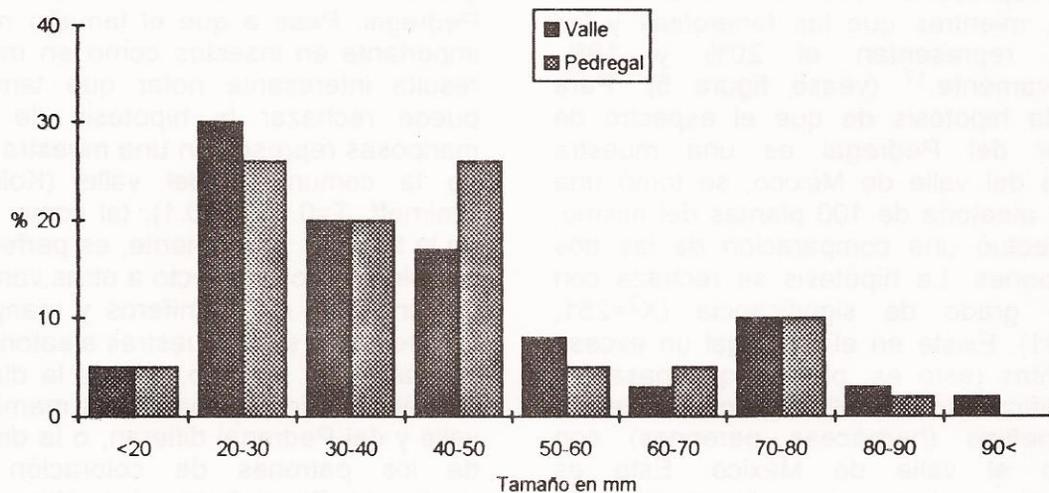


Figura 7. Distribución de los tamaños de las mariposas en el Valle de México y en la reserva del Pedregal.

### Sucesión y fenología

Con relación a la dinámica temporal de la comunidad existen pocos trabajos. Rzedowski,<sup>2</sup> 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 xerofíticos 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<sup>2</sup> y por Hernández.<sup>19</sup> 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,<sup>19</sup> 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 especies 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<sup>20</sup> 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<sup>21</sup> y Beutelspacher,<sup>22</sup> y corrigiendo para las especies cuya planta de alimentación no aparece registrada en la lista de Valiente-Banuet y De Luna-García.<sup>16</sup> Ahora bien, en México existen alrededor de 1700 especies de *Papilionoidea* y *Hesperioidea* diurnas descritas,<sup>23</sup> y se estima unas 10 000 especies de polillas y mariposas nocturnas.<sup>24</sup> Por tanto, en el Pedregal habrá unas  $42 \times 10,000/1,700$  especies de nocturnas, o alrededor de 300 especies totales de lepidópteros. Las razones de los principales

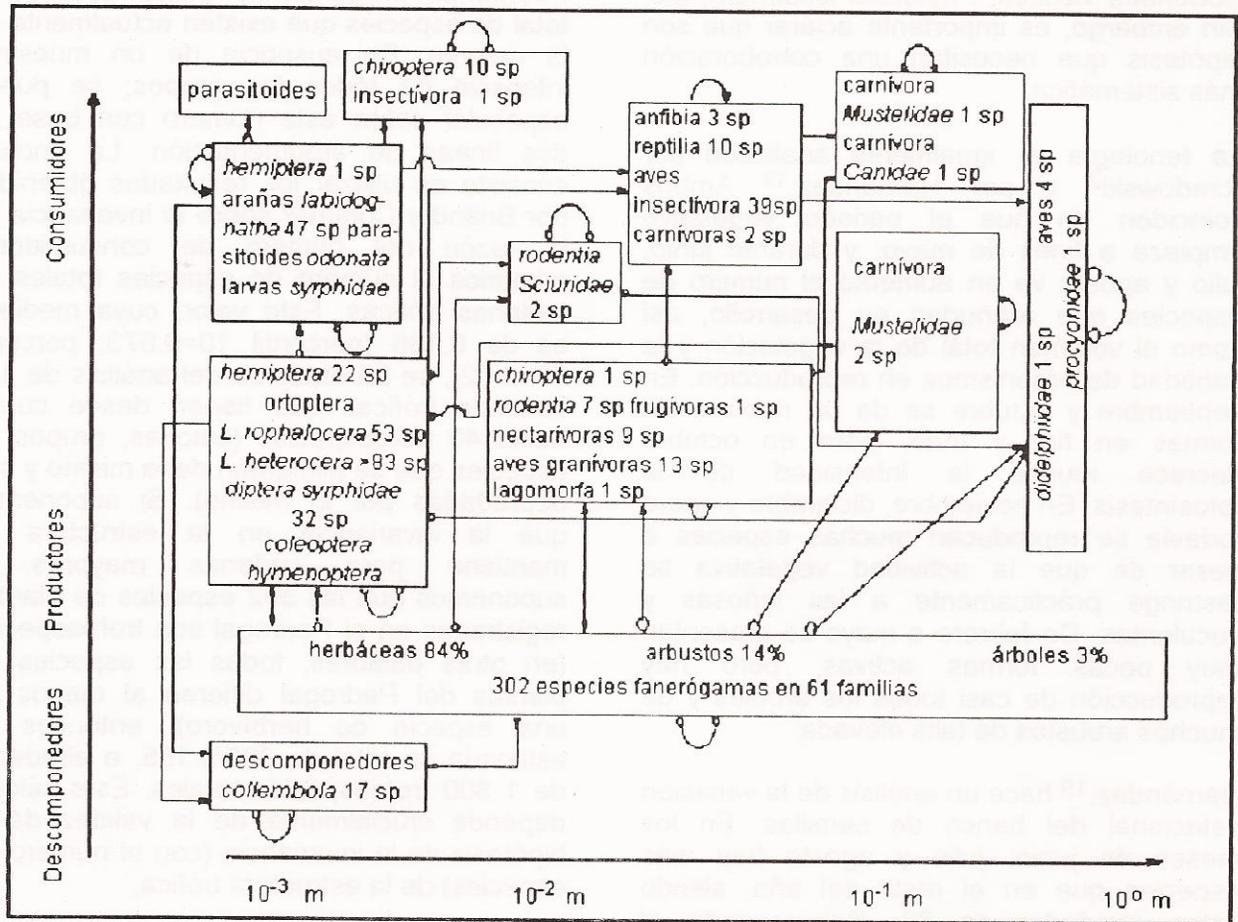


Figura 8. Estructura hipotética de las principales interacciones en la comunidad de la reserva del Pedregal. Basada en las listas de especies consignadas

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 <sup>5</sup>	1	42	300
Coleópteros	3 x 10 <sup>5</sup>	3	--	900
Himenópteros	10 <sup>5</sup>	1	--	300
Dípteros	8 x 10 <sup>4</sup>	0.8	--	240
Hemípteros	5 x 10 <sup>4</sup>	0.5	--	150
Ortópteros	1.5 x 10 <sup>4</sup>	0.15	26	--
Resto	4 x 10 <sup>4</sup>	0.4	--	120
Acaros	10 <sup>4</sup>	0.1	--	30
Nemátodos	10 <sup>4</sup>	0.1	--	30
Colémbolos	10 <sup>3</sup>	0.01	17	--
Arácnidos	2 x 10 <sup>4</sup>	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,<sup>12</sup> y es muy abundante de julio a diciembre.<sup>25</sup>

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,<sup>25-27</sup> depredación<sup>28</sup> y polinización;<sup>29-33</sup> 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,<sup>34</sup> 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.

Únicamente se han publicado dos trabajos autoecológicos: uno en el cual se analiza la ecología reproductiva de *Manfreda brachystachya* (*Amaryllidaceae*),<sup>35</sup> y otro en el que se estudia el comportamiento territorial del lepidóptero *Xamia xami* (*Lycaenidae*),<sup>36</sup> 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*.<sup>27</sup>

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 florecen 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,<sup>9</sup> 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.<sup>37</sup> 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,<sup>38</sup> y posteriormente modificado para incluir variación en los parámetros demográficos,<sup>39,40</sup> ha sido utilizado por Belovsky<sup>41</sup> 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<sup>41</sup> y Goodman,<sup>40</sup> 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,<sup>39</sup> 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 está 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
<i>Reithrodontomys fulvenscens</i>	0.021	4.51	2.05	2.46	35.00
<i>Microtus mexicanus</i>	0.032	3.92	1.72	2.20	25.00
<i>Pappogeomys merriami</i>	0.420	1.68	0.55	1.13	1.50
<i>Spermophilus mexicanus</i>	0.269	1.94	0.68	1.27	2.00
<i>Mephitis macroura</i>	1.400	1.13	0.30	0.82	0.25
<i>Spermophilus variegatus</i>	0.749	1.39	0.42	0.97	1.00
<i>Mustela frenata</i>	0.400	1.70	0.55	1.15	1.00
<i>Baiomys tailorii</i>	0.008	6.20	3.04	3.16	100.00
<i>Bassariscus astutus</i>	2.000	1.00	0.25	0.75	0.15
<i>Peromyscus truei</i>	0.025	4.26	1.91	2.35	50.00
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	3.500	0.83	0.18	0.65	1.10
<i>Peromyscus maniculatus</i>	0.024	4.31	1.94	2.37	60.00
<i>Rattus rattus</i>	0.232	2.04	0.72	1.32	10.00
<i>Spilogale putorius</i>	0.500	1.58	0.51	1.08	1.00
<i>Didelphis virginiana</i>	2.700	0.91	0.21	0.70	0.50
<i>Sylvilagus floridanus</i>	1.350	1.14	0.31	0.83	0.70
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	0.013	5.28	2.50	2.78	50.00
<i>Sorex saussurei</i>	0.006	6.82	3.41	3.40	55.00
<i>Mus musculus</i>	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.

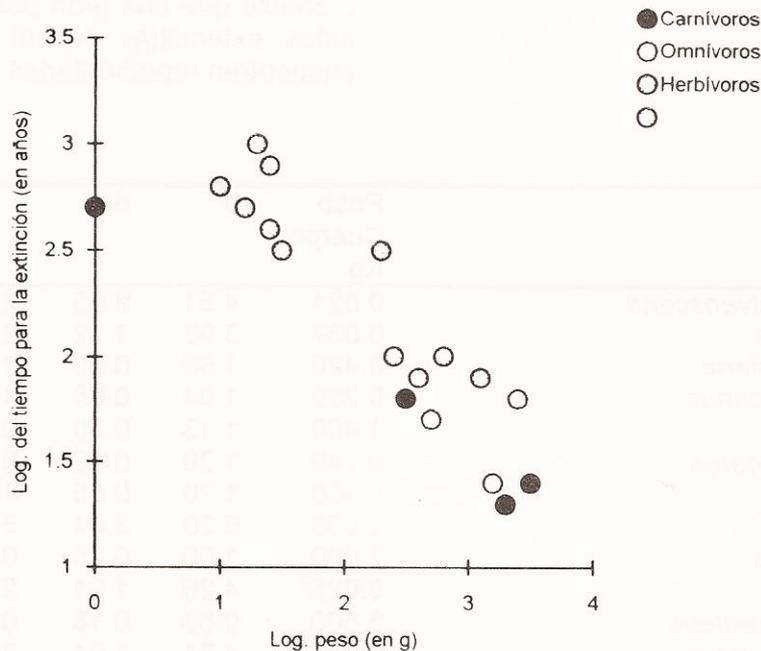


Figura 9. Tiempos estimados de extinción para los mamíferos (excluidos murciélagos) de la reserva del Pedregal. Véase texto para los detalles de su cálculo

---

## 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, "Patterns 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 perilla (*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 Temperature 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 Colonizing 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, "Sífidos del Pedregal de San Angel, México, D. F. (Diptera: 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., Hemipteros 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.