EL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL

César Carrillo Trueba

Prólogo de Miguel León-Portilla
Epílogo de Jerzy Rzedowski

Universidad Nacional Autónoma de México

Quienes participamos en la elaboración de este libro
dedicamos nuestro esfuerzo a la memoria de
Armando Salas Portugal

Idea original
Fulvio Eccardi
César Carrillo Trueba

Investigación iconográfica
Thalía Iglesias
Tania Mena
Carla Zurián

Apoyo en la investigación iconográfica
Rosalba Becerra
Ramón Aureliano Alarcón
Karina Santos del Prado

Corrección de textos
Teresa Segovia

Diseño gráfico
Adriana Canales

Asesoría científica
Héctor T. Arita (Centro de Ecología)
Zenón Cano-Santana (Facultad de Ciencias)
Víctor Castillo F. (Instituto de Investigaciones Históricas)
Ramón Espinasa (Instituto de Geografía)
Juan Manuel Espíndola (Instituto de Geofísica)
Miguel León-Portilla (Instituto de Investigaciones Históricas)
Socorro Lozano (Instituto de Geología)
Patricia Magaña (Facultad de Ciencias)
Ana Lillian Martin del Pozzo (Instituto de Geofísica)
Esteban Martínez (Centro de Ecología)
Miguel Martínez (Centro de Ecología)
Jorge Meave del Castillo (Facultad de Ciencias)
Patricia Ochoa Castillo (Museo Nacional de Antropología, INAH)
Ken Oyama (Centro de Ecología)
Clara Ramos (Centro de Ecología)
Jerzy Rzedowski (Instituto de Ecología, A.C.)
Óscar Sánchez (Instituto de Biología)
Jorge Soberón (Centro de Ecología)

Primera edición, noviembre de 1995

DR © Universidad Nacional Autónoma de México
Coordinación de la Investigación Científica
Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F.

ISBN 968-36-4786-3

Impreso en México

Las fotografías de la portada y de las páginas 2-3, 5 y 9 fueron tomadas en el Pedregal de San Ángel por Armando Salas Portugal a fines de la década de los años cuarenta. La del petroglifo de la página 6 procede del Fondo Cuicuilco de la Fototeca del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Presentación

Cuando se habla de patrimonio nacional o de la humanidad, generalmente se piensa en todo aquello que ha sido creado por el hombre. Sin embargo, desde hace algunos años este concepto ha ampliado su connotación a entidades en cuya creación poco o nada tiene que ver la humanidad. Tal es el caso de lo que se conoce como diversidad biológica y que, debido al deterioro que han sufrido los recursos naturales en este siglo, ha pasado a ser considerada en muchos casos como patrimonio de la humanidad, independientemente del país o región donde se encuentren. Selvas húmedas y secas, bosques templados, desiertos de arena, dunas costeras y manglares, zonas áridas y semiáridas, mares y océanos se han convertido en preocupación de todos los habitantes de nuestro planeta.

México es un país excepcionalmente rico en diversidad biológica y desde hace ya muchos años se han tomado distintas medidas para su preservación. Por azares de la historia, la Ciudad Universitaria se construyó en una parte de lo que fue quizá la zona de mayor biodiversidad de la cuenca de México: el Pedregal de San Ángel. Sin embargo, el crecimiento de la ciudad terminó por asfixiar esta isla rocosa, disminuyendo en unas cuantas décadas su superficie, así como el número de especies de animales, plantas y otros organismos que en ella vivían. En terrenos de la Universidad quedaron los últimos vestigios de lo que fue este fascinante lugar y, gracias a una afortunada iniciativa de sus profesores y estudiantes, en 1983 se determinó proteger un área de 124.5 hectáreas, que en 1990 fue restructurada y ampliada a 146.9 hectáreas. Es importante hacer notar que ninguna otra macrourbe del planeta cuenta con una reserva biológica natural de la extensión de la reserva ecológica comprendida en los terrenos de la Ciudad Universitaria.

La Universidad Nacional Autónoma de México alberga y resguarda ésta muy importante parte del legado de los mexicanos: la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, que conforma un paisaje de gran valor estético, además de que en ella habitan varias especies de plantas y animales que solamente

se encuentran ahí. Es un lugar de investigación y de docencia, en el que por medio de distintas actividades se busca despertar en el público que la visita una conciencia acerca de su importancia, de la conservación y del buen uso que debemos hacer de nuestra riqueza biológica en general, y de la imperiosa necesidad de preservar este patrimonio, que no por estar en manos de la Universidad Nacional deja de pertenecer a los habitantes de la gran ciudad y de todo México.

JOSÉ SARUKHÁN

Índice

13 PRÓLOGO

17 A MODO DE ADVERTENCIA

18 LA DELICADA CORTEZA DE UN VALLE
En donde se habla de la formación del Eje Neovolcánico, de la intensa actividad volcánica que ahí existe y de la historia geológica de la cuenca de México.

28 LOS PRIMEROS POBLADORES
De los primeros grupos humanos que llegaron a la cuenca de México, el establecimiento de las primeras aldeas y el florecimiento de Cuicuilco en el sureste de la cuenca.

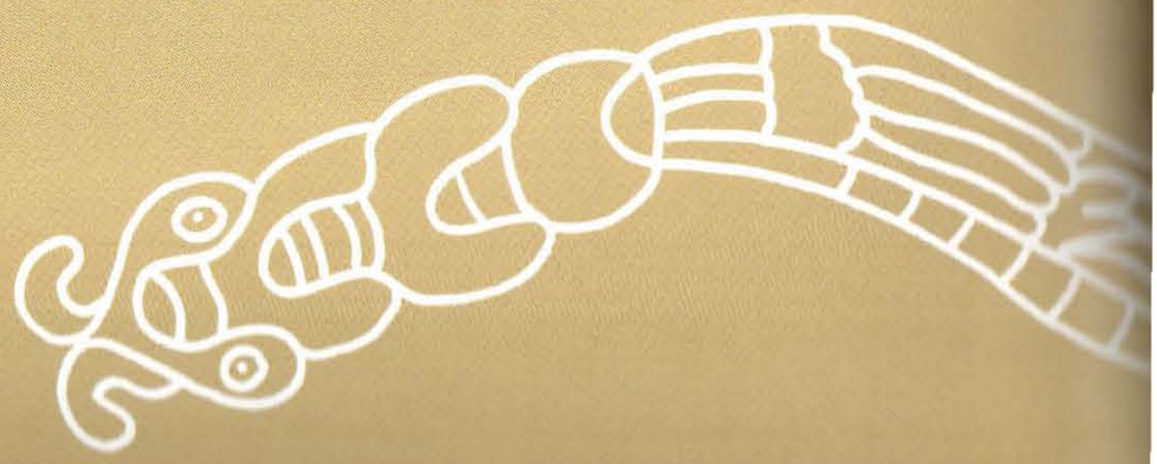
40 EL OMBLIGO DE LA TIERRA
De la actividad volcánica que dio origen a la Sierra de Chichinautzin, la erupción del Xitle y el nacimiento del Pedregal de San Ángel.

50 LOS NUEVOS HABITANTES
En donde se especula acerca de la historia del poblamiento de esta isla de piedra y de sus primeros colonizadores: líquenes, musgos, helechos y plantas con flores capaces de resistir las condiciones ahí prevalecientes.

64 Y SE HIZO EL SONIDO
De la irrupción de los insectos que viven de hojas y polen, de insectos depredadores de insectos y de pequeños reptiles que también se alimentan de ellos.

76 LA TRAMA DE LA VIDA
De la llegada al Pedregal de las aves, de plantas dispersadas por ellas, de pequeños mamíferos que se alimentan de plantas e insectos, de mamíferos que se alimentan de aves y de otros mamíferos, así como de reptiles que también gustan de este mismo tipo de presas.

90 UN ESPACIO LLENO DE TIEMPO
Donde se describen las diferentes comunidades vegetales que se formaron en el Pedregal como resultado de las interacciones que se fueron estableciendo a lo largo del proceso de sucesión.



110 *Texcallan*, paraje de rocas
En donde se describe la historia humana que tuvo lugar al mismo tiempo que el Pedregal era colonizado, los pueblos que habitaron en este lugar, la llegada de los mexicas y su control sobre toda la cuenca de México, la fiesta que celebraban en pleno Pedregal y los infortunios que acarrearon al imponer como tributo a esta zona las aguas de sus manantiales y las rocas de sus canteras para tallar piezas de uso ritual.

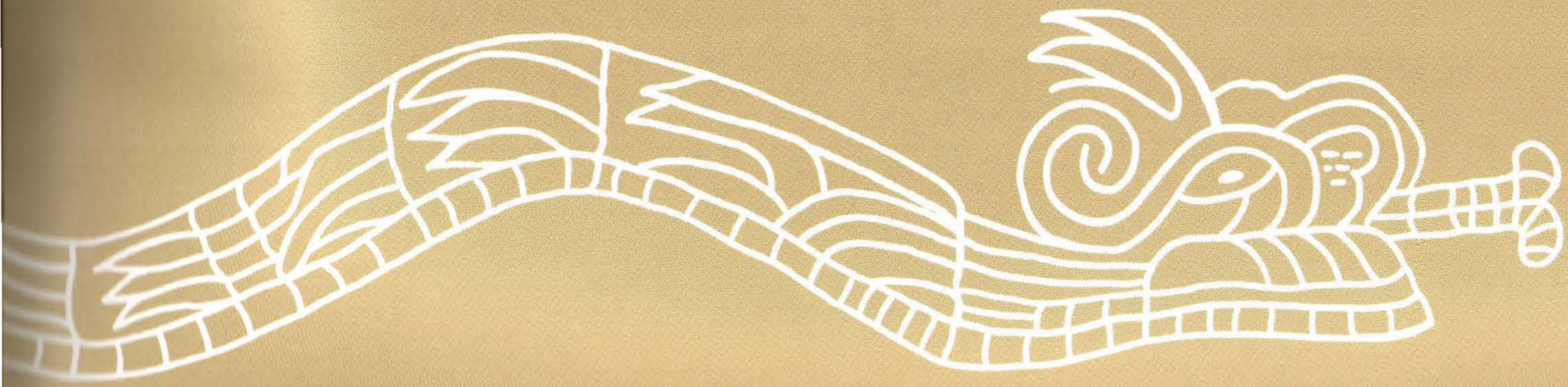
126 El malpaís y sus transformaciones
De las alteraciones que produjo la llegada de los europeos a América, con su religión, sus costumbres, sus formas de labrar la tierra con la introducción de nuevas especies de plantas y animales, incluido el árbol del pirú que trajeron del sur del continente, y que transformó el paisaje del Pedregal, llamado "malpaís" por los españoles.

144 Los estragos de la modernidad
De cómo se levantaron los comuneros, el rescate arqueológico de la antigua ciudad de Cuicuilco, el estudio del Pedregal, el crecimiento de la Ciudad de México, la urbanización del Pedregal de San Ángel, la construcción de la Ciudad Universitaria y, tras décadas de asentamientos irregulares, la vertiginosa reducción de su área, con la consecuente pérdida de especies de plantas y animales, hasta la promulgación de la Reserva natural, para concluir con un breve repaso de sus propósitos y objetivos.

165 Epílogo

171 Agradecimientos

172 Bibliografía



Pedregal.
San Angel
Triapan
Cerro de Zacatepec

Prólogo

¿Perduró acaso el recuerdo? ¿Escucharon los mexicas y sus vecinos el antiguo relato, tal vez de los culhuacanos, acerca de una espantosa lluvia y un torrente de fuego que lanzó la boca abierta de un monte llamado Xitle, "el que tiene ombligo"? Una masa líquida y ardiente se extendió por todas partes. La tierra se incendió. Murieron plantas, animales y seres humanos. Después, todo quedó en silencio como un inmenso sepulcro cubierto por rocas obscuras.

Tetetlan, lugar de piedras, y *Texcallan*, paraje de rocas, llamaron a ese lugar los mexicas y otros muchos habitantes de la región de los lagos. Nosotros lo nombramos hoy Pedregal de San Ángel. Algunos añaden ahora que el antiguo relato acerca de la que fue violenta erupción del Xitle pudo haber fortalecido entre los nahuas la creencia mesoamericana en las edades o soles, en particular aquélla a la que puso fin una lluvia de fuego.

Los mexicas conocían bien el extenso peñascal con quebradas y cuevas en el que, ya en su tiempo, crecían matorrales y arbustos que hundían sus raíces en las grietas de las rocas. Allí se habían refugiado algún tiempo, obligados por los culhuacanos, cuando venían en busca del lugar que su dios Huitzilopochtli les había anunciado. Inhóspito como era ese pedregal, pudieron sin embargo percatarse de que en él pululaba la vida. Además de una gran variedad de yerbas y arbustos, había muchos animales: coyotes, tlacuaches, cacomixtles, zorrillos, serpientes de cascabel, musarañas, infinidad de mariposas y otros insectos, así como aves, desde el pequeño colibrí y los tordos hasta halcones y águilas.

Los mexicas, siguiendo la inspiración de su dios, abandonaron un día ese lugar y, entrando en el lago cercano, llegaron a la isla donde comenzaron a edificar su templo y ciudad. El pedregal no atrajo más su interés ni el de los pueblos vecinos. Más tarde, cuando los hombres de Castilla se enfrentaron a los mexicas y los vencieron, la atención de los nuevos señores se volcó en las regiones que les parecieron fértiles o ricas en metales. El pedregal continuó por siglos aislado.

No sabemos si los mexicas o los españoles se plantearon alguna vez la pregunta de qué podía haber bajo las rocas que cubrían ese lugar. Se cuenta tan sólo que durante la Colonia y el siglo XIX, algunos maleantes encontraban allí lugar donde esconderse. Y podría añadirse que hubo algunos pocos viajeros que también lo visitaron y dejaron testimonios de lo que vieron, "inmenso campo de lava", y entre otras cosas más, "una plazuela, conocida como El Cabrío", rodeadea de peñascos, y con algunas chozas para el aprisco.

Cerca de dos mil años había perdurado en paz y sin cambios —con su fauna y su flora— el *Tetetlan*, paraje de piedras al que dio origen el Xitle. En una carta del Distrito Federal de 1918, aparece aún la mayor parte del mismo sin asentamientos humanos. Lo circundaban Chimalistac y Coyoacán al norte; San Antonio Tomatlán y Coapa al oriente; Tlalpan y Santa Úrsula al sur; Contreras, Santa Teresa y Tizapán al oriente, y San Ángel al noreste.

Todavía transcurrieron algunos años hasta que en ese lugar empezaron a ocurrir cosas que nadie había imaginado. Manuel Gamio, emprendedor de tantos trabajos, entre ellos las modernas investigaciones arqueológicas con adecuada estratigrafía en México, se planteó la pregunta que otros no se habían hecho y, rompiendo rocas del Pedregal, realizó varias excavaciones en particular en Copilco. En 1920 dio a conocer los frutos de su trabajo pionero. Un artículo publicado en *American Anthropologist*, reveló que bajo la capa de lava que cubría ese lugar, había florecido la que Gamio llamó "cultura arcaica del Valle de México".

Sus descubrimientos causaron sensación: allí había existido una especie de Pompeya, de la que daban testimonio restos de edificaciones y pavimentos, numerosos utensilios y algunos entierros. Gamio encargó entonces al arqueólogo Byron Cummings que prosiguiera las investigaciones. Descubrió éste en 1922 el gran monumento de planta circular, formado por varios conos truncados y superpuestos. Antes de las excavaciones de Cummings sólo se veía un montículo que sobresalía de la capa de roca volcánica. Revelador fue asimismo que se encontraran también varias pequeñas figuras de barro, entre ellas algunas con la efigie del llamado por los nahuas Huehueteotl, el Dios Viejo, conocido también como Xiuhtecuhtli, Señor del Fuego.

Bastantes años después, cuando el Pedregal de San Ángel estaba en proceso de cambios incontrolados e irreversibles, fueron sacados a la luz otros varios monumentos. Ello ocurrió en 1967, nada menos que junto a la Villa Olímpica. El Pedregal de San Ángel había comenzado a revelar sus secretos. Pero desafortunadamente, desde mediados de esta centuria, la zona de las grandes rocas de basalto comenzó a ser invadida por quienes pensaron que en ese espacio abierto podía seguir creciendo la mancha urbana de la metrópoli cada día más grande. El Pedregal se vio entonces en riesgo inminente de dejar de ser el remanso de paz, que hoy se diría gran nicho ecológico de innumerables formas de vida.

Arquitectos, tenidos por visionarios, concibieron y construyeron sobre las rocas de formas inverosímiles un barrio de lujo para gente más privilegiada. Surgió así la colonia Jardines del Pedregal. A ella se fueron sumando otras. Y también, dando a la megalópolis, fueron proliferando allí asentamientos irregulares de toda índole.

Artistas como Diego Rivera y Jesús Reyes Ferreira, arquitectos como Luis Barragán y Carlos Lazo, al igual que el poeta Carlos Pellicer —pléyade de creadores—, ponderando la belleza del Pedregal, acariciaron la idea de que se injertara allí un nuevo árbol de la ciencia, en este caso sólo del bien. Antes de que otras cosas siguieran ocurriendo, debía reservarse una amplia extensión del antiguo *Tetetlan*, gran paraje de rocas, para edificar la ciudad que tanto se había deseado, justamente la que albergaría a la Universidad Nacional. Fue en 1945 cuando se dieron ya pasos en firme para la realización de lo que a muchos pareció una utopía. Se hablaba de otorgar a la Universidad doce millones de metros cuadrados. En realidad se le adjudicaron algo más de siete millones.

Sobre una parte de ellos se edificó con notable destreza la ciudad cuya concepción algunos criticaron diciendo que era excesivamente grande pues no parecía previsible que acudieran allí más de diez o quince mil estudiantes. Redundancia sería hablar de lo que en los cuarenta años siguientes a su inauguración allí ha ocurrido. En ella se han formado cientos de miles de estudiantes. Sus edificaciones se han multiplicado. Además de las que albergan a las facultades, los campos deportivos, estadio y diversas dependencias, hay otras "subciudades", la de la investigación científica y la de las humanidades, un espacio escultórico, una nueva Biblioteca Nacional y la espléndida sala de conciertos Nezahualcoyotl.

Pero, ¿el árbol de la ciencia del bien... iba a expandir de tal forma sus raíces que haría saltar hechas pedazos las rocas que aún quedaban en el milenario Pedregal? Felizmente la voz de alarma alcanzó a escucharse. Lo que aún perduraba, aunque en riesgo de desaparición total, del monumento de fantástica geología creado por la Naturaleza en estallido de fuego, debía salvarse.

En esto al menos, 1983 fue un año venturoso. Se declaró entonces Reserva ecológica, en los confines del recinto universitario, una superficie de 1.4 kilómetros cuadrados. Para poner de relieve su importancia, se ha dicho de ella que aún se conserva allí una muestra de la flora que proliferó en forma natural en el Valle de México y que la inmensa mancha urbana ha ido extinguiendo.

Santuario del Pedregal de San Ángel, junto al árbol de la ciencia del bien —y del mal por erradicar—, tal es la realidad que ha sobrevivido en este ámbito único de lo que fue un ecosistema mucho más grande. De su origen, características geológicas, aparición en él de una flora y fauna, asentamientos humanos anteriores y posteriores a su formación, mitos y leyendas en torno a él, su realidad contemporánea y posible preservación como microgeografía de la esperanza, nos hablan los sabios maestros e investigadores que escriben en este libro.

Para los que somos universitarios sus palabras dan nuevo sentido al espacio donde pasamos muchas horas de nuestras vidas. Y para cuantos quieran conocer una muestra extraordinaria de lo que la Naturaleza puede crear y el hombre destruir, este libro será lección perdurable de ciencia, humanismo y vital interés. Con enfoque multidisciplinario nos deja entrever, al modo de un caleidoscopio, el escenario de fuego, muerte y vida cuya evocación reanimó tal vez al antiguo relato del fin de una edad y el comienzo de un nuevo Sol: el que entonces fue y ahora, con nuestro esfuerzo, tendrá que ser de esperanza.

MIGUEL LEÓN-PORTILLA

A modo de advertencia

La naturaleza es pródiga en historias. Historias de vida, historias evolutivas, historias geológicas, historias siderales, del micro al macrocosmos y de regreso. Este libro pretende ser una historia, aunque quizá resulten varias. Su peculiaridad radicaría solamente en que los elementos que la componen son hechos y datos obtenidos por el trabajo de numerosos zoólogos, botánicos, ecólogos, geólogos, historiadores y arqueólogos profesionales. Por lo demás, sigue siendo una historia común y corriente.

Tal vez por esta razón algunos puedan encontrar en este libro un tono muy especulativo o demasiado incierto, pero sólo así era posible intentar reconstruir una historia antigua de dos mil años. Desde un principio, el propósito fue volver a trazar la secuencia en que fueron llegando al derrame volcánico que dejó la erupción del Xitle cada uno de los organismos que aún viven allí o que lo hicieron en algún momento, y mostrar con esta historia la compleja trama de relaciones que encierra el funcionamiento de un ecosistema. Quiero insistir en que los datos aquí contenidos son producto del trabajo de muchos investigadores; sin embargo, para no distraer al lector, decidí no incluir referencias en el texto, sino agruparlas en una bibliografía al final del libro. Las lucubraciones son responsabilidad mía y, aun cuando todas ellas tienen una base real, su propósito es dejar volar un poco la imaginación.

Dice Italo Calvino que un lector es aquel que se bebe las palabras una a una y sólo busca que al hilarse éstas contengan una historia. Este libro está hecho para lectores así.

CÉSAR CARRILLO TRUEBA

Facultad de Ciencias, UNAM

La delicada corteza de un valle

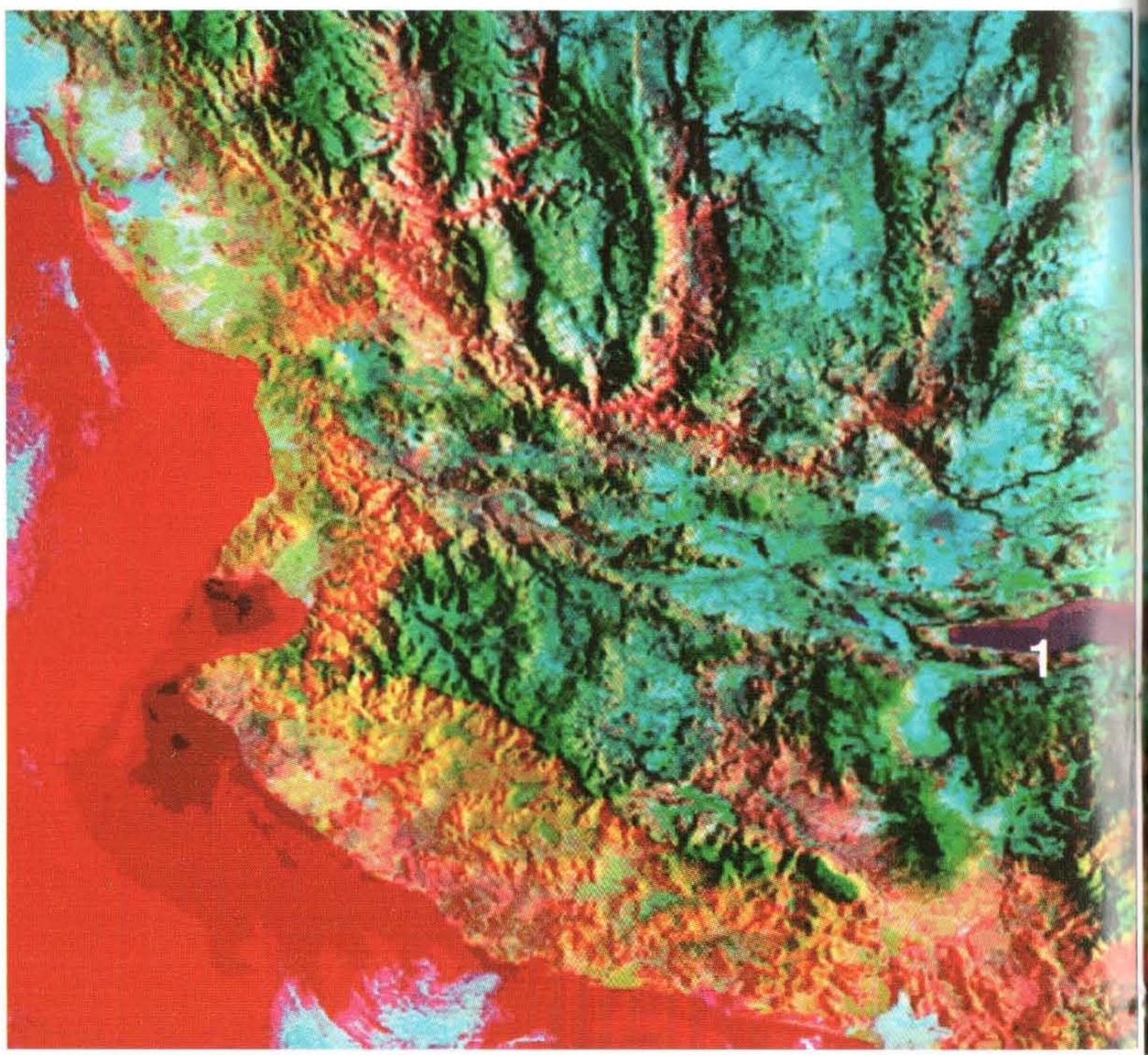
El día Ahui-Quiahuitl del año 8-Técpatl, los habitantes del sur de la cuenca de México se estremecieron ante los fuertes sismos que una vez más sacudían la superficie de la madre Tierra. Ese 24 de abril del año 76 –fecha establecida por el cronista Alva Ixtlilxóchitl–, el cielo se cubrió de un fino polvo grisáceo que ocultó los rayos del Sol, y de las entrañas de la Tierra comenzó a brotar una luz enceguecedora. Una lluvia de astillas relampagueantes iluminaba las faldas del Ajusco, cuando un súbito espasmo convulsionó la corteza terrestre y una viscosa masa incandescente se abrió paso, derramándose lentamente, tal vez durante varios años, hacia las orillas de la zona lacustre, arrasando y cubriendo a su paso todo aquello que encontraba. El Pedregal de San Ángel estaba naciendo.

dos reinos

La erupción del volcán Xitle es uno de los más recientes episodios de una compleja historia de actividad volcánica. La cuenca de México es parte de un cordón montañoso conocido como Eje Volcánico Transversal, que se extiende a lo largo de más de 900 km, desde las costas de Colima y Nayarit hasta los litorales del estado de Veracruz, con un ancho que va de los 50 a los 250 km. La constante aparición de elevados volcanes como el de Colima, el Popocatépetl, el Iztaccíhuatl, el Nevado de Toluca y el Pico de Orizaba, y la formación de pequeñas sierras como la de Maravatío, la de Apatzingán, la del Ajusco y la Sierra Nevada, crearon a lo largo del tiempo una serie de planicies a diferentes altitudes, cerradas muchas de ellas, en donde se extienden valles como el de Toluca y lagos como los de Chapala, Pátzcuaro, Cuitzeo y Texcoco.

Originado hace más de veinte millones de años, el también llamado Eje Neovolcánico constituye hoy día, de manera aproximada, el límite entre las dos regiones geográficas en que los biólogos han dividido el continente americano: la neártica al norte, y la neotropical al sur, que se extiende por Centro y Sudamérica. Por su ubicación geográfica —en el área de intersección de la región ártica o boreal y la región tropical— el territorio mexicano ha sido un sitio de tránsito hacia el norte de especies de plantas y animales procedentes del trópico sudamericano durante las épocas geológicas de mayor calor, y de la región boreal hacia el sur, en épocas de glaciación, como sucedió en el Pleistoceno, hace menos de un millón de años. En este vaivén, ciertas localidades funcionaron como islas, en donde muchas especies se establecieron al encontrar condiciones adecuadas, a pesar de los grandes cambios climáticos, y algunas de ellas dieron origen, por la acción de procesos evolutivos, a nuevas especies que en la actualidad sólo se encuentran en nuestro país.

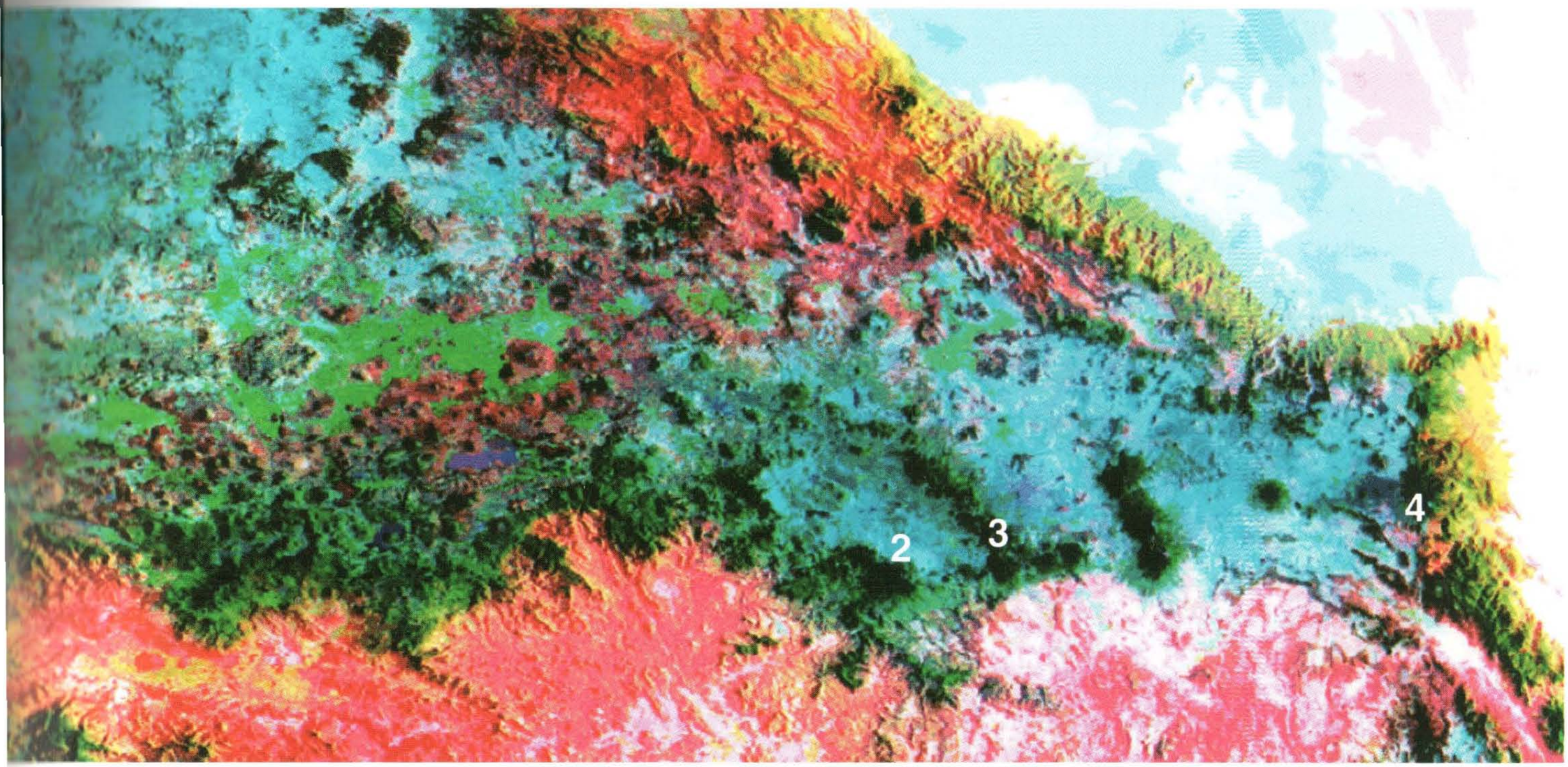
La confluencia de estas dos regiones llamadas biogeográficas, sumada a la intensa historia geológica que ha vivido el territorio mexicano —a la cual debe su accidentada topografía, su relieve ex-



tremadamente fragmentado, de altitudes y composición rocosa muy variadas—, ha dado lugar a una gran diversidad de climas, suelos y comunidades de plantas que conforman un caleidoscopio vegetal. Bosques de pinos, juníperos, oyameles y encinos en las regiones templadas; comunidades de matorrales y cactáceas en las partes áridas, y densas selvas siempreverdes, selvas secas, pantanos y manglares en las zonas cálidas.

Este conjunto de circunstancias ha generado a su vez una enorme diversidad de especies de plantas y animales que hace de México el primer país en diversidad de reptiles, con 717 especies, el segundo en mamíferos terrestres, con 456, y el cuarto en plantas superiores, con 26 000, de las cuales casi la mitad son endémicas, esto es, que se encuentran de manera exclusiva en su territorio. Erigiéndose casi como una barrera entre las dos regiones biogeográficas y albergando un número considerable de especies endémicas en sus interminables cimas y simas, el Eje Volcánico contribuye de manera fundamental a la riqueza biológica de México.

Imagen de satélite del Eje Volcánico Transversal. 1) Lago de Chapala; 2) Cuenca de México; 3) Popocatépetl e Iztaccíhuatl; 4) Pico de Orizaba.

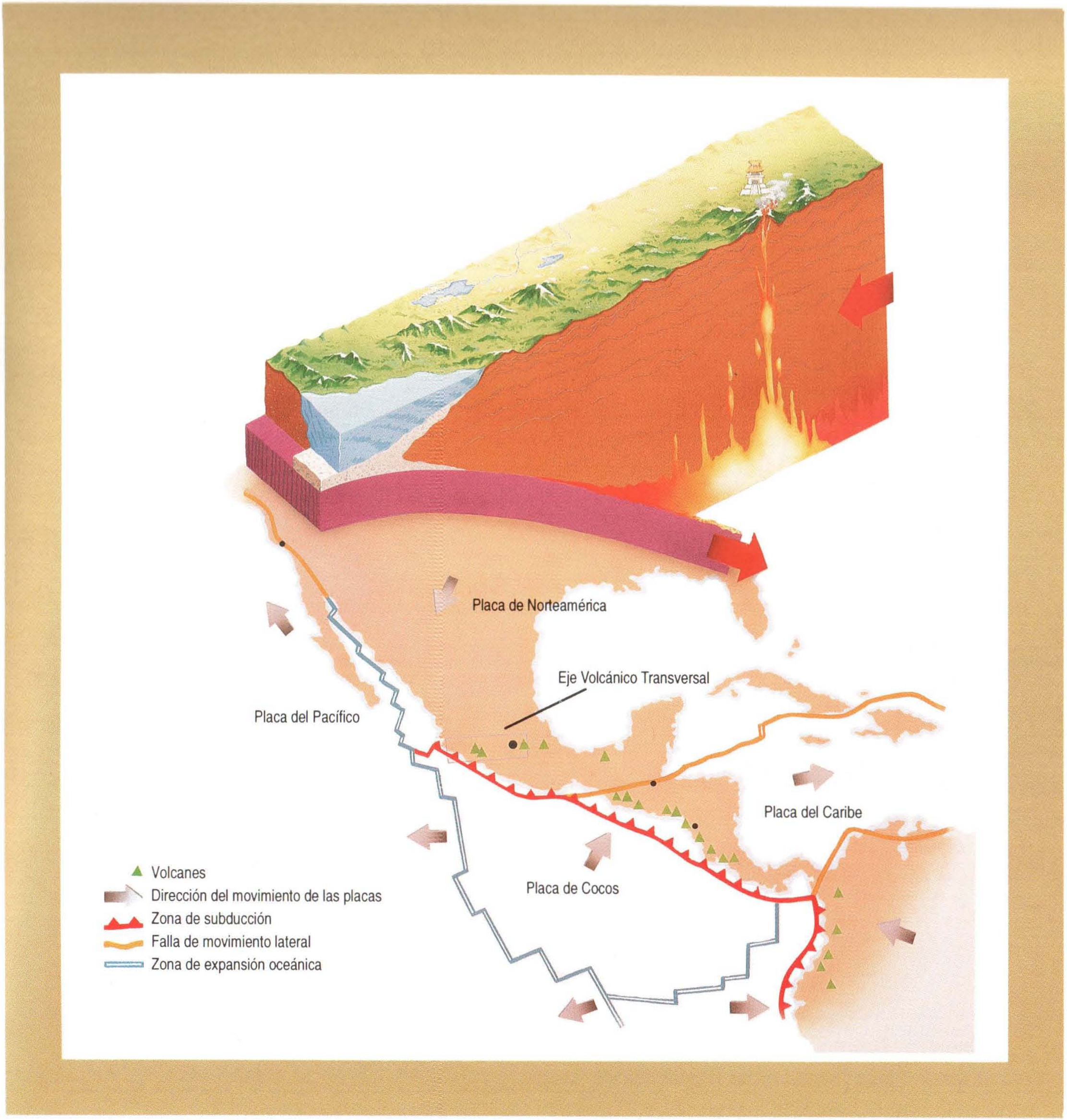


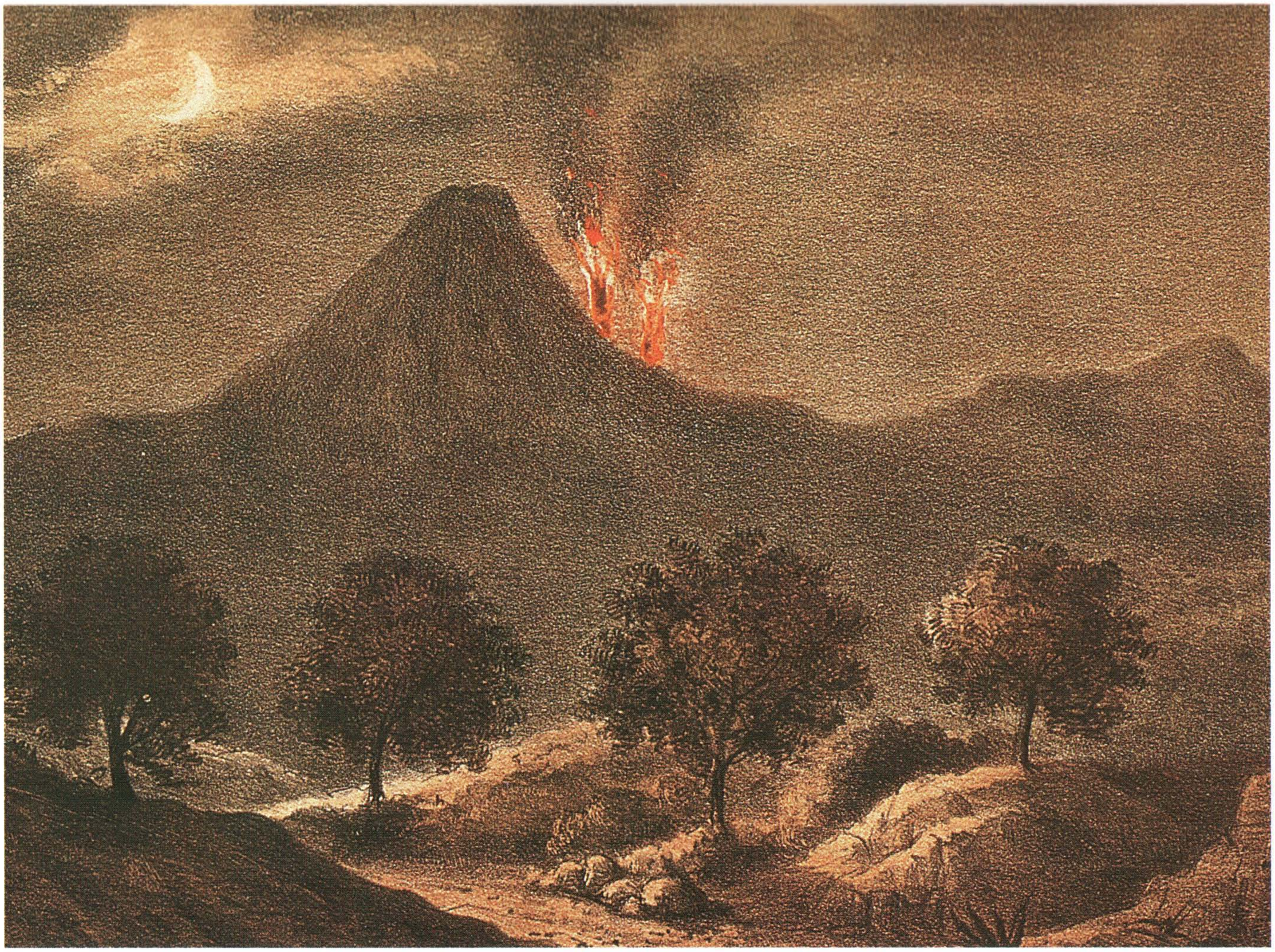
Las ardientes entrañas

La incesante actividad volcánica que dio origen al Eje Volcánico Transversal es producto de procesos tectónicos subyacentes, esto es, del movimiento de las inmensas placas que constituyen la corteza terrestre. El territorio de México se encuentra en una zona de confluencia de cuatro diferentes placas tectónicas, lo que hace de él un lugar de gran actividad volcánica y sísmica, sobre todo en el sur y suroeste del país, en donde hacen contacto las placas de Cocos y de Norteamérica. En regiones como ésta, donde dos placas se mueven en dirección opuesta, chocando una con la otra, llamadas zonas de subducción o de convergencia, la placa más densa penetra bajo la de menor densidad. El avance de una placa oceánica bajo una placa continental, lo que se conoce como subducción, produce una fuerte fricción debida a la resistencia que presenta la placa continental, lo que hace que su borde se deforme ligeramente y que allí se acumule una gran cantidad de energía. Al recuperar la placa continental su forma original, se libera la energía, provocando sismos y terremotos que pueden ser de gran intensidad.

En el caso de México, la enorme presión que ejerce la placa de Cocos sobre la placa continental de Norteamérica genera una tensión descomunal y una inmensa cantidad de calor. El aumento de temperatura que produce la fricción de los márgenes de las dos placas hace que pierdan agua las rocas de la placa de Cocos y que esta agua se difunda hacia las rocas de la placa de Norteamérica, reduciendo su punto de fusión. Al sufrir un incremento en su temperatura y presión, las rocas se funden al tiempo que se va creando una gran presión que busca salida hacia arriba. Las fisuras formadas por la in-

Volcán en erupción, acuarela de Diego Rivera (1943). *Página siguiente:* esquema que muestra las diferentes placas tectónicas sobre las que se encuentra el territorio de México y corte del Eje Neovolcánico en el que se aprecia el desplazamiento de la placa de Cocos bajo la de Norteamérica y la actividad volcánica que esto genera.


Placa de Norteamérica
Eje Volcánico Transversal
Placa del Pacífico
Placa del Caribe
Placa de Cocos
Volcanes
Dirección del movimiento de las placas
Zona de subducción
Falla de movimiento lateral
Zona de expansión oceánica



teracción de las placas permiten el paso del magma hacia la superficie. La corteza, que generalmente tiene unos 20 km de espesor, cede en su parte más delgada o en donde ya existe una falla o alguna fractura. La tierra se agrieta y de ella salen vapores y gases, hasta que se desgarra por completo. Una lluvia de cenizas puede preceder a una explosión que arroje a grandes distancias fragmentos de lava ya solidificados, o bien el magma se abre paso de una manera más suave, formando ríos de roca incandescente. La fuerza con que salga dependerá de la constitución de las rocas que forman el magma y de la velocidad a que se desplace una placa bajo la otra, entre otros factores. Una serie de sismos antes y después de la explosión acompaña siempre el surgimiento o la reactivación de un volcán.

Volcán de Colima, litografía del siglo XIX. *Página siguiente: Volcán Jorullo*, litografía de José María Velasco (1878).

VULCANISMO Y TECTÓNICA DE PLACAS

Si observamos en un mapamundi la distribución de los volcanes en nuestro planeta nos podemos dar cuenta de que no se trata de un fenómeno que ocurre al azar, sino que los volcanes se ubican a lo largo de ciertas regiones. Esta distribución pudo ser satisfactoriamente explicada apenas en este siglo, gracias a la llamada teoría de la tectónica de placas. Para nuestro propósito vamos a considerar sólo algunos aspectos fundamentales de dicha teoría. El cascarón externo de la Tierra, con un espesor de aproximadamente 100 km, se comporta como un cuerpo rígido que "flotase" sobre una capa más densa y profunda que se comporta como un fluido (hechos que sólo tienen sentido en la escala geológica, es decir, en tiempos del orden de millones de años). Este cascarón exterior es conocido como litósfera, en tanto que el cascarón sobre el que se encuentra se conoce como astenosfera.

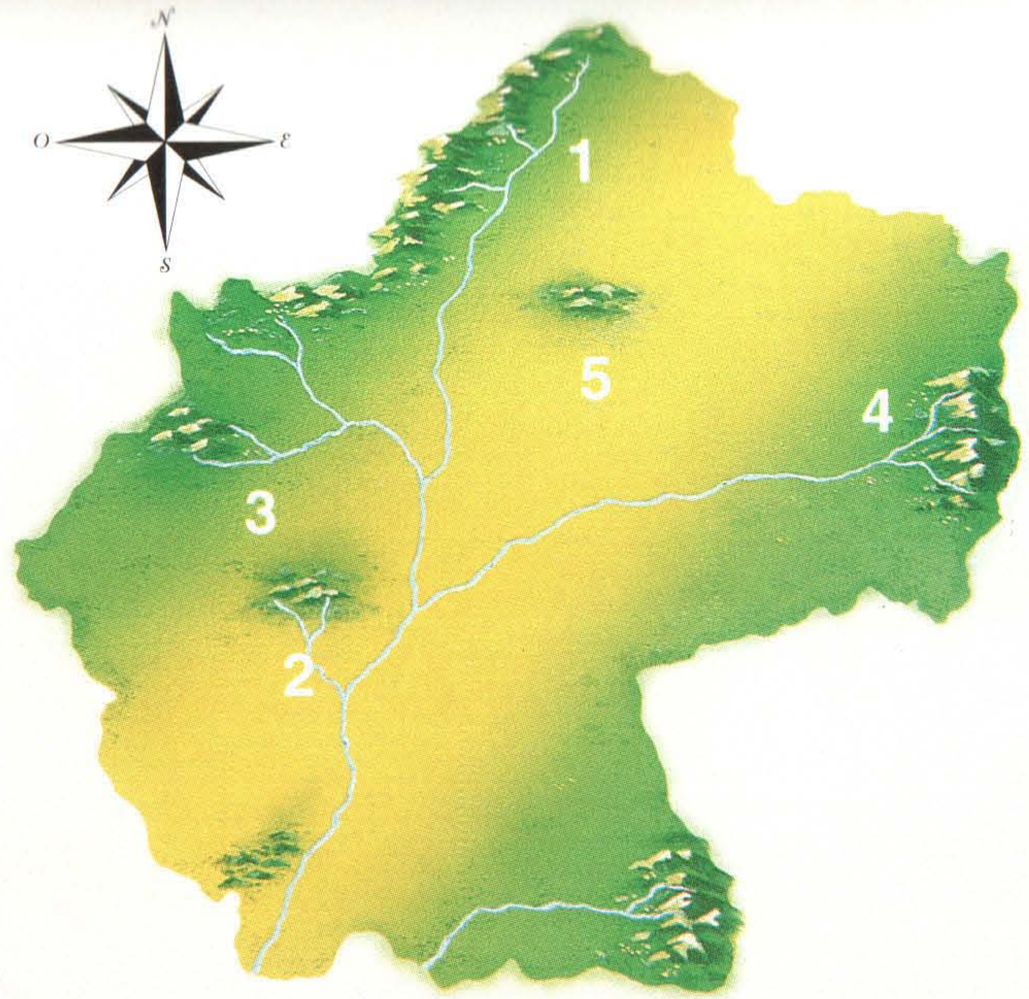
La litósfera no es continua sobre la superficie de la Tierra, sino que está formada por diferentes "placas", que hacen contacto entre sí como los gajos de una pelota de futbol. Las placas sufren movimientos relativos, causados por fuerzas que provienen del interior del planeta como respuesta a su alta temperatura interna. Estos mismos esfuerzos hacen que en algunos de los márgenes de las placas, una de ellas, la más densa, penetre bajo la otra en lo que los geofísicos conocen como zona de subducción o convergencia. Esto requiere naturalmente que en otros de los márgenes, llamados de dispersión o esparcimiento, se forme nueva litósfera. Las zonas de dispersión se presentan en el fondo de los océanos como cordilleras submarinas, mientras que las zonas de subducción forman a menudo trincheras submarinas de gran profundidad seguidas de arcos volcánicos paralelos a las mismas. Es precisamente en estos márgenes de placas donde se encuentra concentrado el vulcanismo y donde, por lo tanto, se constituyen las zonas de generación de magma.

¿Por qué son los márgenes de las placas los lugares de generación de magma? Esencialmente el fenómeno consiste en un cambio de fase, en el que el material sólido pasa total o parcialmente al estado líquido, con lo que cambia su densidad poniendo en juego fuerzas internas de flotación que lo desplazan hacia la superficie. La estabilidad de cada fase de la materia depende de su presión, composición y temperatura, de manera que si en el caso de un sólido a una temperatura dada, disminuimos la presión, o bien, si a una presión dada, aumentamos la temperatura, podemos lograr un cambio de fase, del estado sólido al líquido, por ejemplo.

En el caso del vulcanismo de las zonas de dispersión, el cambio de fase se debe a que al ascender el material disminuye la presión de las rocas superiores, mientras que su temperatura, por su baja conductividad, disminuye más lentamente, de manera que se produce un cambio de fase al estado líquido y la roca se funde para formar un magma.

En las zonas de subducción el cambio de fase se debe a que la placa que penetra hacia el interior de la tierra arrastra consigo parte de la astenosfera. El espacio dejado por el material de la astenosfera arrastrado se llena con material que proviene de zonas más profundas que, como en el caso anterior, produce un cambio de fase en las mismas. Por otro lado, la misma placa que penetra sufre reacciones de deshidratación con lo cual se produce una migración de compuestos volátiles de esta capa más profunda hacia la astenosfera. La hidratación de estas rocas baja su punto de fusión con su consecuente fusión parcial. Como el magma se genera a ciertas profundidades de la placa, el vulcanismo relacionado con las zonas de subducción es siempre paralelo a las trincheras que marcan el sitio de contacto entre placas.

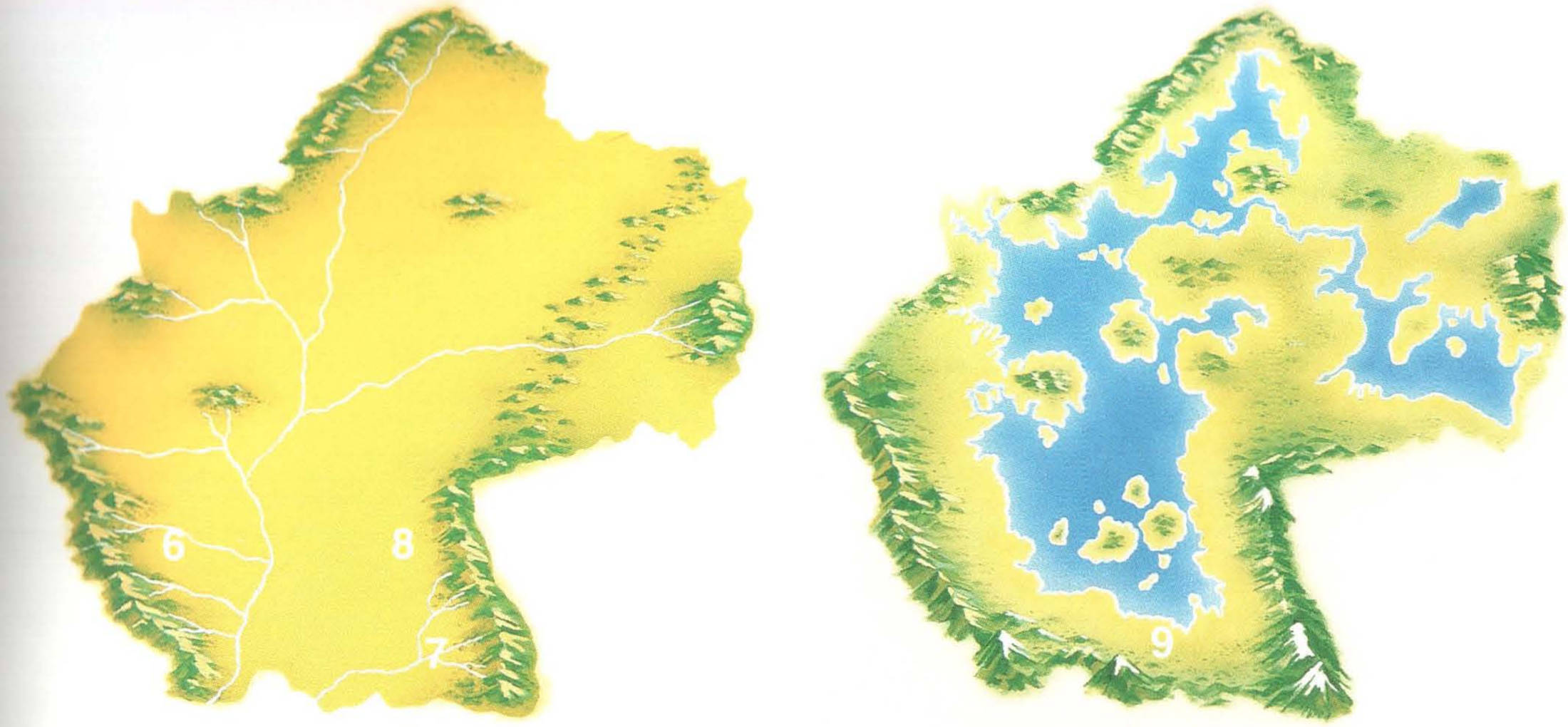
Juan Manuel Espíndola
Instituto de Geofísica, UNAM



Historia de una cuenca mal conocida como valle

Resulta un tanto difícil pensar que hace casi cuarenta millones de años, a fines del Eoceno, la cuenca de México no existía como tal, y que el vulcanismo que dio origen a todas las montañas que actualmente la conforman, apenas hacía susurrar la corteza terrestre. Algunos plegamientos adornaban esta parte recién emergida, donde se habían formado sedimentos de piedras calizas y yeso. Las primeras emisiones de lava ocurrieron en la parte norte de la cuenca, y durante cerca de diez millones de años la actividad volcánica generó una gran cantidad de lava ácida, con muchas ignimbritas y tobas, que junto con los abundantes depósitos fluviales conformaron un complejo de fosas y levantamientos, fuertemente fracturados, que se extendían en dirección suroeste-noreste. Las bases donde posteriormente se levantarían las sierras se formaron durante otro lapso igual, a base de emisiones de lavas ricas en cuarzos.

Las primeras formaciones montañosas, con una edad que pasa de los quince millones de años, fueron el Peñón de los Baños, el Cerro del Tigre y el de Santa Isabel, al norte del Tepeyac. La presión de la placa de Cocos sobre el continente se hizo sentir en esta parte del Eje, y formó una serie de fallas como las de Chinameca y de Jojutla, donde posteriormente se levantaría la Sierra Nevada. Para fines del Mioceno, esto es, hace unos catorce millones de años, como se puede apreciar en el primer mapa, la actividad volcánica rindió sus primeros frutos: la Sierra de Pachuca (1), la de Guadalupe (2), la de Tepozotlán (3), la del Tepozán (4) y la de las Pitas (5).



Justo antes de entrar al Plioceno, hace diez millones de años, se levanta la Sierra de las Cruces (6), delimitando la parte occidental de lo que hoy es la cuenca de México y aparecen, al oriente, las primeras formaciones de la Sierra Nevada (7) y de la de Río Frío (8). El material volcánico arrojado durante estos procesos acentuó la diferencia de nivel ya existente entre la planicie y sus alrededores. Asimismo, la irrupción de las sierras provocó un cambio en la dirección de los ríos que cruzaban esta zona, desviándolos claramente hacia el sur, como lo ilustra el segundo mapa.

La presión de la placa de Cocos se seguirá haciendo sentir en el valle, creando una fuerte fractura entre los dos extremos sur de las llamadas sierras mayores. Nuevamente el magma encontrará su curso en esta región de frágil corteza. Una intensa actividad volcánica dará origen a la Sierra de Chichinautzin (9), que cerrará el paso a los ríos, privando al río Balsas de un afluente y formando, hace unos 700 mil años, una cuenca cerrada de más de 8 000 km^2. Al oriente, fruto de una serie de erupciones intermitentes a lo largo del Cuaternario, concluía la formación de la Sierra Nevada, en donde se erguirán los conos del Popocatépetl y de la bella Iztaccíhuatl con sus fumarolas, dando a la cuenca —que hoy llamamos erróneamente Valle de México— el aspecto que se muestra en el tercer mapa y que es el que conocieron sus primeros pobladores.

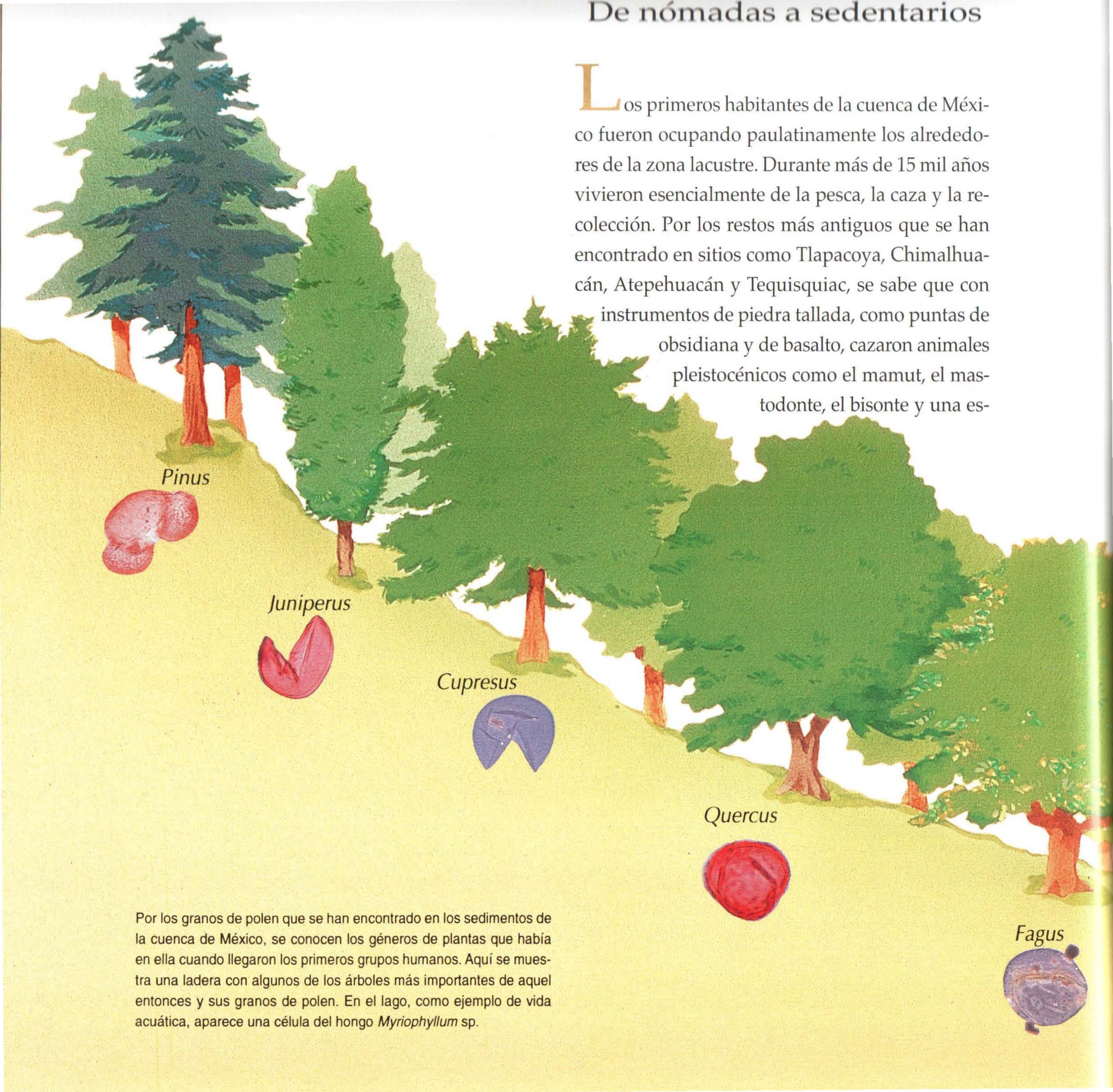
Primer mapa: fines del Mioceno (14 millones de años). Segundo: inicios de Plioceno (10 millones). Tercero: Cuaternario (700 mil años).

Los primeros pobladores

La vista de las blancas cimas del cinturón montañoso recortadas en el azul del cielo, dominadas por el Popocatépetl y el Iztaccíhuatl, y los extensos lagos de la cuenca, en donde miles de patos, chichicuilotes y garzas que en algunos sitios revoloteaban alrededor de un grupo de mamuts, debe haber sido un espectáculo deslumbrante para el primer grupo de humanos que llegó al Valle de México —hecho que ocurrió quizá hace más de 22 mil años. El descubrimiento de las abundantes poblaciones de charales, pez blanco y amarillo, acociles, ajolotes, y de algas verdes, así como los bosques de pinos y encinos, con sus venados, conejos y guajolotes, habrán terminado por retenerlos, convirtiéndolos así en los primeros habitantes de esta esplendorosa cuenca.

De nómadas a sedentarios

Los primeros habitantes de la cuenca de México fueron ocupando paulatinamente los alrededores de la zona lacustre. Durante más de 15 mil años vivieron esencialmente de la pesca, la caza y la recolección. Por los restos más antiguos que se han encontrado en sitios como Tlapacoya, Chimalhuacán, Atepehuacán y Tequisquiac, se sabe que con instrumentos de piedra tallada, como puntas de obsidiana y de basalto, cazaron animales pleistocénicos como el mamut, el mastodonte, el bisonte y una es-

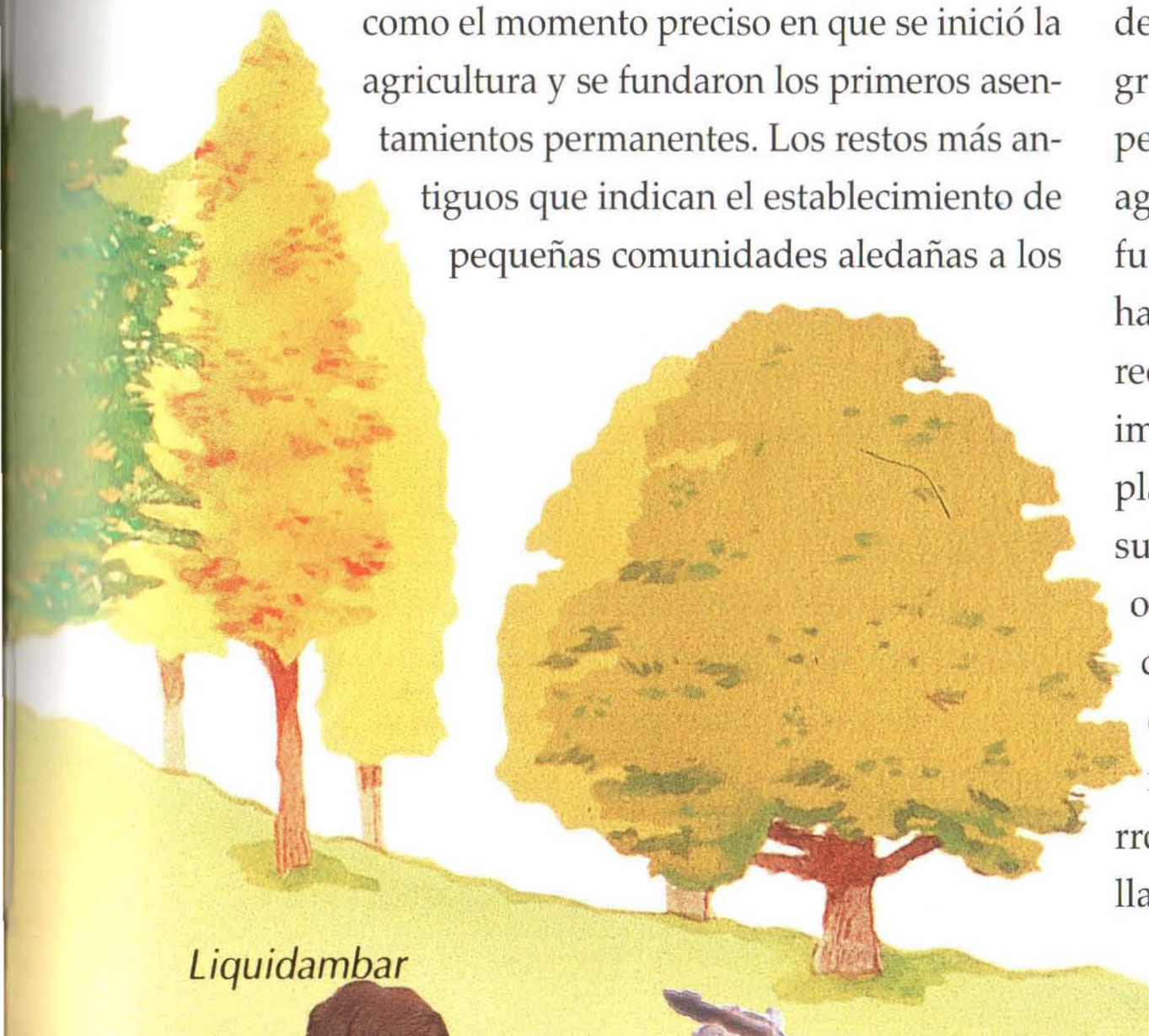


Por los granos de polen que se han encontrado en los sedimentos de la cuenca de México, se conocen los géneros de plantas que había en ella cuando llegaron los primeros grupos humanos. Aquí se muestra una ladera con algunos de los árboles más importantes de aquel entonces y sus granos de polen. En el lago, como ejemplo de vida acuática, aparece una célula del hongo *Myriophyllum* sp.

pecie de camello, entre otros. Fabricaron objetos punzantes con los huesos de una especie de venado hoy extinta (*Odocoileus halli*), y con piedra también hicieron raspadores, cuchillos y raederas, que empleaban para destazar la carne y adelgazar el cuero de las pieles. No se conoce con certeza lo intensiva que pudo ser la cacería de este tipo de fauna. Lo que sí se sabe es que después de más de 10 mil años de ocupación humana no quedaba un solo animal pleistocénico de grandes dimensiones. Si fueron los cambios climáticos o la caza excesiva la causa de ello, es algo que aún se discute.

Resulta difícil estimar hasta qué punto eran nómadas estos grupos de cazadores-recolectores, así como el momento preciso en que se inició la agricultura y se fundaron los primeros asentamientos permanentes. Los restos más antiguos que indican el establecimiento de pequeñas comunidades aledañas a los lagos, como los de Tlapacoya-Zohapilco y Chicoloapan, muestran que para el año 5 000 a.C. ya existía un modo de vida totalmente sedentario. La gran diversidad de paisajes, ambientes, plantas y animales permitía a sus pobladores aprovechar los diferentes recursos, cuya abundancia variaba a lo largo del año. Se han encontrado huesos de venados, perros, patos mexicanos y escamas de peces, animales que consumían durante todo el año, junto con huesos de gansos canadienses y otros patos migratorios, que eran alimento de invierno, y restos de tortugas lacustres, ajolotes y culebras de agua, que formaban parte de la dieta de verano.

Los granos de polen hallados en estos sitios y el descubrimiento de artefactos para la molienda de granos y semillas de casi 5 mil años de antigüedad, permiten suponer la presencia de una incipiente agricultura. Maíz, frijol, calabaza, chile y amaranto fueron de las primeras plantas cultivadas por los habitantes de esta región, aunque en esa época los recursos lacustres seguían siendo el sustento más importante. Sin embargo, 3 mil años después, estas plantas parecen haber tenido un papel central en la subsistencia de los habitantes de la cuenca, cuya organización social se tornaba más compleja y daba origen a nuevas formas de expresión plástica. De esta época data la figurilla antropomorfa más antigua de toda Mesoamérica, hecha de barro cocido, y que se encontró en lo que eran las orillas del lago de Chalco.

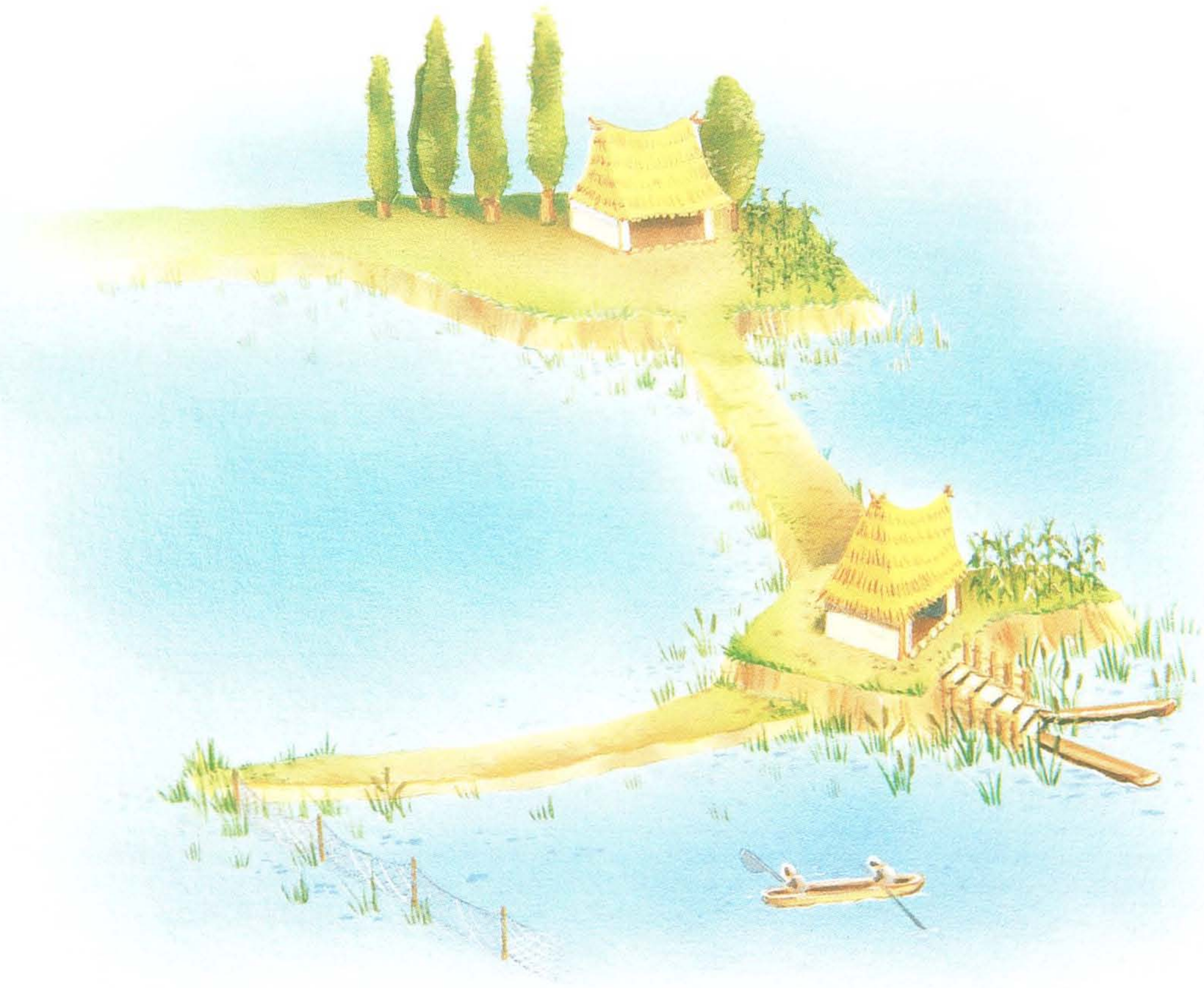


Las aldeas

En cosa de unos cuantos miles de años el maíz se convertiría en el cultivo principal. Durante este lapso los agricultores mesoamericanos seleccionaban para cada nueva siembra las mazorcas —que originalmente no llegaban a los 5 cm, como las del teosinte (*Zea diploperennis*)— por su sabor, facilidad de cocción, color, tamaño y resistencia a las sequías o al exceso de humedad, hasta que lograron obtener una planta muy similar a la que conocemos actualmente. No obstante, el cultivo del maíz en el Valle de México representaba todo un reto. En la zona lacustre, el exceso de agua, las intensas heladas que ocurrían no solamente en invierno sino que se prolongaban hasta el otoño y la primavera, así como la concentración de las lluvias en unos cuantos meses del año, obligaban a un ciclo agrícola sumamente corto, de baja productividad y que ocasionaba una severa erosión y pérdida de fertilidad de los suelos.

De los diferentes ambientes del Valle, los pies de monte parecían ser los más adecuados para la incipiente agricultura. Esta franja de terreno situada cerca de los 2 300 metros sobre el nivel del mar, con suelos fértiles, lluvias moderadas y un clima más estable, tenía un solo inconveniente: la erosión. La diferencia de precipitación pluvial entre el sur, con más de 1 500 mm de lluvia anual, y el norte, con apenas 500 mm, favoreció a la región situada entre las faldas del Ajusco y la zona lacustre, donde hace más de 4 mil años se desarrollaron los primeros asentamientos agrícolas importantes. Los habitantes de Tlapacoya, Tlaltenco, Loma Terremote, Cuicuilco y otras aldeas más pequeñas, construyeron sus casas sobre terrazas de cerca de 8 m de ancho y hasta 60 m de longitud, en donde también, a manera de huerto, sembraban chile, frijol, calabaza y amaranto. En este periodo, denominado Formativo, la población experimentó un fuerte crecimiento y parte de ella se concentró en unas pocas aldeas de alrededor de mil habitantes, pero sin que desaparecieran los caseríos de menor tamaño, que siguieron siendo bastante numerosos.

El último milenio antes de nuestra era se caracterizará por la consolidación de una serie de técnicas para el manejo del agua, tanto para hacer frente a la escasez en las laderas —aprovechando los



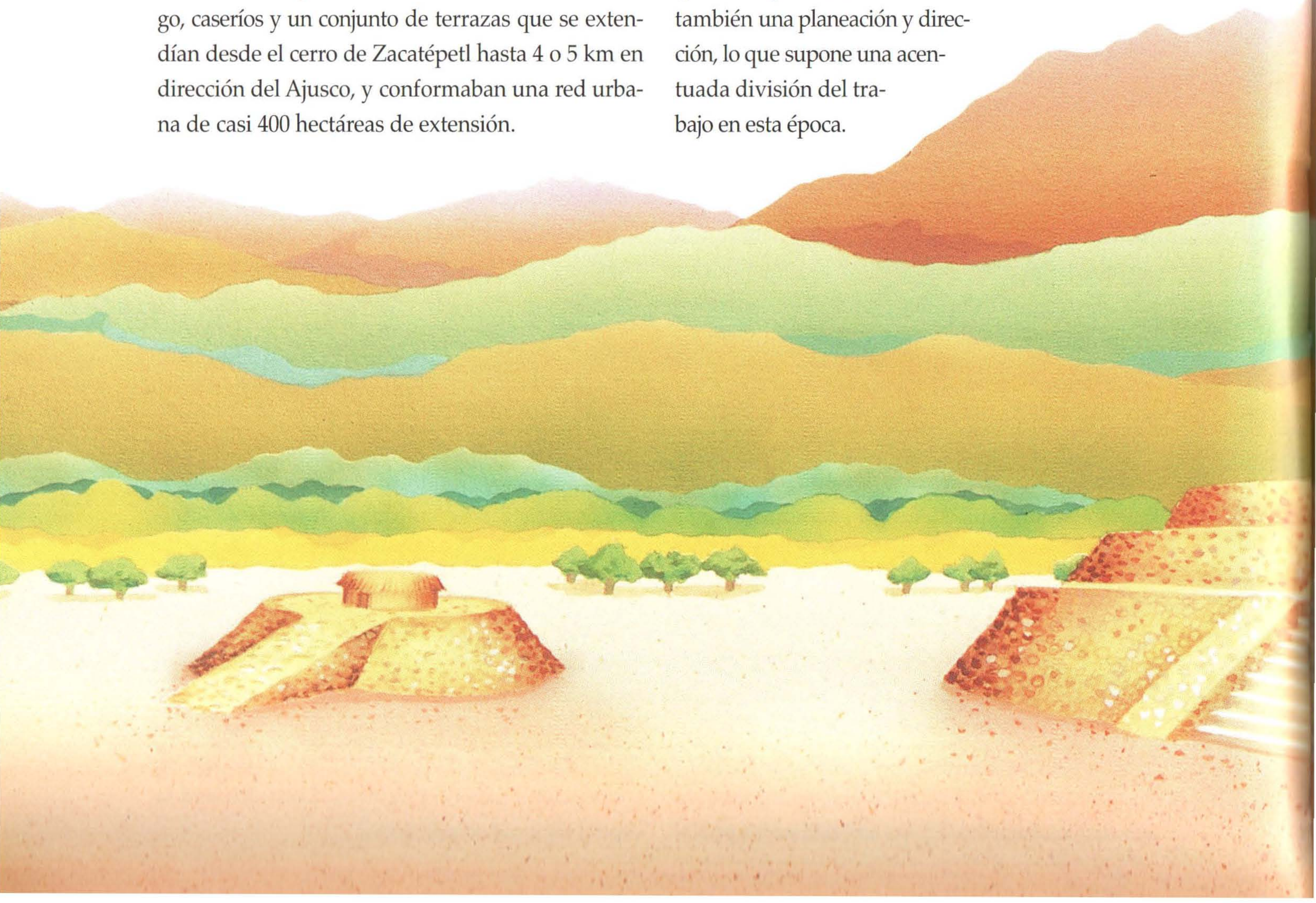
Reconstrucción de una aldea típica del Formativo de la cuenca de México (entre 2 500 y 200 años a.C.). *Página anterior:* planta de teosinte (*Zea diploperennis*), posible antepasado del maíz.

manantiales y pequeños cursos de agua—, como para luchar contra su exceso en las partes inundables. El uso de terrazas permitirá evitar la pérdida de suelo, con lo cual se elevará la productividad agrícola. Los requerimientos de mano de obra y de tiempo para la edificación de estas obras generarán una cierta especialización productiva en los poblados de agricultores, quienes comenzarán a intercambiar maíz por peces, aves y objetos manufacturados con tule con los poblados lacustres, que también empezaban a mostrar signos de especialización. La pérdida de la autosuficiencia, así como cierta estratificación social, la creación de una jerarquía religiosa y las edificaciones de piedra en las aldeas más grandes, perfilan el apogeo de lo que se conoce como periodo Preclásico. Cuicuilco será la capital regional de esta época.

Cuicuilco

Centro rector de la cuenca de México durante la segunda mitad del milenio anterior a nuestra era, Cuicuilco contaba con cerca de 20 mil habitantes, un centro ceremonial circular de 80 m de diámetro en la parte superior y 135 m en la base, y otros templos de menor altura, largas avenidas como la que unía, probablemente, la pirámide central con la de Tenantongo, caseríos y un conjunto de terrazas que se extendían desde el cerro de Zacatépetl hasta 4 o 5 km en dirección del Ajusco, y conformaban una red urbana de casi 400 hectáreas de extensión.

La gran variedad de trabajos necesarios para la construcción de grandes obras arquitectónicas como las terrazas, los canales de riego y los templos religiosos —el acarreo de piedras, su corte y unión—, así como la atención de los diversos cultivos, la caza y la pesca, la alfarería y el tejido, no solamente requirieron profundos conocimientos, sino también una planeación y dirección, lo que supone una acentuada división del trabajo en esta época.



La aparición de un grupo dirigente investido de poderes religiosos y dedicado exclusivamente a la administración de las riquezas comunales, dejó atrás al viejo chamán con sus rituales de petición de lluvia, fertilidad, invocación para la abundancia de presas de caza y curaciones de índole diversa. Estos nuevos sacerdotes enfrentarán las fuerzas de la naturaleza concibiendo y dirigiendo laboriosas construcciones, y regulando la vida de su pueblo y de los pueblos aledaños, que seguirán especializando su producción.

Los intercambios comerciales se incrementarán a la par de la especialización productiva. De Ecatepec llega la sal; acociles, pez blanco y tules de Tlapacoya; manos y metates de Coapexco; la obsidiana de Loma Terremote; cestos y cuerdas de Terremote-Tlaltenco. Comercio y religión se fusionan al adquirir cada

Ilustración de lo que pudo haber sido el centro ceremonial de la ciudad de Cuicuilco durante la segunda mitad del último milenio anterior a nuestra era.

LA CERÁMICA DE CUICUILCO

La cerámica constituye uno de los más importantes indicadores cronológicos que permite además conocer los contactos que tuvo un grupo con otro y, una vez determinado su uso, reconstruir en parte la forma de vida de una cultura. De los vestigios de cerámica rescatados se deduce que Cuicuilco se inició probablemente durante el Formativo Medio —1 000 a 600 a.C.— como una pequeña aldea que compartía la tradición de la cerámica elaborada con arcilla de la cuenca de México, como son los tipos monocromos de uso doméstico y formas sencillas, como platos, ollas, tecomates, cucharones, y algunos bicromos de uso ceremonial, entre los que predominan, en cuanto a forma, los cajetes con soportes (patas). Asimismo, es posible deducir algunas influencias por la presencia de cerámica blanca granular de Guerrero y Morelos; la olmeca, negra, con base plana y dibujos en blanco, y otros tipos de cerámica que revelan contactos con Monte Albán.

En el Formativo Superior —600 a 200 a.C.— Cuicuilco adquiere gran importancia como un centro de control en la cuenca de México. Su cerámica continúa la tradición local de Ticomán con tonos que van del rojizo al amarillo. Se inicia la técnica del negativo, que consiste en cubrir el dibujo con cera para que durante la cocción el motivo decorativo adquiera una coloración más clara que el resto de la pieza; son también frecuentes la decoración policroma y el fresco-seco, que consiste en aplicar una capa de estuco en la superficie externa de la pieza sobre la cual se pintan los motivos decorativos en diversos colores. Aparecen formas como los platos trípodes con una amplia variedad en el diseño de los soportes, y son comunes los braseros de varios tipos, como los de copa anular, de pedestal y el bicónico, usados con fines ceremoniales. Es notable la influencia de la tradición cerámica de Chupícuaro, Guanajuato, que se ma-

centro mercantil atributos religiosos y deidades ligadas a sus características comerciales.

El movimiento de colonización hacia el norte culminará con el surgimiento de una de las más grandiosas ciudades mesoamericanas: Teotihuacan. En los inicios de nuestra era, esta zona conformada antiguamente por pequeñas aldeas, verá desplegarse la majestuosa Avenida de los Muertos, que detiene su respiración ante la imponente Pirámide del Sol, para llegar a reposar en el seno de la Pirámide de la Luna. Al sur, Cuicuilco vivía su ocaso.

Vasija zoomorfa. *Página anterior, arriba:* cajete trípode con soportes mamiformes; *abajo:* cajete trípode con soportes sencillos. Todas ellas del periodo Formativo Superior (600 a 200 a.C.) de Cuicuilco.

nifiesta en la adopción de una amplia variedad de formas de soportes y diseños de tipo geométrico, aun para representaciones naturalistas.

La cerámica, además de ser utilizada con fines domésticos, es decir para preparar, servir y guardar alimentos, se empleaba con propósitos ceremoniales. Con el surgimiento de la estratificación social, en las fiestas comunitarias redistributivas se usaban vasijas finas para servir las raciones. La cerámica se utilizaba también, junto con otros objetos, como ofrenda en los entierros, ya que en ella se colocaban los alimentos que el muerto necesitaba para su viaje al Más Allá. A pesar de que el sistema de enterramientos de aquella época no presenta un patrón determinado, la cerámica indica cierta complejidad religiosa en el culto a los muertos, junto con un tipo especial de entierro múltiple encontrado en algunos graneros subterráneos donde los muertos fueron colocados a manera de los radios de una rueda frente al basamento circular de la pirámide de Cuicuilco, posiblemente como ofrenda propiciatoria. Asimismo, es probable que ya entonces se practicaran sacrificios humanos —lo que se deduce por el hallazgo de cráneos aislados que se supone corresponden a sacrificados.

Es posible conocer diversos aspectos de la vida diaria por los objetos hallados en las excavaciones. La presencia de metates y una hermosa figurilla que muestra a una mujer moliendo nos dan una idea de cómo se preparaba el maíz. La inmensa cantidad de astas de venado revela la importancia que tenía la caza, principalmente del

Izquierda: mujer moliendo maíz. *Centro:* figura de pastillaje. *Derecha:* jugador de pelota.

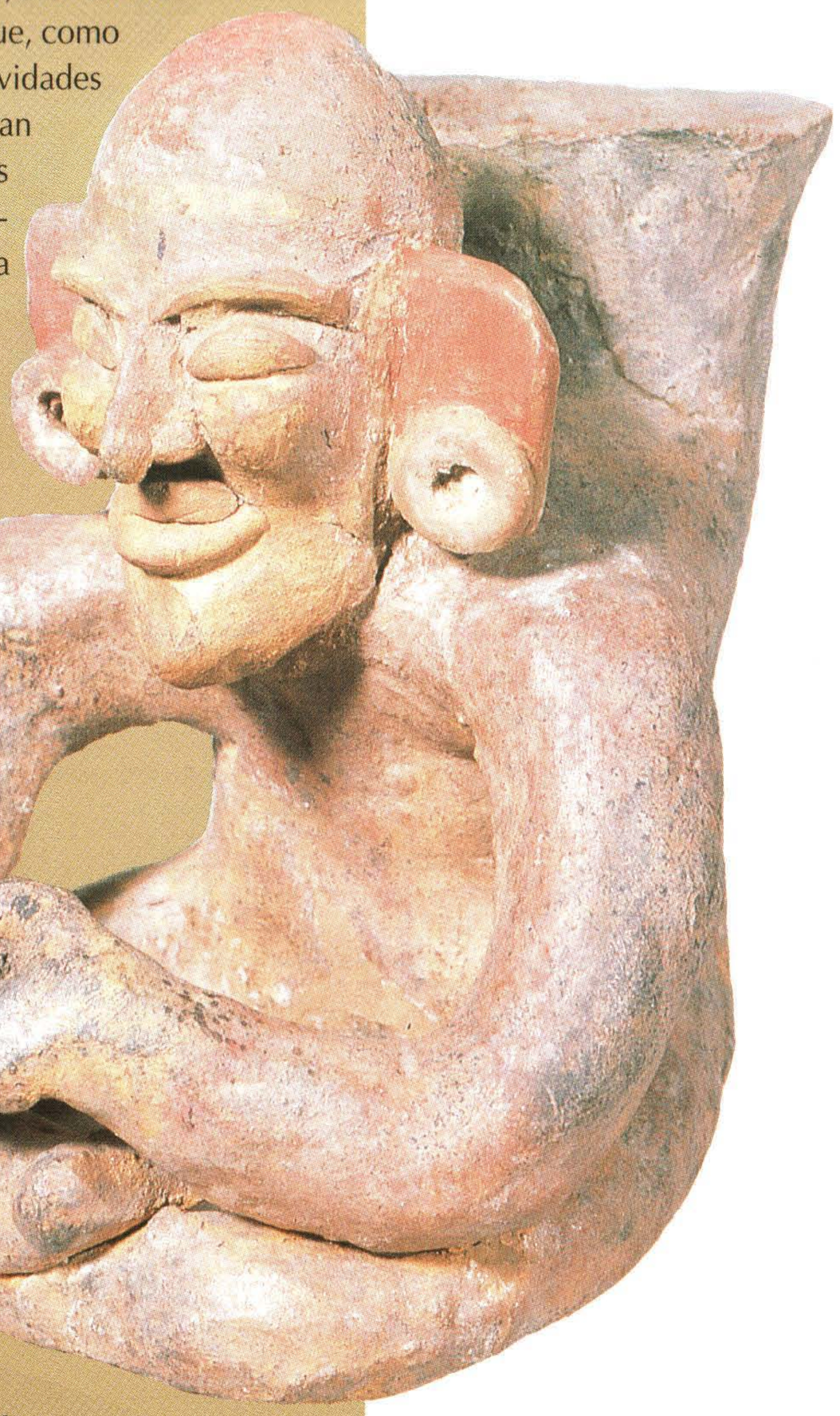
Izquierda y derecha: figuras femeninas encontradas como ofrenda en un entierro.*Centro:* figura de pastillaje.

Izquierda: figura masculina. *Centro:* figura con apariencia de batracio. *Derecha:* figura probablemente con mazorca de maíz.
Página siguiente: vasija que representa al dios viejo Huehuetéotl.

venado cola blanca, que en aquella época abundaba en los bosques cercanos y tenía un papel preponderante en la economía.

Las figurillas de forma humana, modeladas también con barro, son un medio importante para conocer ciertos aspectos de la sociedad, ya que, como la mujer moliendo, muchas de ellas representan personajes, actividades y costumbres de la época. Del Formativo Medio de Cuicuilco se han recuperado figurillas más planas y estáticas que las de los periodos anteriores y existe un porcentaje mayor de representaciones masculinas y asexuadas, lo que posiblemente indique un cambio en la función de estos objetos y en la organización política.

Las figurillas que representan contorsionistas, bailarinas, músicos, así como varios objetos ornamentales empleados en las festividades rituales —orejeras, collares, conchas, espejos de hematita y los sellos que sirvieron para pintarse el cuerpo y la cara, y ciertos instrumentos musicales como sonajas y silbatos—, nos proporcionan información acerca de estas ceremonias. El hallazgo en Cuicuilco de una figurilla identificada como un jugador de pelota por la banda que le cubre la cadera y la pelota que lleva en su mano izquierda es muy importante pues no se han encontrado restos de edificaciones que daten de esta época relacionados con la práctica de este juego que tuvo fuertes implicaciones políticas y religiosas en Mesoamérica. También de Cuicuilco proceden las primeras representaciones de deidades con atributos reconocibles, como Huehuetéotl, dios del fuego, que siempre lleva sobre la espalda un brasero, hecho que puede interpretarse como el inicio de la religión institucionalizada, que se desarrollará fuertemente en el periodo Clásico y producirá suntuosas expresiones plásticas, entre las cuales la cerámica ocupará un lugar preponderante con piezas que son, aún hoy, un invaluable testimonio de gran belleza.



Patricia Ochoa Castillo
Museo Nacional de Antropología, INAH

El ombligo de la Tierra

En una pequeña loma que está al pie del cerro del Ajusco, la corteza de la Tierra se fracturó, al tiempo que se produjo una erupción de cenizas y una masa de lava comenzó a brotar de ahí, descendiendo a manera de una cascada luminosa. La capa superficial se endurecía a medida que avanzaba el torrente ígneo, protegiendo al magma que, como un río subterráneo, proseguía su camino por los vericuetos que el relieve le facilitaba, llegando hasta donde su agotamiento y el mismo relieve lo permitieron. Al cabo de varios años, un mar de piedra humeante remplazaba la vegetación del pie de monte, mientras, arriba, un pequeño cono volcánico exhalaba fumarolas, festejando su nacimiento. Siglos después, los mexicas lo bautizarían con el nombre de *Xictle:* el ombligo.

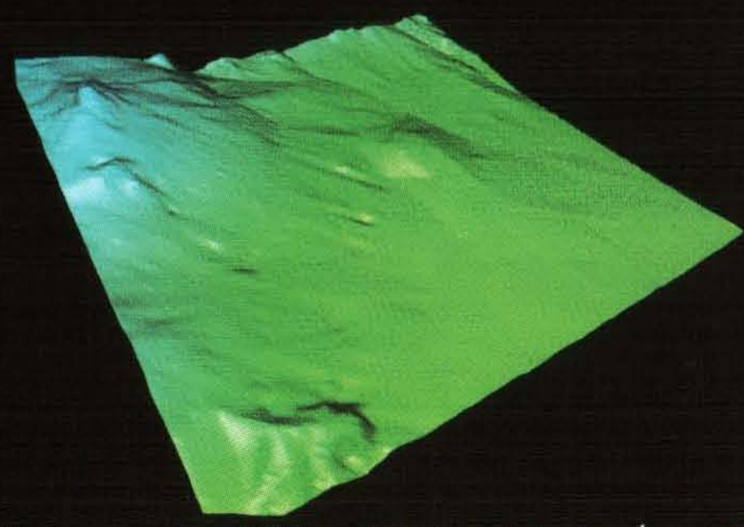
Un enjambre de volcanes

El Xitle es parte de la Sierra de Chichinautzin, que se extiende, siguiendo una orientación este-oeste, desde el sur del Valle de México hasta el norte del de Toluca. Formada en diferentes etapas por procesos volcánicos monogenéticos —esto es, erupciones que solamente ocurren una vez, no duran más de diez años y dejan un cono volcánico como recuerdo—, esta Sierra se asienta sobre rocas de origen volcánico de cerca de 20 millones de años de edad, originadas durante el Plioceno. A la actividad volcánica del Pleistoceno, hace más de un millón de años, se deben conos como el Xochitepec y el Tehuehue, situados al sureste del Ajusco, constituidos principalmente por andesitas y algunos basaltos —rocas ígneas de poca edad. En los últimos 10 mil años han aparecido casi cincuenta volcanes

en esta zona. El nacimiento de los dos últimos, el Xitle y el Chichinautzin, data de menos de 2 mil años, lo que permite suponer que los procesos volcánicos que dieron origen a esta cadena montañosa podrían reactivarse en cualquier momento.

Como resultado de lo anterior, la Sierra de Chichinautzin está compuesta por una serie de conos volcánicos que se superponen unos a otros, de conos adventicios cubiertos por nuevos conos, de cráteres rellenos que forman montículos y de montañas de diversos tamaños, así como de conos erosionados que, en conjunto, forman una especie de enjambre de volcanes que se alimenta de un mismo manantial magmático. En esta promiscuidad de conos es posible observar algunos que apenas llegan a los 10 m de altura y otros que alcanzan los 300 m, pasando por toda una gama de tamaños, con diámetros que van de los 100 m a los 2 km en la base y de 50 a 750 m en el cráter que, a su vez, puede tener hasta 115 m de profundidad, como el cráter del cono del cual salió la lava que dio origen al Pedregal de San Ángel: el Xitle.

Con 100 m de altura, 750 de diámetro en la base y 350 en el cráter, el Xitle está constituido por materiales volcánicos de pequeño tamaño, principalmente cenizas, lo que le ha valido ser clasificado como un cono de escoria o piroclástico, además de por su base circular, su cono trunco, su baja altura y por el hecho de haber sido formado por una sola erupción. Su edad ha sido objeto de numerosos y divergentes fechamientos, desde los diez mil años que le atribuían los primeros estudiosos, hasta los 2 400 que casi lograron consenso hace unos años. Sin embargo, las más recientes investigaciones ubican la erupción del Xitle en el primer siglo de nuestra era.

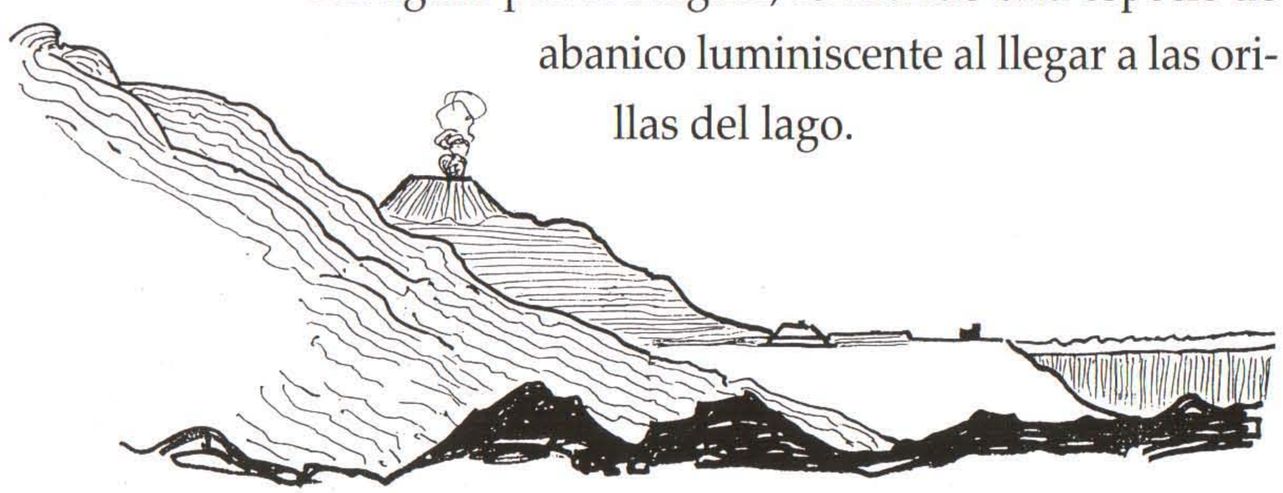


Detalle que muestra el Xitle y el Pedregal de San Ángel. *Página anterior:* vista del Chichinautzin desde el este. Imágenes obtenidas con un sistema de información geográfica. *Páginas 40-41:* Diego Rivera, *México prehispánico*, fresco en la escalinata de Palacio Nacional, 1929-1930. (Detalle que representa el Xitle).

El nacimiento del Pedregal

La lava del Xitle que dio origen al Pedregal de San Ángel era poco viscosa. Es muy probable que esta lava haya salido a la superficie por las actuales bocas adyacentes al cono volcánico, abiertas a manera de fracturas por la presión del magma, y que, desde los más de 3 000 metros sobre el nivel del mar en que éstas se encontraban, surgieran varias oleadas de lava que avanzaron, de acuerdo con la pendiente, por momentos quizás a más de 10 m por minuto, deteniéndose totalmente durante cierto tiempo al solidificarse el frente del derrame para volver a retomar su curso al fundirse éste ante el embate de la corriente ígnea a más de 1 000 grados centígrados de temperatura que lo empujaba.

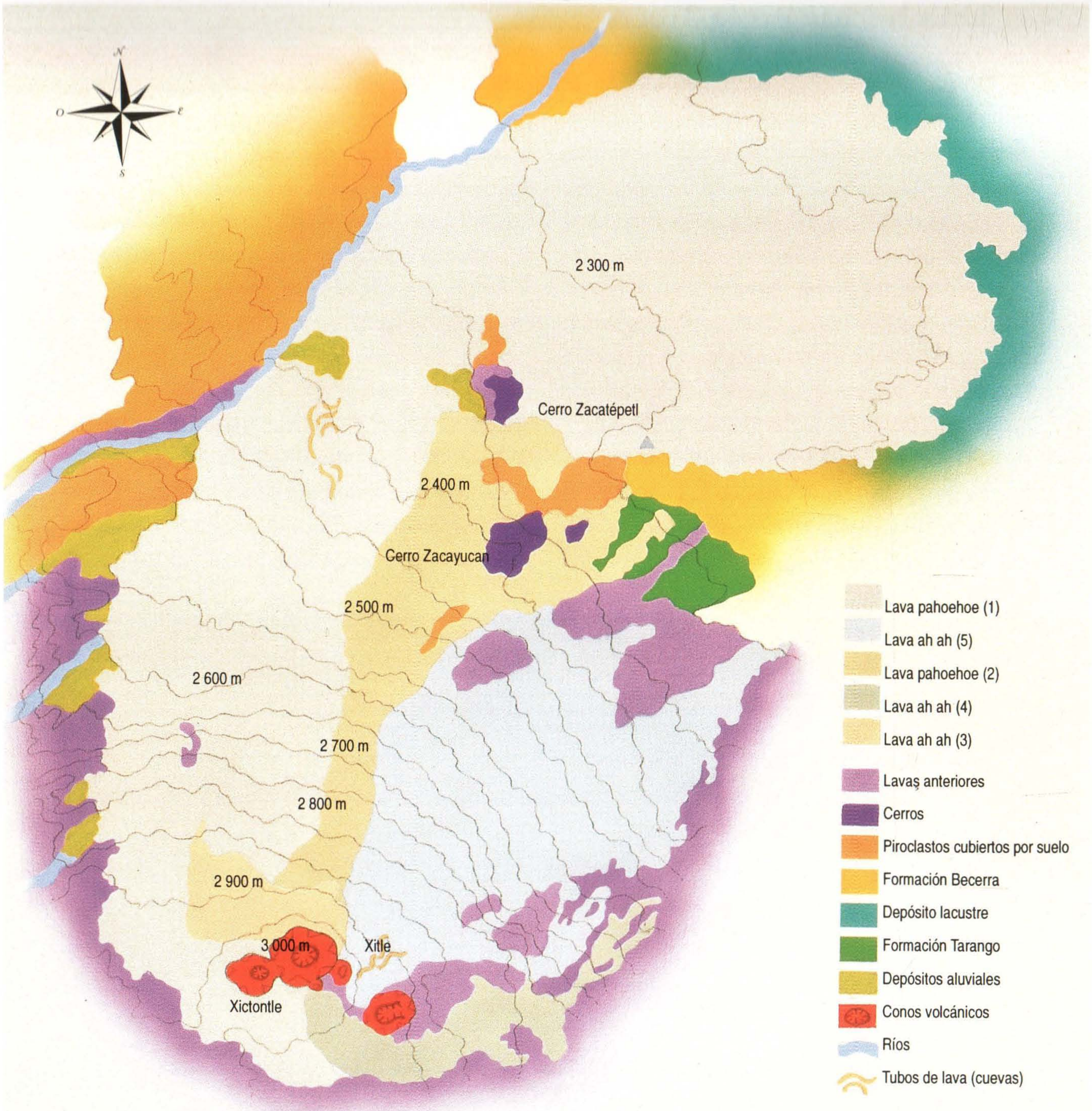
Se piensa que las primeras corrientes de lava (1) fueron muy abundantes y salieron del cono de lava lateral situado al oeste del Xitle, conocido como Xictontle, fluyendo en un principio en dirección del Ajusco hasta formar el pequeño valle que allí se encuentra, para después, siguiendo la pendiente natural, descender hacia la zona lacustre, tornando rojizo el lecho del río Magdalena al ser remplazadas sus aguas por el magma, formando una especie de abanico luminiscente al llegar a las orillas del lago.



Enseguida, la boca norte hizo lo suyo arrojando un río de lava (2) que corrió paralelo al primero, cubriendo de este mar viscoso la cuesta que va hacia el cerro de Zacatépetl, cercándolo por completo y formando pequeñas lenguas en algunos intersticios de menor altitud. No se sabe si las lavas rugosas que rodean la parte norte del Xitle (3) son anteriores a las que fluyeron hacia el sureste (4), pero lo que sí es seguro es que precedieron al derrame que como un último esfuerzo salió de la boca oriental, creando una corriente (5) que cubrió parcialmente al segundo derrame, desbordándose después hacia el este.

Tampoco se sabe con certeza cuánto tiempo tardó la lava en recorrer los casi 15 km que tiene de largo el Pedregal, ni el que requirió para cubrir los 80 km^2 que constituyen su superficie, ni el tiempo que estuvo brotando el magma para que llegara a formar una capa de más de 10 m de espesor. La lava pudo haber fluido durante dos o tres años, o tal vez durante nueve, como en el caso del Paricutín —que es producto del mismo tipo de vulcanismo que el Xitle—, e ir perdiendo su calor paulatinamente hasta que este riñón de piedra dejara de humear, delimitando lo que hoy se conoce como Pedregal de San Ángel.

Apunte del Dr. Atl que muestra el Xitle humeante, visto desde el oriente. Al centro se aprecia la pirámide de Cuicuilco y, a la derecha, la zona lacustre. *Página siguiente:* mapa geológico del Pedregal de San Ángel con los diferentes tipos de lava y otras formaciones.


N
O
E
S
2 300 m
Cerro Zacatépetl
2 400 m
Cerro Zacayucan
2 500 m
2 600 m
2 700 m
2 800 m
2 900 m
3 000 m
Xitle
Xictontle
Lava pahoehoe (1)
Lava ah ah (5)
Lava pahoehoe (2)
Lava ah ah (4)
Lava ah ah (3)
Lavas anteriores
Cerros
Piroclastos cubiertos por suelo
Formación Becerra
Depósito lacustre
Formación Tarango
Depósitos aluviales
Conos volcánicos
Ríos
Tubos de lava (cuevas)

Una herida en la Tierra

En su avance, la lava encontraba en su camino distintos obstáculos, que junto con los cambios en la pendiente, los accidentes del relieve y las diferencias en el tiempo de enfriamiento de las capas de magma, contribuyeron a la formación de grietas, montículos rocosos, hondonadas, hoyos, arrugas a manera de cordones, cuevas, planchas gigantescas de roca y fracturas que constituyen la superficie de gran heterogeneidad topográfica que tiene el Pedregal de San Ángel.

Podemos imaginar las primeras emisiones de lava brotando de las fracturas que se abrieron en el suelo a los pies del Ajusco, avanzando como si fueran largas y gruesas lenguas de fuego. El espesor del magma, de varios metros, hacía que la capa exterior se enfriara más rápidamente que el resto y que también comenzara a solidificarse antes, al tiempo que dejaba salir los gases que contenía. A veces los gases escapaban de manera abrupta, desflorando la costra y formando una superficie externa de bloques ásperos y aserrados de formas irregulares y bordes filosos y cortantes que se conocen como lavas ah ah —palabra hawaiana que designa algo rugoso o "como con púas". Sin embargo, la mayor parte de las lavas que descendían del Xitle se enfriaba más lentamente y permanecía en movimiento más tiempo, permitiendo el escape de los gases de manera más suave, haciendo que el tamaño de las burbu-

jas fuera casi microscópico y dejando tras de sí una superficie más lisa, en la que quedaron inmovilizadas para siempre las ondulaciones de su lento fluir, esto es, sus arrugas o cuerdas, como testimonio de la dirección en que avanzó el derrame, ya que éste siempre lo hace de manera perpendicular a ellas. Este tipo de lava se conoce como pahoehoe, que en hawaiano quiere decir liso.

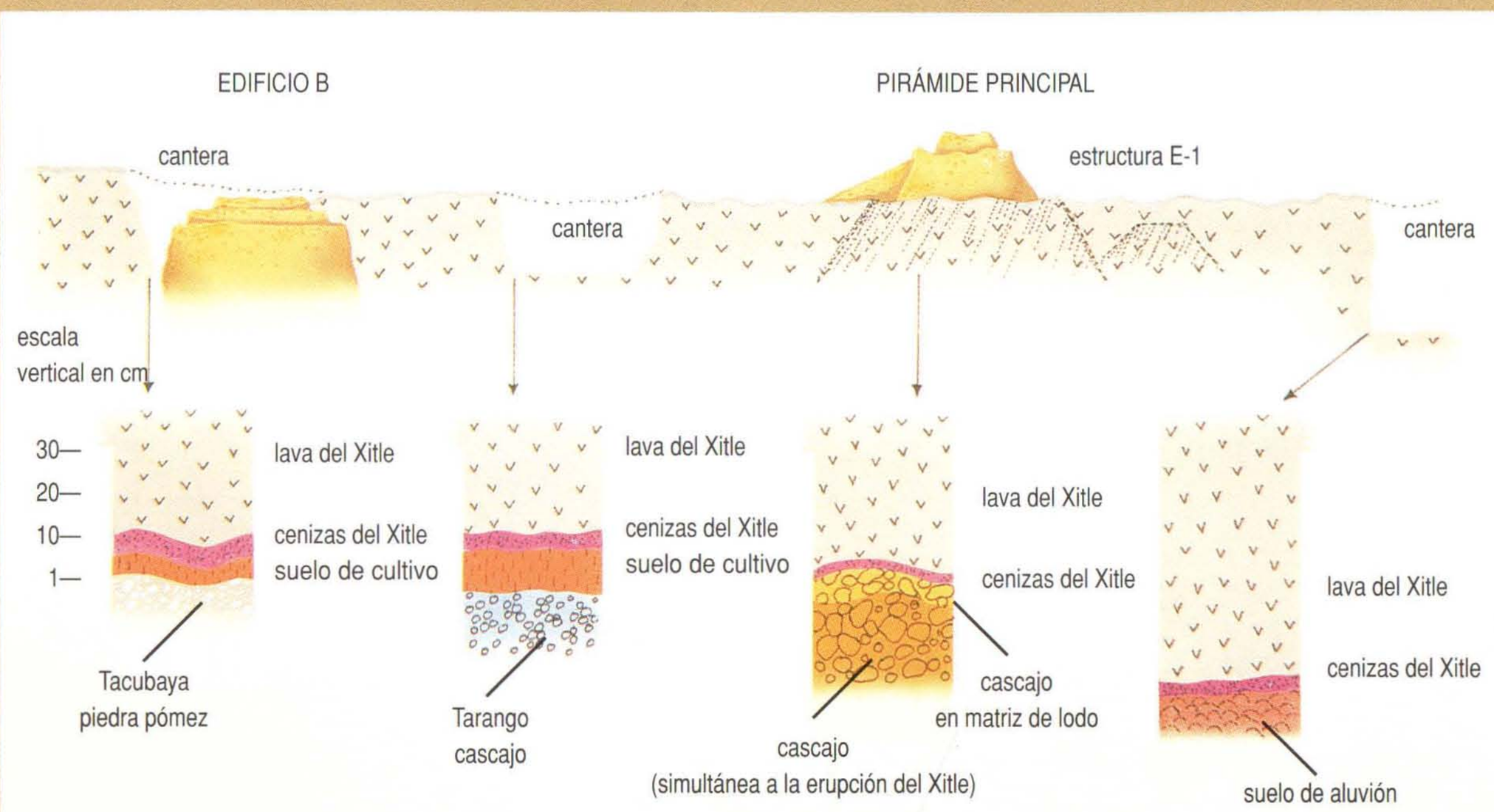
No obstante, al enfriarse la capa de lava no todos los gases lograron escapar y según la manera en que quedaron atrapados, así fue la forma y el tamaño de las innumerables oquedades que dan su aspecto característico a la piedra volcánica. Imaginemos los lechos de los ríos que fueron desviados, donde la lava corrió sobre una superficie húmeda generando una gran cantidad de gases y, por lo tanto, de burbujas que, al tratar de salir a la superficie quedaron atrapadas en la lava ya cristalizada. O bien lugares de pendiente más pronunciada donde el torrente magmático al fluir a mayor velocidad impidió que escaparan los gases, que así quedaron atrapados y formaron vesículas alargadas y ligeramente inclinadas, no mayores de 2 cm. En las zonas planas, donde la capa de lava era muy gruesa, el magma tardó más en enfriarse, y los gases pudieron moverse entre la masa viscosa, por lo que se formaron muy pocas vesículas circulares. Aunque muchas veces, al ascender, infinidad de pequeñas

LA EDAD DEL XITLE

En el área del sitio arqueológico de Cuicuilco y de las viviendas que había en lo que hoy es Chimalistac, que quedó cubierta por el derrame del Xitle se han hecho sondeos para establecer la fecha de la explosión volcánica que formó el Pedregal de San Ángel. Sin embargo, fechamientos como el de 3 250 años (± 100) que se obtuvo del paleosuelo que se encuentra debajo del derrame de lava en el Estadio de Prácticas de la Ciudad Universitaria, refleja más bien la edad del suelo ya degradado de la Formación Tarango. De igual manera, la edad de 2 400 años obtenida por el método de carbono catorce (C^{14}) a principios de la década de los cincuenta por W. Libby, no debe corresponder a la capa de suelo más próxima al derrame, ya que unos cuantos centímetros de suelo representan cientos de años. Los estudios más recientes que hemos llevado a cabo en el Instituto de Geofísica en colaboración con la Escuela Nacional de Antropología e Historia y la Universidad de Texas, indican que la erupción del Xitle ocurrió hace aproximadamente 2 000 años. Las muestras para este estudio fueron tomadas de la capa de suelo ubicada directamente bajo el derrame de lava, y su edad fue establecida por medio del método de C^{14}.

Finalmente, vale la pena comentar que en la Sierra de Chichinautzin la erupción del Xitle no es la más reciente, ya que en nuestros últimos estudios hemos logrado establecer que la aparición del volcán Chichinautzin es posterior.

Ana Lillian Martin del Pozzo
Instituto de Geofísica, UNAM



Lava ah ah. *Derecha*: lava pahoehoe.

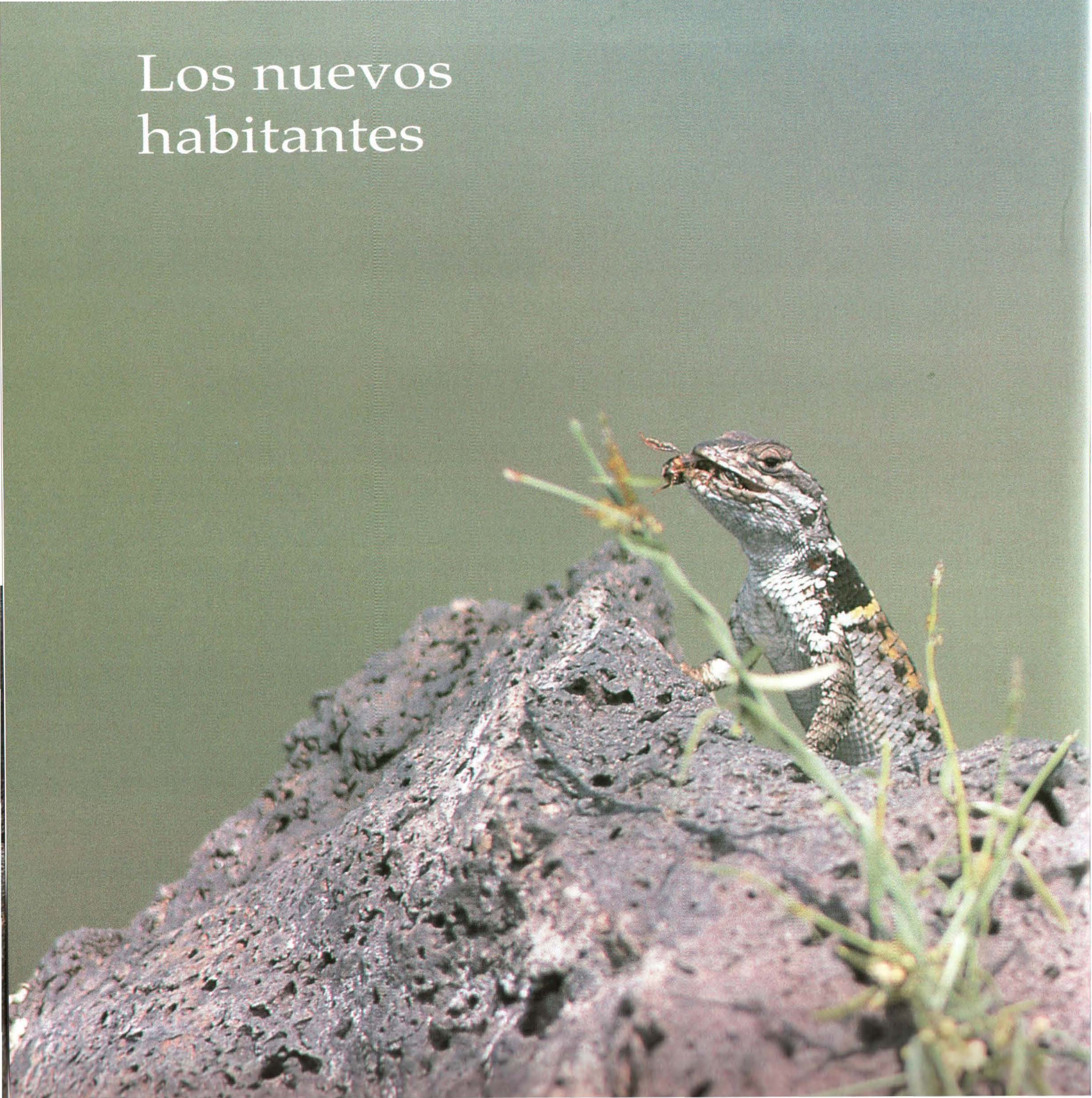
burbujas se acumularon bajo la costra superficial, se unieron y formaron burbujas de varios metros de diámetro, que al ejercer presión sobre la superficie, la hicieron ceder y crearon las hondonadas y los hoyos de muy diversas profundidades que contribuyen a la accidentada topografía del Pedregal de San Ángel.

En ocasiones, la lava de la superficie se enfriaba, mientras que por debajo de ella seguía fluyendo el magma. Los nuevos brotes de magma se sumaban y ejercían una mayor presión sobre la capa exterior, hasta que a veces ésta se rompía en las partes más débiles y se fragmentaba, proyectando hacia el exterior de manera desordenada los bloques de lava ya cristalizada, que son actualmente los montículos rocosos o túmulos que se observan con bastante frecuencia en el Pedregal. Otras veces la costra superficial formaba una inmensa placa, bajo la cual seguía fluyendo el magma, y que, por las mismas razones que en el caso anterior, se llegaba a fracturar, rompiéndose por la mitad y formando dos placas de hasta 30 m de ancho cada una, que quedaban levantadas en la parte de la fractura y hundidas en los extremos, con inclinaciones de casi 80 grados y alturas que van desde un metro y medio hasta los tres metros, y que se conocen como crestas de presión.

Quizá por el relieve, en ocasiones el torrente de lava se enfriaba no solamente en la parte superior, sino también en los lados y en el piso, formando una especie de tubo al que se le iban sumando otros tubos, como los afluentes de un río, por donde seguía fluyendo el magma hacia el frente del derrame. Al agotarse el flujo, los conductos de lava quedaron vacíos y formaron túneles que, en algunas partes, tienen hasta 6 m de altura y 10 de ancho, y que en conjunto, constituyen una especie de red de cuevas, cuya profundidad alcanza 2 km, con varios ramales. Testimonio del paso de la lava por estos túneles es la superficie ondulada del piso.

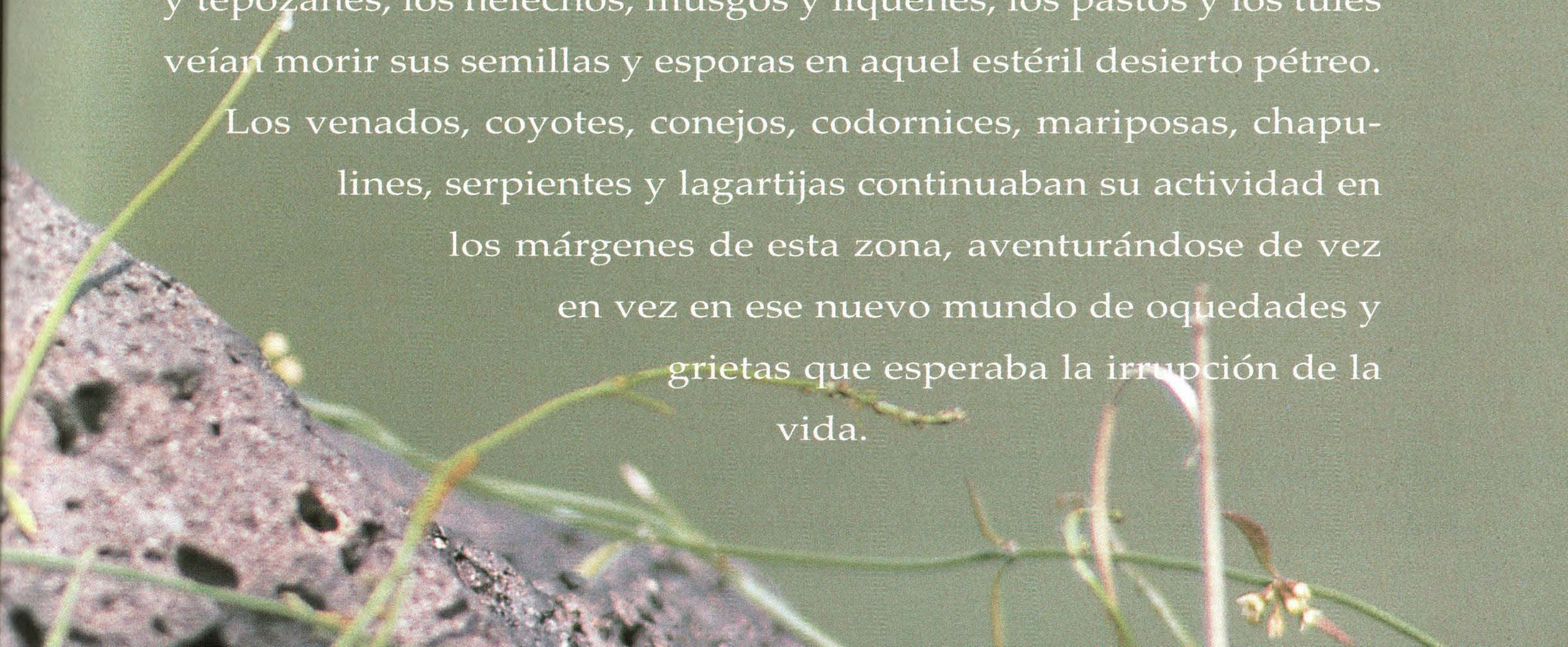
Así, los 80 km^2 de superficie rocosa que formó la erupción del Xitle son producto de numerosos microprocesos que tuvieron lugar mientras permaneció activo el volcán. Al llegar a su ocaso, a los pies del Xitle, la superficie pétrea que constituye el Pedregal de San Ángel parecía una enorme cicatriz que hubiese abierto el fuego en la piel de la Tierra y que quizá tardó mucho en cerrar, en formar una costra de suelo, en ser cubierta por piel nueva, por un manto de vida que poco a poco reparó la dolorosa herida.

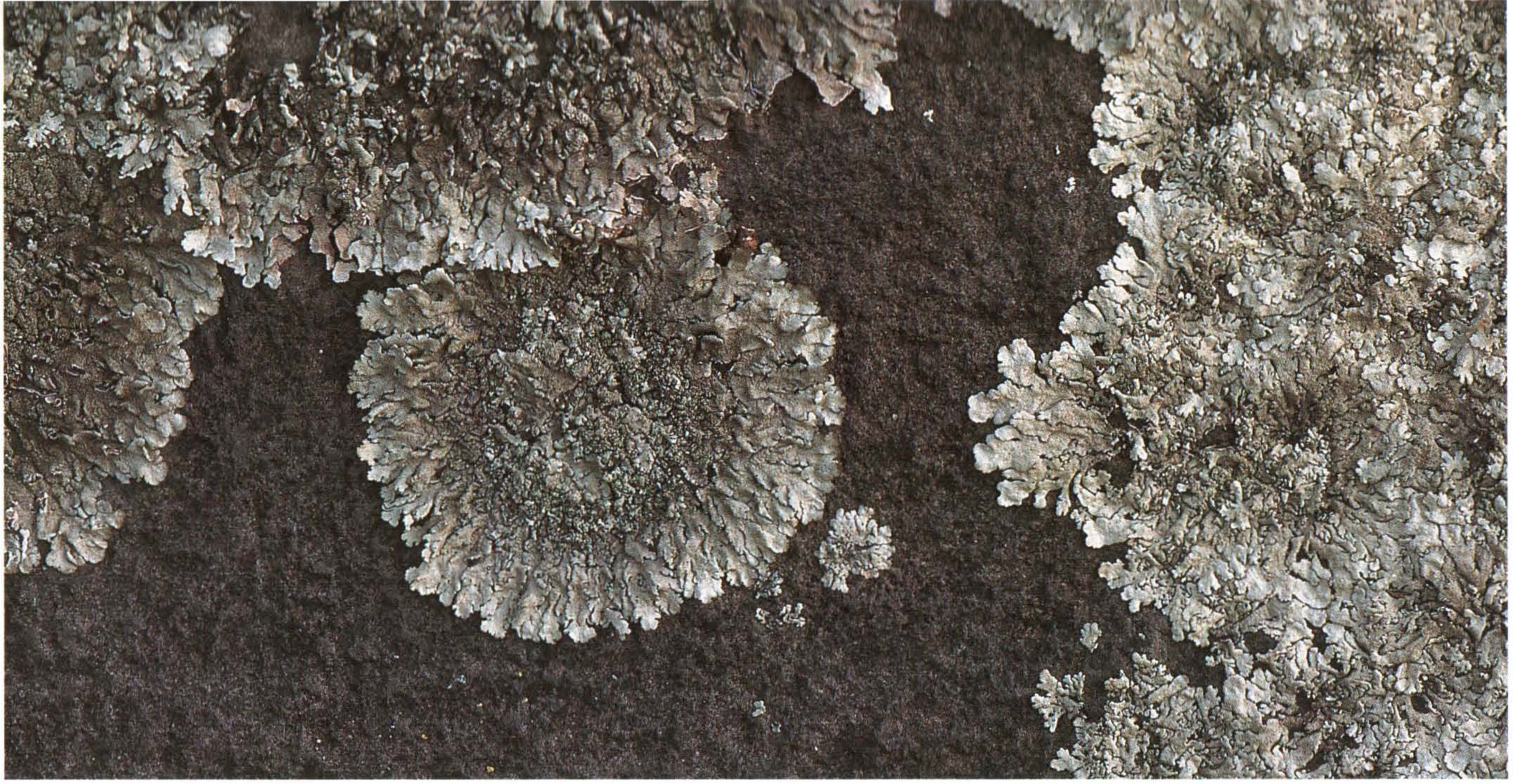
Los nuevos habitantes



Como una isla de piedra en medio de un mar de vegetación y tierras cultivadas, el derrame provocado por la erupción del Xitle disminuía lentamente su temperatura, cual si reposara de tantos años de intensa actividad. Alrededor, testigos mudos de estos sucesos, los bosques de pinos y encinos, los ailes, olmos, sauces, madroños y tepozanes, los helechos, musgos y líquenes, los pastos y los tules veían morir sus semillas y esporas en aquel estéril desierto pétreo.

Los venados, coyotes, conejos, codornices, mariposas, chapulines, serpientes y lagartijas continuaban su actividad en los márgenes de esta zona, aventurándose de vez en vez en ese nuevo mundo de oquedades y grietas que esperaba la irrupción de la vida.





Los pioneros

Aun los torrenciales aguaceros que suelen azotar la cuenca de México resultaban vanos ante las rocas desnudas del Pedregal. Con seguridad, al clarear el cielo no quedaba rastro alguno de los esfuerzos de la lluvia. Las rocas volcánicas, con sus millones de poros facilitaban la huida del agua, como si aquella superficie rocosa fuera una inmensa coladera que permitía su libre paso, sin conservar siquiera unas cuantas gotas, alimentando con ella los mantos freáticos y favoreciendo el surgimiento de abundantes manantiales en sus alrededores. No obstante, algunas formaciones como las grietas y los túmulos tienen con frecuencia paredes rocosas que, al no estar expuestas a los rayos del sol, conservan celosamente el valioso líquido, lo que les permite mantener cierta cantidad de humedad durante la temporada de aguas, cuando cae casi 90% de la lluvia anual.

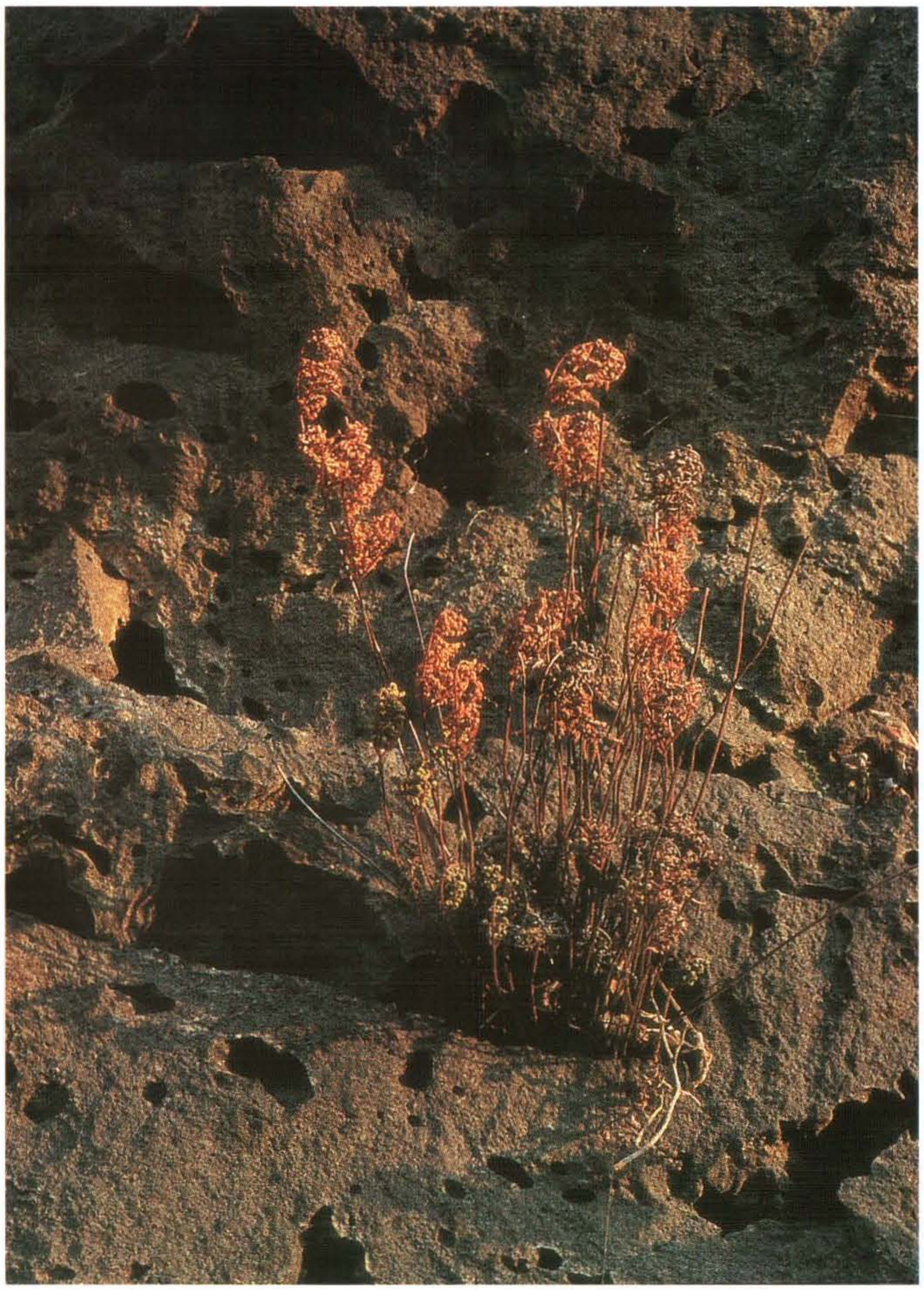
El trabajo del viento sobre la roca desnuda transcurría lentamente desgastando poco a poco la superficie pedregosa y acumulando aquí y allá diminutas partículas de basalto. Las tolvaneras que se forman en la cuenca de México acarrean partículas de tierra de otros sitios y las depositan en grietas, hoyos y demás recovecos. En su ir y venir, el viento transporta esporas y semillas, que si caen en un sitio adecuado, prosperan dando origen a un musgo, un helecho, una planta con flores, un árbol. El Pedregal resultaba inhóspito para las plantas que requieren una capa de suelo para crecer y un reto para aquellas capaces de vivir sobre la roca desnuda, pero que aun cuando germinen, no pueden crecer sin las condiciones adecuadas de humedad y temperatura. No se sabe con certeza el orden en que llegaron todos y cada uno de los seres vivos a este sitio, pero teniendo en cuenta lo que se ha observado en otros casos similares y en las investigaciones ecológicas realizadas en el mismo Pedregal, es posible proponer algunas hipótesis.

Así, uno puede imaginar los miles de esporas y de estructuras reproductivas de líquenes y musgos que el viento transportaba hasta esta superficie pedregosa y que morían adheridas a una roca en un vano intento por sobrevivir, hasta que, en un afortunado azar, al-

Los líquenes crustáceos son los primeros colonizadores de los derrames volcánicos. *Página anterior, arriba:* líquenes; *abajo:* líquenes y musgos. *Páginas 50-51:* lagartija de collar (*Sceloporus torquatus*).

gunas de ellas lograron establecerse y formar pequeñas colonias. Los líquenes, considerados en el proceso de colonización como pioneros por su capacidad de resistir severas condiciones de desecación durante largo tiempo —lo que les permite crecer sobre rocas desnudas y colonizar zonas cubiertas por material volcánico—, son organismos compuestos por la asociación de un hongo con un alga.

Cuando la estructura reproductiva de un liquen —que puede ser un conjunto de células o una espora del hongo unida a un alga— se adhiere a una roca, crece, se reproduce y forma colonias que varían en tamaño, color y textura. De un rojo óxido, de un verde seco casi grisáceo, de tonos azulosos, o casi amarillos, las colonias de líquenes cubren la superficie de las rocas más expuestas al sol, así como las caras de innumerables piedras de diversos tamaños. Los llamados líquenes crustáceos, que son especies de los géneros *Buellia*, *Lecanora*, *Candelariella* y *Lecidea*, actúan sobre la roca, disolviéndola, carcomiéndola y desprendiendo, al igual que la erosión producida por el viento y el agua, millones de partículas arenosas. Los líquenes foliáceos como *Parmelia digitulata* no pudieron haber crecido allí hasta que no se formara al menos una delgada capa de suelo.



Los musgos tienen la misma capacidad que los líquenes para vivir en sitios rocosos extremadamente secos. Sin embargo, sus esporas son más delicadas, por lo que, tanto para crecer como para reproducirse, requieren una mayor humedad. Siguen por lo general a los líquenes en la colonización de zonas pedregosas de reciente formación y colaboran también en la disolución de las rocas, generando los materiales que a lo largo del tiempo forman los suelos, y creando de esta manera las condiciones adecuadas para el establecimiento de plantas que no pueden crecer sobre la roca desnuda. Así, poco a poco, en este inhóspito mar pétreo, la vida se fue abriendo paso.

La prolongada época de sequía que prevalece en el Pedregal de octubre a mayo, imponía una severa restricción al establecimiento de numerosas plantas que poblaban los alrededores. El otro obstáculo, la falta de suelo, comenzaba a desaparecer

gracias a la labor, lenta pero constante, del agua, el viento, los líquenes y los musgos que seguían contribuyendo con sus granitos de arena, depositados poco a poco entre grietas y fisuras hasta formar una delgada capa de suelo. En estos intersticios, las esporas de helechos que el viento acarreaba inútilmente encontraron un sitio propicio para germinar. La capacidad de las esporas para resistir largas sequías permitió que los helechos más resistentes a la escasez de agua, como *Notholaena bonariensis* y *Cheilanthes myriophylla*, cubrieran probablemente gran parte de la superficie del Pedregal durante esta primera época.

Con el paso del tiempo y a medida que la capa de suelo aumentaba, otras especies de helechos pudieron establecerse ahí, desplazando a aquellos que habían llegado primero y ocupando buena parte de esta zona, como sucedió con *Polypodium aureum*, quizá el más abundante en el Pedregal.

Los helechos del género *Polypodium (abajo)* son los más abundantes actualmente en el Pedregal, aunque en un principio predominaron los más resistentes a la escasez de agua, conocidos como helechos xéricos *(página anterior)*.

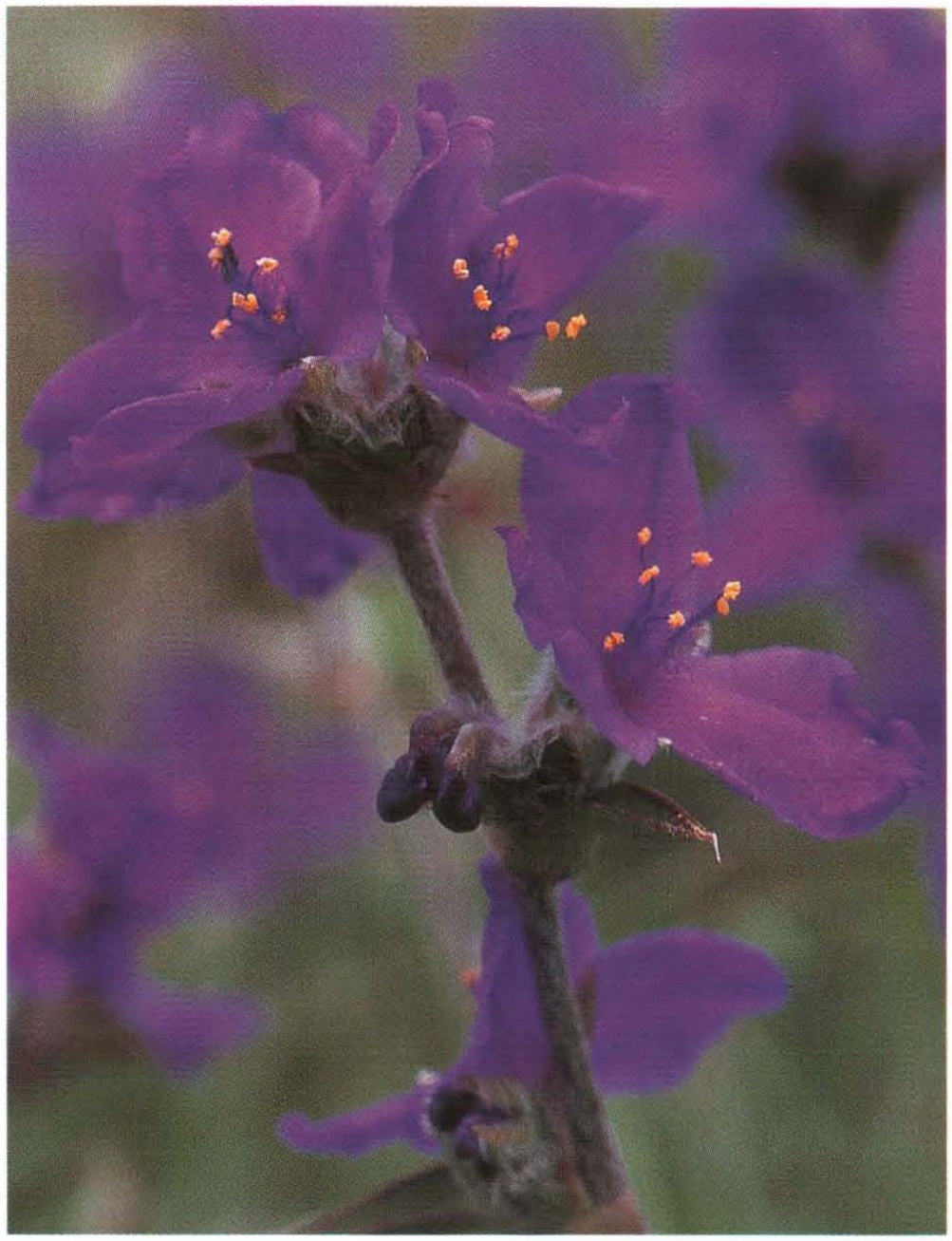
El color entra en escena

La acción de líquenes, musgos y helechos en la formación de suelo fue fundamental en la creación de las condiciones necesarias para que las plantas con flores entraran al Pedregal. El viento se debió encargar del resto, haciendo llegar allí las semillas de esas plantas, aunque algunas probablemente fueron depositadas con el excremento de las aves que se aventuraban a cruzar esa isla pedregosa. Quizá una de las primeras plantas que prosperaron en los suelos cada vez más ricos en materia orgánica fue el llamado palo loco (*Senecio praecox*), un arbusto que llega a medir más de 4 m de altura, de corteza muy delgada, grisácea, y tallo grueso —donde almacena agua—, que pierde sus hojas en la época más seca y se llena de flores amarillas antes de la llegada de las lluvias. Sus raíces, que son muy cortas, le permiten afianzarse y crecer en sitios de escaso suelo y de superficie irregular, por lo que las

Palo loco *(Senecio praecox)*.

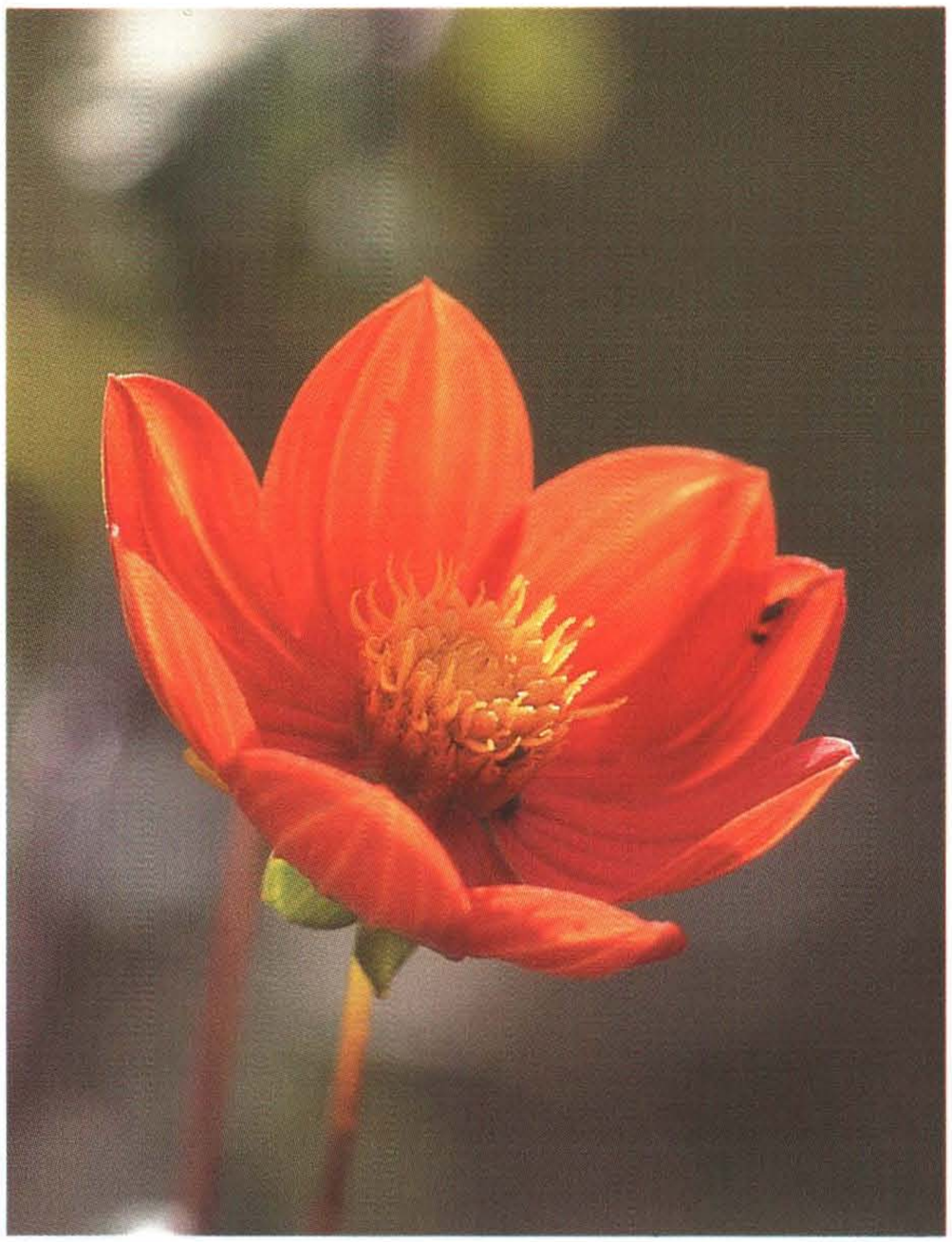
Yerba del pollo *(Commelina coelestis)*.

poblaciones de palo loco se extendieron por todo el Pedregal de San Ángel, posiblemente como individuos aislados al principio, que poco a poco ganaron terreno a la piedra.



Tinantia erecta.

Simultáneamente, varias plantas herbáceas enraizaron en las pequeñas porciones de suelo adheridas a las rocas y grietas, y elevaron sus tallos. Sus coloridas flores lucen desde entonces cada verano, en contraste con los tonos menos vistosos que las caracteriza en la temporada seca: el púrpura de la campanita o manto de la virgen (*Ipomoea purpurea*), el tono más rosado de *Ipomoea tyrianthina*, el amarillo de *Hypoxis mexicana*, el verde amarillento de las



Dahlia coccinea.

flores del temécatl o tripas de Judas (*Cissus sicyoides*), el rojo de las flores alargadas de *Quamoclit gracilis* y de la espinosilla (*Loeselia mexicana*) y los tonos rosas de las conocidas como estrella (*Zephyranthes concolor* y *Z. sessilis*).

Menos vistosas por tener sus diminutas flores desnudas, las gramíneas se instalaron entre los canales de la lava arrugada en que se había acumulado un poco de suelo. De formas erectas, es común verlas completamente expuestas a los rayos del sol, robustecidas durante las lluvias y languidecientes el resto del año. Entre ellas sobresale el llamado zacatón (*Muhlenbergia robusta*), de más de 1 m de altura, con espigas de casi 2 m, muy abundante en sitios planos donde la lava tiene muchas arrugas y el suelo es escaso.

El aumento en el número de plantas favorece la acumulación de suelo. Las hojas que pierden las plantas y ellas mismas cuando mueren, son descompuestas por una serie de microorganismos, que enriquecen el suelo con sustancias orgánicas que después alimentarán a otras plantas. Este proceso contribuyó, con el tiempo, a la formación de suelos más profundos en hoyos, hondonadas y grietas donde finalmente pudieron crecer plantas que no prosperan en sitios de escaso suelo. Una amplia variedad de arbustos que sobrepasan el metro de altura ocupó el mismo estrato que el palo loco, es decir, aquellos que crecen hasta una altura similar a la de éste, compitiendo por el espacio, la luz, el agua y el suelo.

Ese tipo de plantas varía de una zona a otra del Pedregal. En la parte sur abunda, con sus ramilletes de pequeñas flores amarillas, el teclacote (*Verbesina virgata*); en las zonas de lava arrugada, crece *Dodonaea viscosa*, un arbusto de menos de 3 m de altura, muy ramificado y resinoso, de hojas alargadas y flores pequeñas, mientras que el tepozán (*Buddleia cordata*), un arbusto que en otras regiones llega a ser un árbol de 20 m de altura, pero que nunca pasa de los 4 entre estas rocas, se fue dispersando poco a poco por todo el Pedregal. Más al norte es común ver el llamado tabaquillo (*Wigandia urens*), también conocido como pica-pica o mala mujer, un arbusto que puede sobrepasar los 4 m de altura, levantar hacia los rayos de sol sus ramas, de grandes y anchas hojas urticantes que terminan en una serie de hileras de flores lilas, durante la temporada de secas.

Abriéndose paso, los magueyes (*Agave inaequidens*) alcanzarán hasta metro y medio de altura, y extenderán sus hojas lanceoladas, conocidas como pencas, de un diámetro casi igual a su altura. Su inflorescencia brota del centro de la roseta, levantándose hasta 9 m, con cerca de cincuenta ramas que terminan en flores de color amarillo, a veces verdoso, rojizo o púrpura. Con la misma altura y de la misma familia que los agaves, crece el llamado amole (*Manfreda brachystachya*), de forma y hojas similares a las de los agaves, pero menos rígidas, de bordes lisos sin espinas, y cuya inflorescencia de color verde-amarillento no pasa del metro y medio de altura.

En grietas y pequeños bolsones de suelo enraizan numerosas plantas herbáceas, conformando una capa de vegetación (estrato) más bajo pero también de gran colorido. El cempasúchil (*Tagetes lunulata*), de vistosas flores amarillas, el llamado mal de ojo (*Zinnia peruviana*), con sus inflorescen-

cias de pequeñas flores rojas en la periferia y negras en el centro —lo que hace que parezcan ojos—, y la carne de doncella (*Begonia gracilis*), que debe su nombre al delicado color rosa de sus flores, son algunas de las más llamativas. Arriba, en las ramas del palo loco y del palo mulato (*Bursera cuneata*), crecen las bromelias (*Tillandsia recurvata*) de las semillas que el viento deposita allí. Las bromelias alcanzan un tamaño y una densidad considerables, formando pequeñas marañas que a manera de pulseras rodean partes de las ramas de esos y otros arbustos y las salpican de diminutos puntos morados al florecer.

Al establecerse en el Pedregal de San Ángel, cada especie vegetal se ve obligada a interactuar con otras, ya sea compitiendo por el suelo, la luz o el agua —si tienen un hábitat similar—, y si no, dando o recibiendo sombra, parasitando otras plantas, o en una relación de beneficio mutuo. Con el tiempo, estas innumerables interacciones llegan a conformar una comunidad vegetal, esto es, un grupo de poblaciones de diferentes especies de plantas que tiene una composición y estructura definidas —como el estrato que ocupan— y que interactúan de manera específica unas con otras en un tiempo y espacio determinados.

Maguey *(Agave inaequidens). Página anterior:* bromelia *(Tillandsia recurvata)* sobre palo loco.

Un verde y colorido festín

Además de poseer una estructura en el espacio, las comunidades vegetales presentan también un ordenamiento en el tiempo, como ocurre con los ritmos de foliación, floración y fructificación de cada especie. En el Pedregal de San Ángel se pueden observar dos estaciones bien marcadas: la temporada de secas, que va de noviembre a abril y que es fría, y la de lluvias, de mayo a octubre, que es cálida. La temperatura y la humedad de ambas estaciones varían con la altitud, y forman un gradiente que va de los 2 250 metros sobre el nivel del mar, la parte más caliente y seca de ese gradiente, a la más fría y húmeda de los 3 100.

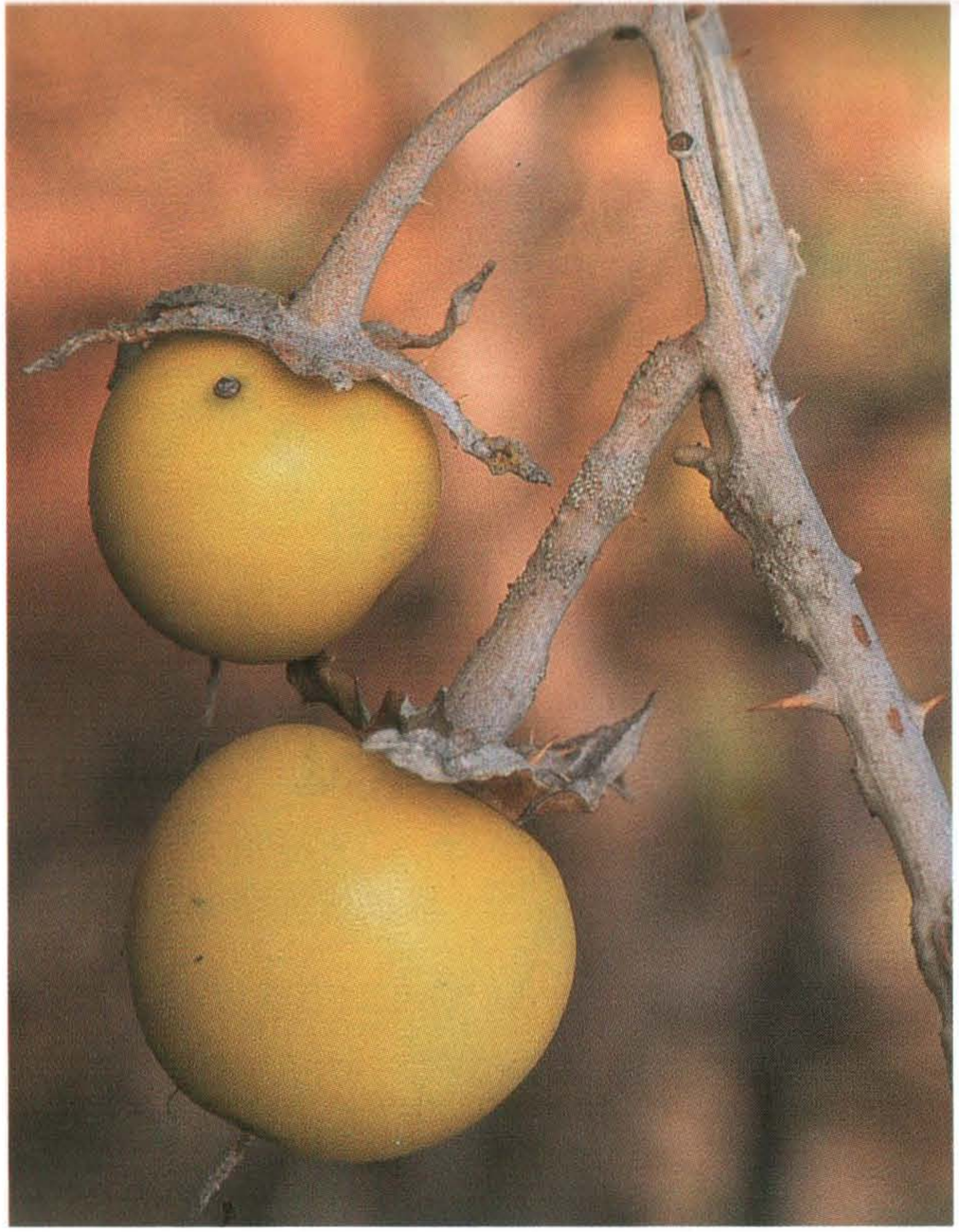
Contra lo que podría pensarse, la vegetación del Pedregal no pierde por completo sus hojas en la temporada de secas, como sucede en una selva caducifolia. Se ha observado que hay especies de plantas, cuyas poblaciones son muy abundantes, que nunca pierden por completo las hojas, como *Eupatorium petiolare*, *Dodonaea viscosa*, el tabaquillo, el tepozán y el teclacote, y otras cuyas ramas solamente están desnudas durante unos dos meses, como *Eysenhardtia polystachya* y el palo loco.

La época en que florecen las plantas del Pedregal tampoco es tan restringida. Aun cuando en la temporada de lluvias se observa un aumento de plantas en floración, existen especies muy abundantes que lo hacen a lo largo de todo el año. Aunque el caso más espectacular es el del palo loco, que cubre de amarillo esta zona justamente en la temporada más seca del año —marzo, abril y mayo—, también lo hacen *Eupatorium petiolare* y el teclacote. Las flores del temécatl, de las campanitas, de las estrellitas y de *Hypoxis mexicana* aparecen con las primeras lluvias de verano; antes de los últimos aguaceros las inflorescencias del amole se visten de blanco, y al iniciarse la temporada de secas surgen los colores de las flores del cempasúchil, de *Eysenhardtia polystachya*, de *Stevia salicifolia* y de las espigas del zacatón.

Los frutos aparecen en la mayoría de las plantas a finales de la temporada de lluvias, aunque también hay varias especies de plantas importantes que fructifican en la temporada seca, durante los fríos meses de invierno, como la pequeña *Bursera fagaroides*, el teclacote, el palo loco y el tabaquillo, mientras que otras lo hacen en plenas lluvias, como *Dioscorea galeottiana*, *Dodonaea viscosa* y el temécatl.

Semejante universo vegetal, donde el alimento nunca falta por completo, constituía un fuerte atractivo para todos aquellos animales que se alimentan de las hojas de las plantas, de sus frutos, del néctar de las flores, de la corteza de los árboles, de sus restos, etc. Es difícil determinar el momento en que se incorporaron los primeros animales a esta comunidad vegetal en desarrollo, pero pensemos que des-

Arriba: Milla biflora. Página anterior: flor de palo loco ya sin pétalos.



Fruto de una planta del género *Solanum*.

de el principio había microorganismos que degradaban los restos vegetales, que con las primeras flores llegaron sus polinizadores o que hubo plantas que establecieron muy pronto una estrecha relación con algún insecto. No obstante, hay algo de lo que podemos estar casi seguros: que el aumento en la cantidad de alimento fue atrayendo poco a poco una inmensa cantidad de chapulines, avispas, orugas, chinches y picudos, lo que su vez atrajo a otra gran cantidad de animales que se alimentan de insectos, que fueron constituyendo el segundo eslabón de esta cadena alimentaria en formación.

LAS PLANTAS COMO MOSAICOS DE RECURSOS: EL CASO DEL TABAQUILLO O MALA MUJER

Las plantas pueden ser vistas como mosaicos de recursos —alimento y albergue— cuya disponibilidad varía en el tiempo y en el espacio para los animales que viven y se alimentan de ellas. Las diferencias morfológicas, químicas y nutricionales encontradas en los individuos de una población de plantas determinan diferentes niveles de interacción con sus herbívoros. El papel de la variabilidad de las plantas es bien conocido entre los agrónomos, quienes se han dado cuenta de que al reducirse ésta algunos herbívoros se convierten en plagas.

Conocida comúnmente como mala mujer o tabaquillo, *Wigandia urens* es un arbusto muy notorio en el Pedregal de San Ángel. Se caracteriza por sus hojas cubiertas de diminutos pelillos, llamados tricomas, que pueden ser de dos tipos: glandulares y urticantes. Los tricomas glandulares son pequeños —miden de 0.7 a 1 milímetro de largo— y producen una secreción viscosa. Los tricomas urticantes son más largos —miden de 3 a 6 milímetros—, duros y puntiagudos, y al tocarlos liberan un líquido que produce dolor y escozor. Los tricomas glandulares cubren de manera uniforme todas las hojas del tabaquillo, en tanto que la densidad de los tricomas urticantes varía de una hoja a otra en una misma planta y en cada planta de una misma población.

Se llama híspidas a las hojas que tienen ambos tipos de tricomas, y lisas a aquellas que poseen únicamente tricomas glandulares. La presencia y densidad de tricomas urticantes en las hojas está relacionada con las condiciones de baja disponibilidad de agua que prevalecen en el Pedregal. Además, las hojas híspidas poseen una concentración significativamente mayor de nitrógeno, fósforo y agua, aunque ambos tipos de hojas tienen los mismos tipos de compuestos tóxicos.

En el Pedregal de San Ángel se han registrado 17 especies de insectos herbívoros asociados al tabaquillo. En

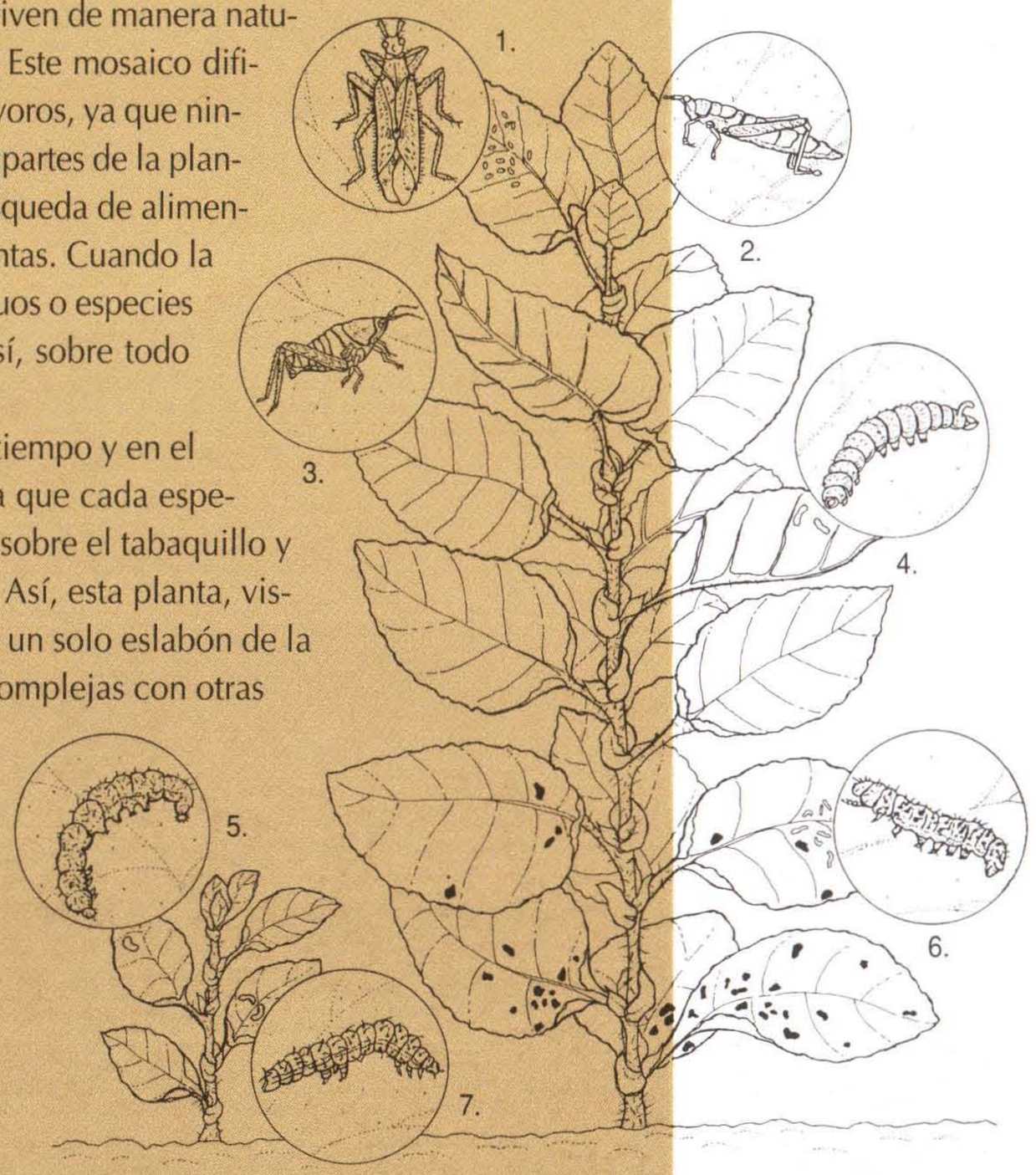
general cada especie tiene preferencias alimentarias distintas. Por ejemplo, las mariposas nocturnas *Autographa biloba* y *Baratra configurata* prefieren plantas jóvenes, mientras que *Sphinx lugens* y *Lophoceramica pyrrha*, también nocturnas, jamás se posan en plantas de esa edad; la chinche *Collaria* sp. busca las hojas jóvenes e híspidas, y el chapulín de tierra (*Sphenarium purpurascens*) se inclina por las hojas maduras y, al parecer, también por las híspidas. Una excepción podría ser el homóptero *Myzus persicae*, que no parece tener preferencias marcadas por hojas o plantas de determinada edad.

La gran mayoría de estos insectos aparece durante la temporada de lluvias y sólo *Collaria* sp. y *M. persicae* están presentes todo el año. Los más abundantes son el chapulín de tierra, *L. pyrrha*, *Collaria* sp. y *M. persicae*, y los que se alimentan de manera más específica del tabaquillo son *S. lugens* y el homóptero *Aconophora pallescens*.

Como se puede ver, un solo individuo de *Wigandia urens* constituye un mosaico de posibilidades en el que diferentes especies de insectos conviven de manera natural, construyendo y utilizando sus propios nichos ecológicos. Este mosaico dificulta la localización simultánea del alimento a todos sus herbívoros, ya que ninguno de ellos puede explotar con la misma eficiencia todas las partes de la planta. Por otro lado, la energía gastada por un herbívoro en la búsqueda de alimento se incrementa conforme aumenta la variabilidad de las plantas. Cuando la disponibilidad de las partes comestibles disminuye, los individuos o especies que utilizan las mismas partes del mosaico compiten entre sí, sobre todo cuando sus poblaciones son muy grandes.

Esta coexistencia no es estática y fija sino que varía en el tiempo y en el espacio. Se trata de una dinámica sumamente interesante, ya que cada especie de insecto pasa únicamente una parte de su ciclo de vida sobre el tabaquillo y el resto lo hace en el suelo o sobre otras especies de plantas. Así, esta planta, vista como un elemento del ecosistema del Pedregal, constituye un solo eslabón de la cadena alimentaria, pero con una profusa red de relaciones complejas con otras especies y el medio físico del Pedregal, lo que hace de ella una especie clave en este lugar.

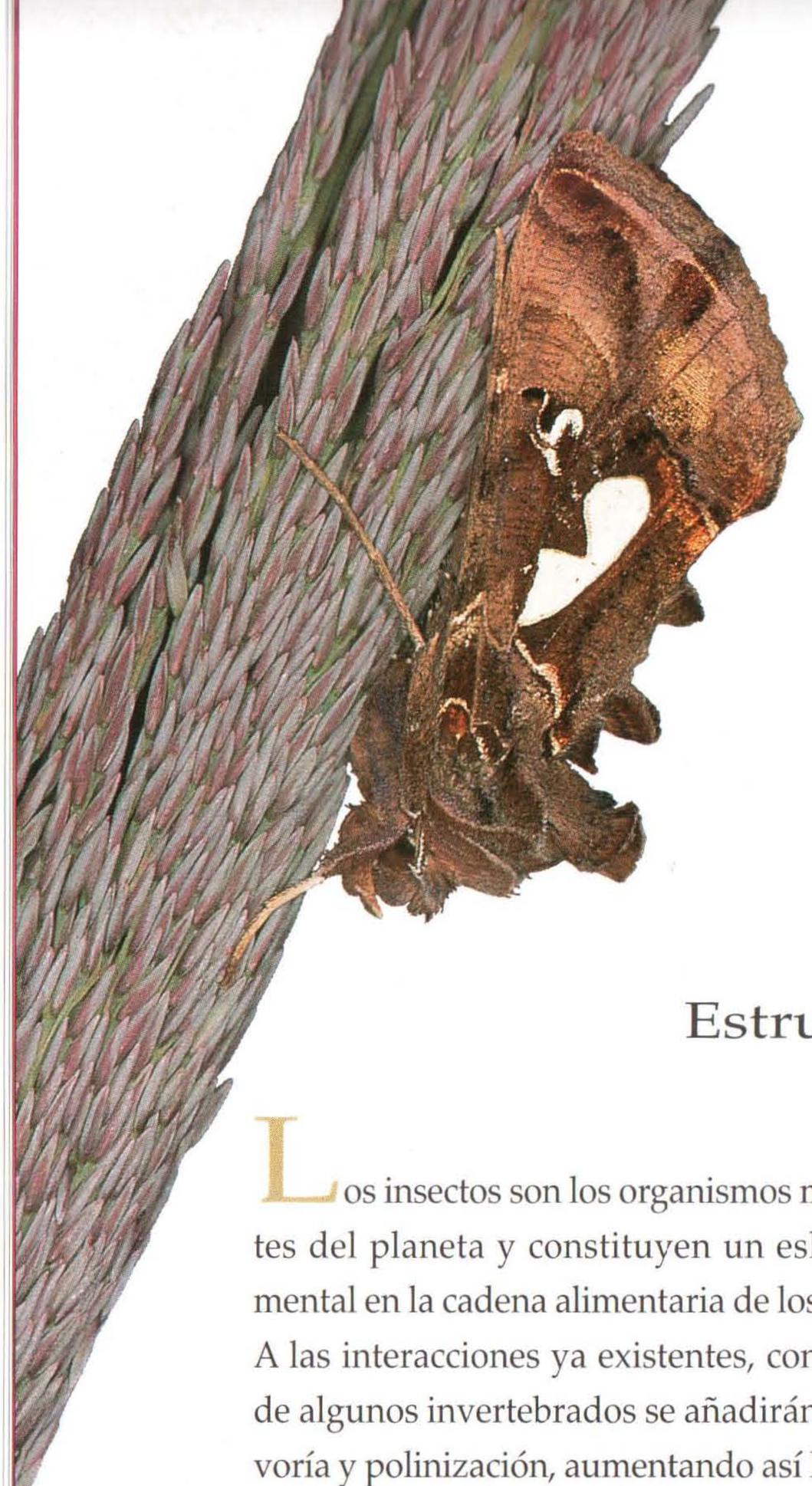
Ken Oyama, Centro de Ecología, UNAM
Zenón Cano-Santana, Facultad de Ciencias, UNAM



Wigandia urens y sus depredadores: 1. *Collaria* sp.; 2. *Ichthyotettix mexicanus*; 3. *Sphenarium purpurascens* hembra; 4. *Sphinx lugens*; 5. *Baratra configurata*; 6. *Lophoceramica* sp.; 7. *Autographa biloba*.

Y se hizo el sonido

Brincando, revoloteando o caminando de una planta a otra, modificando sus hábitos alimentarios y en ocasiones sus ciclos de vida, los insectos fueron poblando este universo rocoso que había impuesto severas restricciones a las plantas que lo habitaban, haciéndoles sufrir cambios en su tamaño y forma, y en el tiempo de crecimiento de sus hojas, flores y frutos. Tras los insectos debieron de llegar al Pedregal aves, reptiles y algunos pequeños mamíferos que se alimentan de ellos, y que sufrieron el mismo tipo de modificaciones impuestas por las nuevas condiciones de vida, llenando con su canto, sus revoloteos, sus estridulaciones y zumbidos el espacio de lo que había sido una silenciosa isla pétrea.



Estruendosos y silenciosos

Los insectos son los organismos más abundantes del planeta y constituyen un eslabón fundamental en la cadena alimentaria de los ecosistemas. A las interacciones ya existentes, con la presencia de algunos invertebrados se añadirán las de herbivoría y polinización, aumentando así la red de interacciones de esta comunidad. Esta circunstancia hace más difícil cualquier labor de reconstrucción histórica, aunque siempre es posible hacer algunas suposiciones teniendo en cuenta los datos que proporcionan las investigaciones ecológicas.

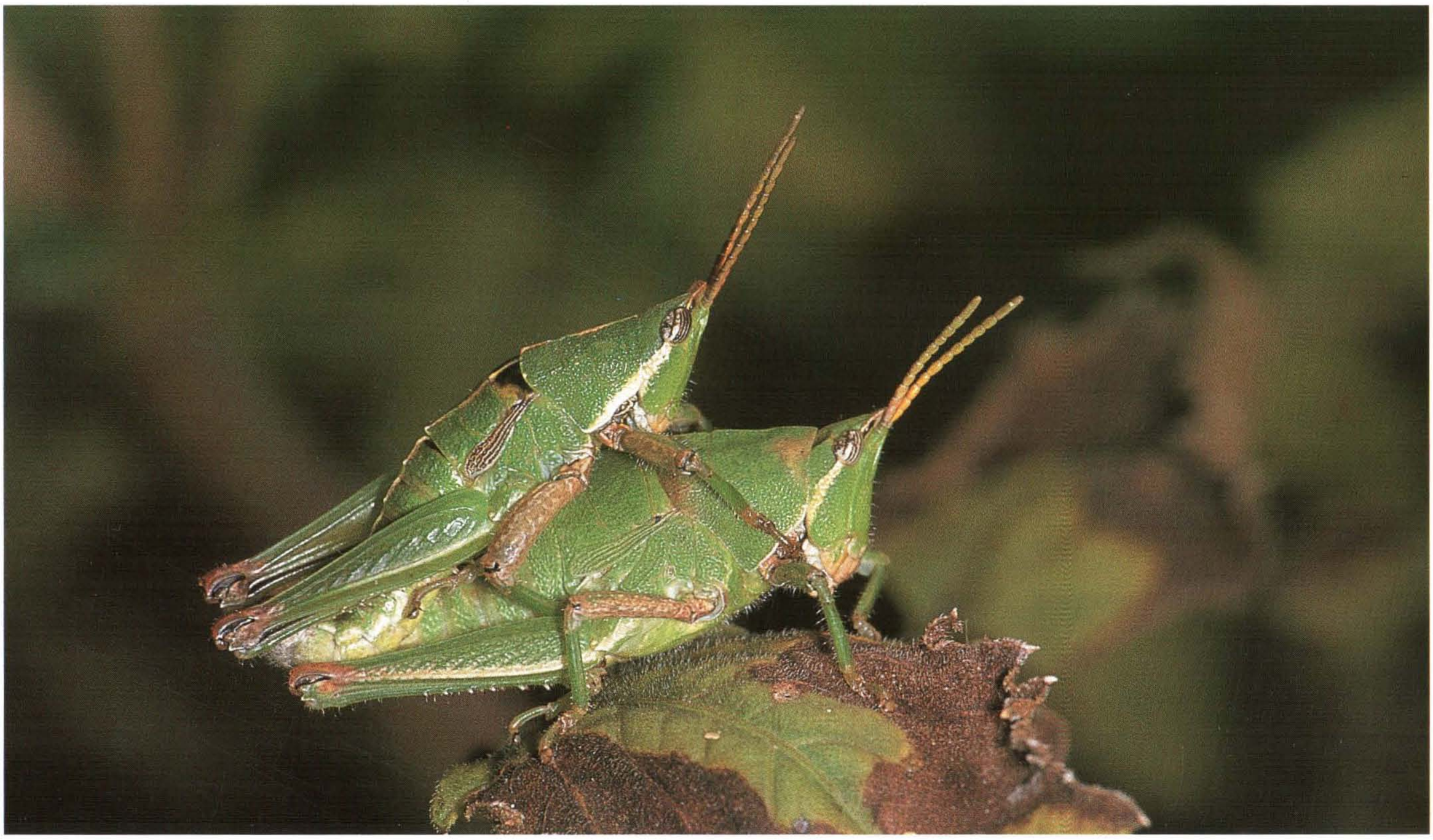
Así como hay especies de plantas que son clave en las comunidades, de igual manera lo son algunas especies de insectos. Y así como entre éstos hay muchos muy ruidosos, también los hay silenciosos. Insecto clave y silencioso, el chapulín *Sphenarium purpurascens* fue probablemente de los primeros invertebrados en llegar al Pedregal. Este ortóptero, que mide de 2 a 3.4 cm, carece de alas. Su cuerpo se adelgaza en ambos extremos y puede ser de muy diversos colores: desde un verde amarillento con manchas o franjas parduscas, hasta negro, pasando por diversos tonos de café y de gris. De junio a diciembre se alimenta esencialmente de las hojas de muy distintas plantas, como el tepozán, el teclacote y el tabaquillo, que desmenuza con su apara-

to masticador, y de flores y hojas de la carne de doncella, del cempasúchil y de *Eysenhardtia polystachya*, entre otras, aunque de adulto parece gustar de un mayor número de plantas así como del polen de algunas flores, como las del zacatón. Durante el resto del año, de enero a junio, sólo se encuentran sus huevecillos, que parecen aguardar las primeras lluvias para dar inicio nuevamente al ciclo vital de este multifacético chapulín.

Otro defoliador que fue probablemente de los pioneros, es el llamado pulgón del algodón (*Aphis gossypi*), de cabeza y tórax cortos, y antenas largas y delgadas. Este áfido puede ser de color negro, amarillo verdoso, verde olivo o verde plomizo. Es muy abundante en el verano y su capacidad reproductiva le permite llegar a tener, en condiciones óptimas, hasta 51 generaciones en un año. Mide aproximadamente dos milímetros de longitud cuando adulto y se alimenta de la savia colocándose sobre la cara inferior de las hojas de numerosas plantas, como el tabaquillo, al tiempo que produce una especie de enmielado en la superficie foliar.

Sería casi una redundancia señalar que con el tepozán llegó el gusano medidor del tepozán

El macho del chapulín de tierra, de menor tamaño que la hembra, después de aparearse permanece sobre ella durante varias semanas, hasta que ésta pone los huevos. *Página anterior:* polilla (mariposa de la familia Noctuidae) alimentándose de la espiga del zacatón. *Páginas 64-65:* chapulín de tierra sobre *Cosmos bipinnatus*.



Arriba: Callophris xami; abajo: Aegiptus aratylidae.

Ariba: mariposa (Hesperiidae)*; abajo:* periquito (Membracidae).

(*Acronyctodes mexicanaria*). Esta mariposa pone sus huevos sobre las hojas, de manera que al salir las larvas empiezan a devorar la hoja en la que nacieron, con lo que alcanzan rápidamente una longitud cercana a los 7 cm. En el mes de junio, cuando las larvas se transforman en pupas, las hojas del tepozán se libran de estos depredadores, hasta que unos días después se conviertan en mariposas —que con las alas extendidas no pasan de los 5 cm—, nuevamente se inicie el ciclo, y el tepozán ofrezca otra vez sus ramas siempreverdes a estos voraces defoliadores.

Otras larvas de mariposas, como *Anemera ehrenbergii* de la familia Nymphalidae, también se nutren de las hojas del tepozán, mientras que *Sphinx lugens,* de la familia Sphingidae, consume las del tabaquillo, *Callophris xamy* busca las plantas de hojas crasas, y *Halisidota caryae,* de la familia Arc-

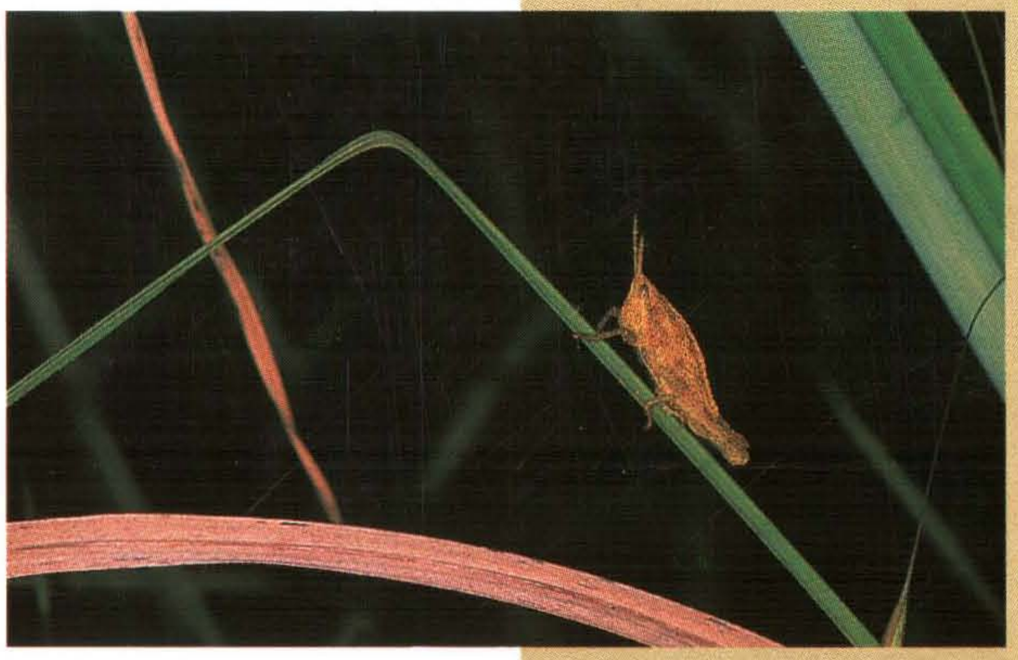
Mariposa *Dione moneta; abajo:* escarabajo *Zygograma signatipennis*.

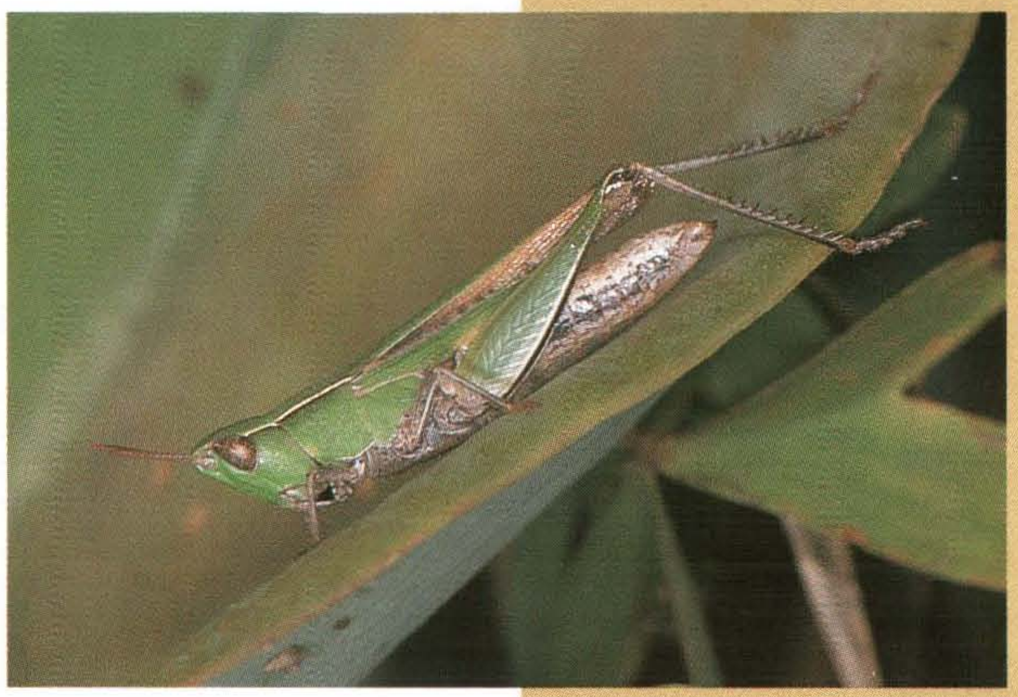
Chinches del género *Stenomacra*; *abajo:* ciempiés del género *Julus*.

tiidae, se alimenta de las hojas del tepozán y del teclacote. Ya adultas, algunas especies de mariposas, en busca de néctar, contribuyen a la polinización de muy diversas flores, principalmente de la familia de las llamadas compuestas —a la que pertenecen algunas de las primeras plantas con flores que llegaron al Pedregal y de las más abundantes, como el palo loco y el cempasúchil—, cuyo néctar es fácilmente accesible.

Es difícil decir qué especies de mariposas fueron las primeras polinizadoras en la colonización de esta zona, pero es probable que entre éstas se encuentren las de las familias Hesperiidae, Nymphalidae y Pieridae. De cualquier manera, es muy posible que los insectos polinizadores de mayor importancia en el Pedregal hayan sido siempre las abejas del género *Xylocopa* y los abejorros del género *Bombus*.

EL *TLALCHAPOLIN* Y LAS CADENAS ALIMENTARIAS





El chapulín (del náhuatl *chapolin*) ha sido un habitante típico de todo el Valle de México. Desde antes de la llegada de los españoles, el célebre Chapultepec ya se distinguía por su abundancia de chapulines, lo que le valió su nombre, que significa "el lugar en el cerro de los chapulines".

Actualmente, el chapulín más abundante en el Valle de México es el chapulín de la milpa (*Sphenarium purpurascens*), al que los aztecas conocían como *tlalchapolin* o chapulín de tierra, llamado así por carecer de alas y sólo caminar sobre la tierra. Desde entonces también se le distinguía por ser comestible, dadas su alta digestibilidad y su riqueza nutritiva, pues contiene 63% de proteínas en peso seco. Aún en nuestros días se puede observar en algunos mercados la venta de estos chapulines cocidos y tostados con sal y chile.

El chapulín de tierra es el principal insecto herbívoro del Pedregal de San Ángel y tiene un papel central en las cadenas alimentarias de este lugar, ya que es un intermediario entre las plantas y los animales depredadores. Sus pequeñas ninfas abandonan en masa los huevecillos durante el mes de junio, a principios de la temporada de lluvias, y ya para julio estos ortópteros son tan abundantes que se han encontrado más de 150 chapulines en un metro cuadrado, cuando su promedio es de 23 individuos por metro cuadrado. A lo largo de su desarrollo los chapulines sufren cinco mudas y, al llegar a su madurez, en el mes de septiembre, alcanzan su peso máximo. Después de una actividad sexual intensa, que se concentra entre octubre y noviembre, las hembras grávidas depositan sus huevecillos fecundados bajo el suelo, después de lo cual mueren. Con la llegada del invierno muere el resto de los adultos, y para inicios del mes de enero son pocos los que aún sobreviven.

En el Pedregal, esta especie de chapulín se alimenta de más de 40 especies de plantas, algunas de ellas muy

importantes por su abundancia, como el teclacote (*Verbesina virgata*), los tepozanes (*Buddleia cordata* y *B. parviflora*), las dalias (*Dahlia coccinea*), el palo loco (*Senecio praecox*) y el tabaquillo (*Wigandia urens*). Se ha encontrado recientemente que conforme los chapulines crecen, se alimentan de un mayor número de especies de plantas, lo cual parece estar relacionado con la fuerza y el tamaño que van adquiriendo sus mandíbulas. De este modo, plantas que no son utilizadas como alimento por las pequeñas ninfas de este chapulín, pueden constituir un alimento de los adultos, que son capaces de alimentarse de las duras hojas de la oreja de burro (*Echeveria gibbiflora*), de la enredadera tripas de Judas (*Cissus sicyoides*) y del amole (*Manfreda brachystachya*), así como del polen de las inflorescencias del zacatón (*Muhlenbergia robusta*).

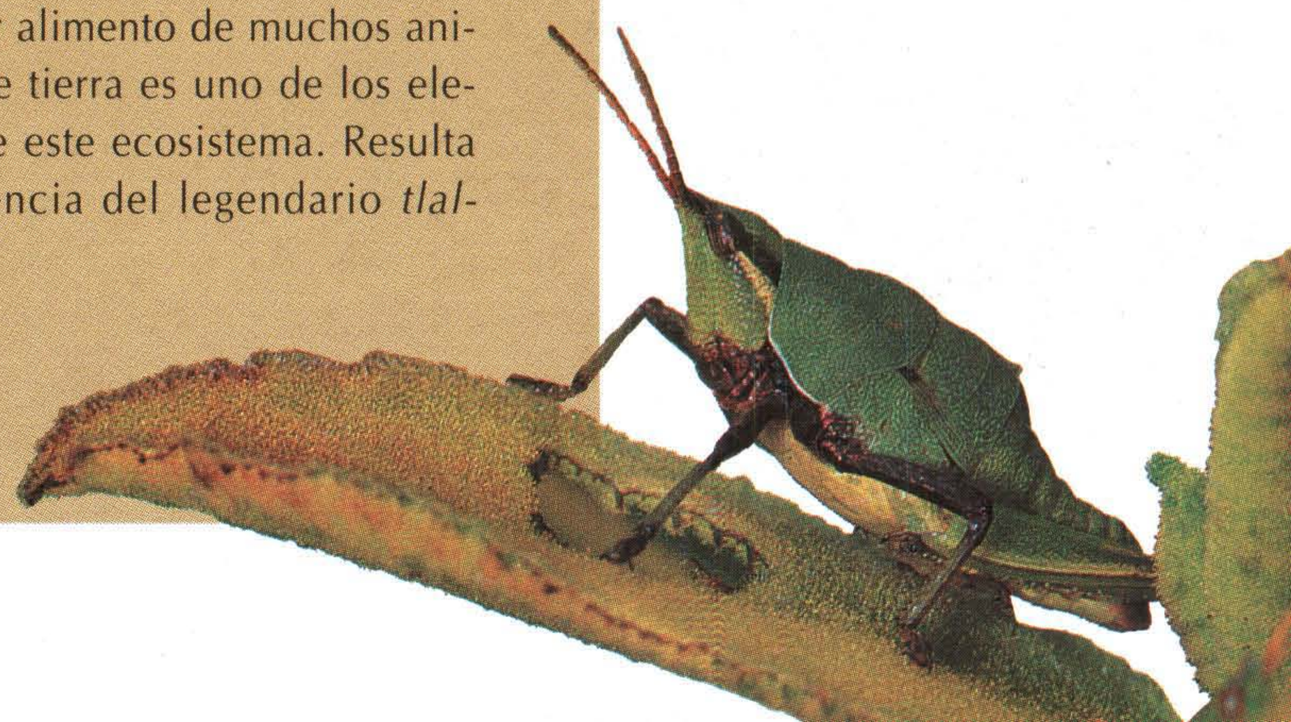
Probablemente ningún otro herbívoro del Pedregal de San Ángel es capaz de causar el daño que el chapulín de tierra ocasiona a las hojas y flores de las plantas. Activo desde temprana hora y armado de su potente aparato masticador, la población de este devorador consume anualmente cerca de 1% de la energía que fijan las plantas del Pedregal.

Sin embargo, el *tlalchapolin* constituye a su vez el alimento de numerosos animales del Pedregal. Su gran abundancia y su riqueza nutritiva hacen de él, durante la temporada de lluvias, un apetitoso alimento para arañas, lagartijas, musarañas, ratones, ratas, tlacuaches, cacomixtles, zorrillos, murciélagos y pájaros. En el mes de octubre, después de alcanzar su madurez, se puede extraer 1 kg de chapulines frescos en 340 m^2 de terreno, lo que significa una gran cantidad de alimento disponible para los animales que se alimentan de este hervíboro.

Empero, su importancia en la red trófica del Pedregal no se limita a esto, ya que anualmente la población de *S. purpurascens* deposita en el suelo del Pedregal, por hectárea, hasta 35 kg de excretas, 0.6 kg de exuvias —las cubiertas corporales de las que se deshacen los chapulines cuando mudan— y 11 kg de tejidos animales en forma de cadáveres, lo que constituye una fuente abundante de alimento para los descomponedores, hongos, bacterias, ácaros y lombrices de tierra, entre otros, que conforman otro nivel trófico en los ecosistemas.

Por alimentarse de muchas especies de plantas y ser alimento de muchos animales depredadores y descomponedores, el chapulín de tierra es uno de los elementos más importantes de las cadenas alimentarias de este ecosistema. Resulta difícil imaginar el Pedregal de San Ángel sin la presencia del legendario *tlalchapolin*.

Zenón Cano-Santana
Facultad de Ciencias, UNAM



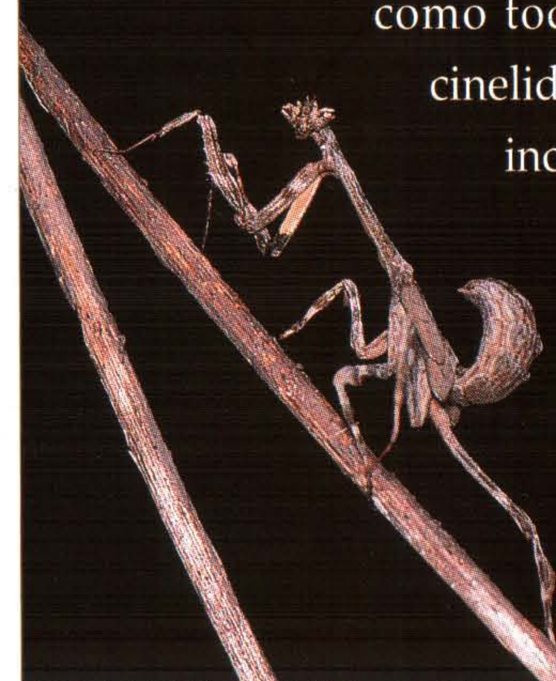
Y tras los insectos...

La llegada de esta gran cantidad de insectos atrajo a otros animales que se alimentan de ellos: lagartijas, ranas, aves, pequeños mamíferos y ...otros insectos. ¿En qué orden? Quién sabe. Tal vez todos al mismo tiempo, o quizá primero las aves por su capacidad de desplazarse, aunque las lagartijas no son nada lentas y menos las musarañas. Todo indica que tendremos que seguir con las hipótesis.

Se puede suponer que la catarinita (*Hippodamia convergens*) fue uno de los primeros depredadores de insectos en llegar al Pedregal. Este coleóptero se caracteriza por su llamativo color naranja salpicado de siete diminutas manchas negras y tiene, como todos los miembros de la familia Coccinelidae, la cabeza de tamaño pequeño, como incrustada en el cuerpo, las patas cortas y una longitud total de 4 a 8 milímetros. La catarinita se alimenta de pulgones, y es tan voraz que puede comer más de cincuenta en un solo día.

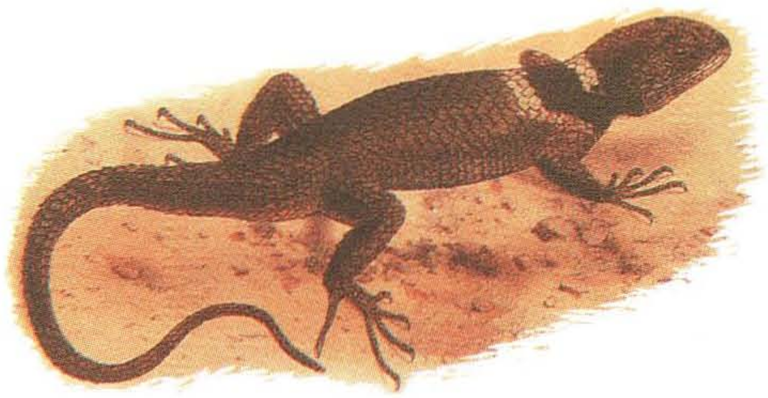
Junto con ella quizá llegó también otro importante depredador de insectos, uno de los conocidos como hormiga león: *Chrysopa carnea*. Este pequeño insecto que posee dos pares de alas y cuyo tamaño no rebasa el centímetro y medio, se alimenta de pulgones y larvas de mariposas, ambos defoliadores que sin la presencia de otros animales que se alimenten de ellos se convierten rápidamente en plagas.

Sin embargo, en las cadenas alimentarias solamente se salvan aquellos que están en la cúspide. Así, la catarinita y la hormiga león son presa de las arañas *Neoscona oaxacensis* y *Misumenops decorus*, que también se alimentan de chapulines y otros insectos. Y como aquí tampoco se encuentra la cúspide de la pirámide, estas y otras arañas tienen que cuidarse a su vez de sus depredadores.



La arañas de la familia Salticidae acechan a sus presas entre las hojas y las de la familia Thomisidae esperan las mariposas cerca de la flores, mientras que la mantis aprovecha su capacidad mimética.

De sangre fría



El chapulín *Sphenarium purpurascens* es también alimento de la lagartija *Sceloporus torquatus*, el reptil más abundante del Pedregal. Conocida como lagartija de collar, por la franja negra que rodea su cuello, este reptil de menos de 15 cm de largo pasa las primeras horas del día asoleándose sobre la superficie rocosa, hasta acumular suficiente calor para entrar en actividad y trepar a las ramas de los arbustos en busca de los insectos que ahí llegan a visitar hojas y flores. De correr con mala suerte en la caza, este pequeño reptil se contentará con las flores, que engulle con vehemencia. Al igual que otros habitantes de esta zona, la lagartija de collar hace de cualquier oquedad un refugio, principalmente durante los meses más fríos, de noviembre a febrero, en que es raro verla.

También muy abundante en esta zona, la lagartija espinosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*), cuyo cuerpo gris con manchas oscuras en el dorso apenas sobrepasa los 10 cm de largo, gusta del sabor de las arañas y de muy diversos insectos. Por su parte, la lagartija *Phrynosoma orbiculare*, equivocadamente llamada camaleón por su cuerpo ancho y aplanado, cola corta y cuernos en la parte posterior de la cabeza, se nutre de chapulines juveniles, larvas y hormigas, entre otras cosas.

La culebra *Toluca lineata*, de cabeza plana y aguzada, cuyo cuerpo de poco más de 20 cm de largo está cubierto en la línea dorsal por escamas oscuras de forma romboide, es otro de los reptiles insectívoros que poblaron esta zona. Esta culebra que se esconde bajo las rocas durante la temporada de lluvias y desaparece por completo de la superficie en la temporada seca, acostumbra salir por la noche a cazar chapulines y algunas larvas de coleópteros, a los que paraliza con un veneno poco potente e inofensivo para cualquier animal de mayor tamaño.

El aumento en la cantidad de insectos debió de haber sido un gran atractivo para la salamandra *Pseudoeurycea cephalica*, un anfibio que vive en las faldas del Ajusco y en las lagunas de Zempoala. Carente de pulmones, esta salamandra lanza su lengua a corta distancia para atrapar insectos, de los que se alimenta principalmente en la temporada de lluvias, ya que en la de secas disminuye considerablemente su actividad y es cuando aumenta de tamaño. Este anfibio coloca sus huevecillos bajo rocas planas con cierta acumulación de humedad, de donde saldrán, a diferencia del resto de las salamandras, diminutos animales completamente formados. Este "desa-

rrollo directo" podría explicarse como una modificación ante las condiciones de escasez de agua en este sitio donde no existen arroyos, estanques ni ningún otro tipo de cuerpo de agua superficial.

La escasez de cuerpos de agua en el Pedregal parece no haber sido tampoco un obstáculo para la entrada de las ranas. Estos animales insectívoros, cuya habilidad para atrapar sus presas con su pegajosa lengua es conocida por todos, generalmente requieren también un medio acuático para poner sus huevecillos. Tal es el caso de *Hyla arenicolor*, una ranita arborícola de menos de 5 cm, de piel rugosa de color gris arena con manchas oscuras de forma irregular, que normalmente habita los bosques de pino-encino, por donde corre algún arroyo. Esta ranita parece aprovechar los pequeños recovecos rocosos o las cuevas del Pedregal donde se acumule un poco de agua durante los meses de junio y julio para depositar en ellos sus huevecillos, de los que, al cabo de casi dos meses saldrán los renacuajos.

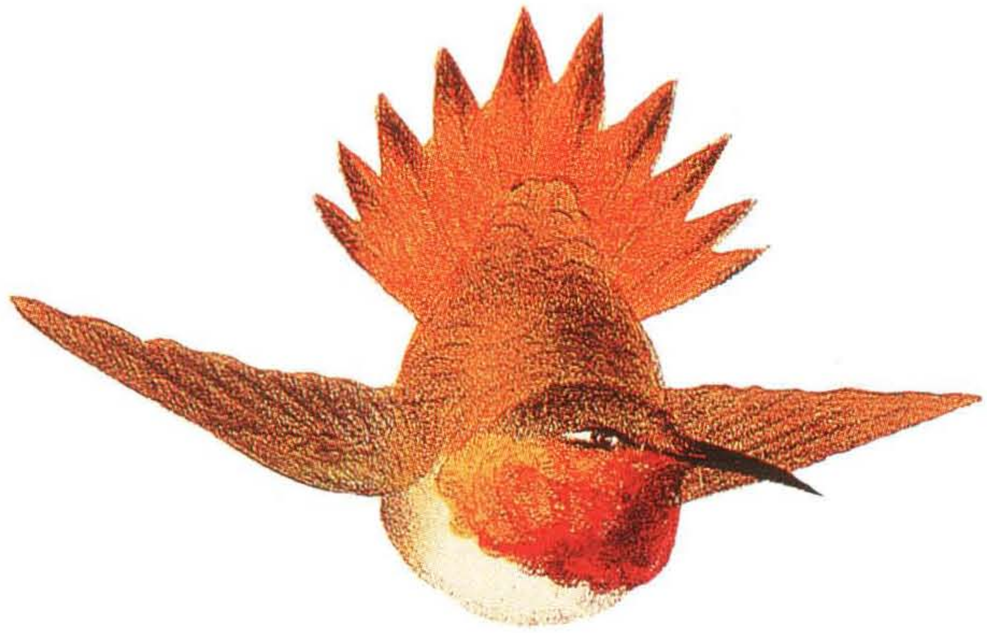
Como la salamandra, para hacer frente a la falta de agua, la minúscula rana *Tomodactylus angustidigitorum*, que no mide más de tres centímetros, deposita sus huevecillos bajo las rocas con mayor humedad, y presenta también un "desarrollo directo", que al igual que en el caso de *Pseudoeurycea cephalica* puede tener su origen en las restricciones de agua que privan casi todo el año en esta zona. Es posible que sólo gracias a esta modificación haya podido sobrevivir esta rana en el Pedregal, en donde su croar, semejante a un silbido que se repite con gran intensidad cada cuatro o seis segundos, resuena entre las rocas durante las noches de lluvia.

La rana color arena *(Hyla arenicolor)* es un activo cazador de insectos cada vez más difícil de encontrar en el Pedregal. *Página anterior:* lagartija espinosa del mezquite *Sceloporus grammicus*, dibujo de Albert Carl Ludwig Günter, 1885.

La trama de la vida

Revoloteando tras algún insecto o en busca de una jugosa flor o un suculento fruto, llegaron las aves al Pedregal de San Ángel. En sus vuelos algunas de ellas dispersaron semillas procedentes de plantas de los alrededores, depositando así en esta zona la esperanza de nuevas poblaciones. Sus huevos y crías, codiciados por muchos de sus depredadores, atrajeron junto con algunos pequeños mamíferos y reptiles a otros mamíferos y reptiles mayores que gustan de su sabor, así como a ciertas aves rapaces que en su itinerario sobrevolaban el Pedregal. Así, poco a poco, una compleja red de relaciones se tendía sobre esta superficie, tejiendo la trama de la vida.

El batir de alas



Es imposible aseverar que las aves no se establecieron en el Pedregal de San Ángel hasta que hubo cierta abundancia de insectos, ya que muchas de las que lo habitan se alimentan exclusivamente del néctar de las flores y de frutos. Es probable que estas últimas hayan llegado desde que aparecieron ahí las plantas de las que viven. Sin embargo, la mitad de las aves de esta zona se alimenta de insectos y de ellas la mitad come chapulines, por lo que la presencia de insectos fue determinante para su llegada o para hacer de este sitio una parada en su ruta migratoria.

Entre las aves pioneras seguramente se cuentan los colibríes o chupamirtos, ya que son el único grupo de aves del Pedregal que se alimenta casi exclusivamente de néctar. Estos pequeños polinizadores nativos del continente americano miden de 6 a 20 cm de largo. Sus alas rígidas, que los diferencian del resto de las aves, baten de 35 a 80 veces por segundo, lo que les permite volar lateralmente, hacia atrás e incluso permanecer estáticos frente a una flor mientras chupan su néctar. La inmensa variedad de picos que presentan se considera resultado de un proceso de adaptación a las formas de las distintas flores que visitan.

Quizá en un principio no eran muchas las especies de chupamirtos, ya que son polinizadores muy específicos, pero la presencia de las flores rojas de la trompetilla (*Bouvardia ternifolia*) y de *Calliandra grandifolia*, es suficiente para garantizar la presencia del colibrí orejiblanco (*Hylocharis leucotis*), del latirrostro (*Cynanthus latirostris*) y del amazilia alicastaña (*Amazilia beryllina*) —las tres especies que residen ahí permanentemente—, y tal vez de algunas de las nueve que lo hacen sólo parte del año.

Un grupo de aves que podría ser contemporáneo de los colibríes es el de otros pájaros que se caracterizan por su armonioso canto y un pico corto y grueso que les sirve para romper la cubierta que protege las semillas de las que se alimentan. De vistosos colores, tamaño pequeño, y provistos de patas con dedos largos que les permiten percharse con firmeza, estas aves granívo-

ras son las más abundantes en el Pedregal. Entre ellas destacan el dominiquito (*Carduelis notata*), que ya adulto adquiere la capucha negra que lo distingue, el chirina (*Carduelis psaltria*), de canto dulce y lastimero, y el gorrión mexicano (*Carpodacus mexicanus*), de brillante canto y que parece gustar ocasionalmente del néctar de las flores de la trompetilla. Es posible que otras aves capaces de alimentarse de semillas, frutos e insectos, hayan llegado al Pedregal en ese entonces, como el mulato azul (*Melanotis caerulescens*) y el cenzontle norteño (*Mimus polyglottos*), dos pájaros de colores poco vistosos pero muy apreciados por su bello canto.

Es obvio que las aves que se alimentan exclusivamente de insectos no pudieron llegar antes que éstos. Las conocidas como trogloditas, aves de pequeño tamaño, rechonchas y de cola levantada, se alimentan de numerosos insectos, como chapulines y arañas, a los que atrapan con su pico delgado y ligeramente curvado. El cucarachero (*Salpinctes obsoletus*), el saltaparedes barranqueño (*Catherpes mexicanus*) y el saltaparedes tepetatero

Petirrojo o gorrión mexicano (*Carpodacus mexicanus*). *Página anterior:* chupamirto (*Selasphorus rufus*), dibujo de José Ma. Velasco, 1874. *Páginas 76-77:* chupamirto orejiblanco (*Hylocharis leucotis*).

El saltaparedes barranqueño es un ágil cazador de insectos, a los que atrapa con su delgado pico mientras vuela. En el Pedregal este pájaro se caracteriza por hacer su nido en las rocas, como se ve en la página siguiente (*abajo*); *al centro:* pípilo o pájaro rata (*Pipilo fuscus*).

(*Thryomanes bewickii*), son tres especies de este grupo que viven permanentemente en el Pedregal de San Ángel.

Los llamados mosqueros, aves insectívoras de la familia Tyrannidae, de muy diversos colores, tamaños y formas, pico muy aplanado y un poco curvo, se caracterizan por su gran destreza para atrapar sus presas al vuelo. Entre algunas de las especies que siguiendo a los insectos llegaron al Pedregal y que residen allí desde entonces, se encuentran el colorín (*Pyrocephalus rubinus*), de vistoso plumaje rojo —el macho—, el mosquerito silbador (*Camptostoma imberbe*), con su agudo canto, y el papamoscas copetón triste (*Myiarchus tuberculifer*), cuyo canto parece lamento. La golondrina ala aserrada (*Stelgidopteryx serripennis*) de la familia Hirundinidae, el verdín enmascarado (*Geothlypis nelsoni*) y el tapaojito (*G. trichas*), de la familia Emberezidae, son otras aves insectívoras importantes en esta historia.

Resulta difícil determinar en qué momento comenzaron a pasar una parte del año en el Pedregal o hicieron de él un sitio de refugio invernal las numerosas especies de aves que año con año visitan esta zona. El llamado gavilán chapulinero (*Buteo swainsonii*), que en su tránsito hacia el sur hace parada en ella, y el halcón cernícalo (*Falco sparverius*), que pasa el invierno allí, son las únicas especies carnívoras del Pedregal. Estas dos aves que se alimentan de pequeños reptiles y roedores y de aves de menor tamaño, pudieron haber llegado con la entrada de las primeras lagartijas o quizá tras algunas de las aves que iban a su vez en busca de granos e insectos.

Y con las aves...

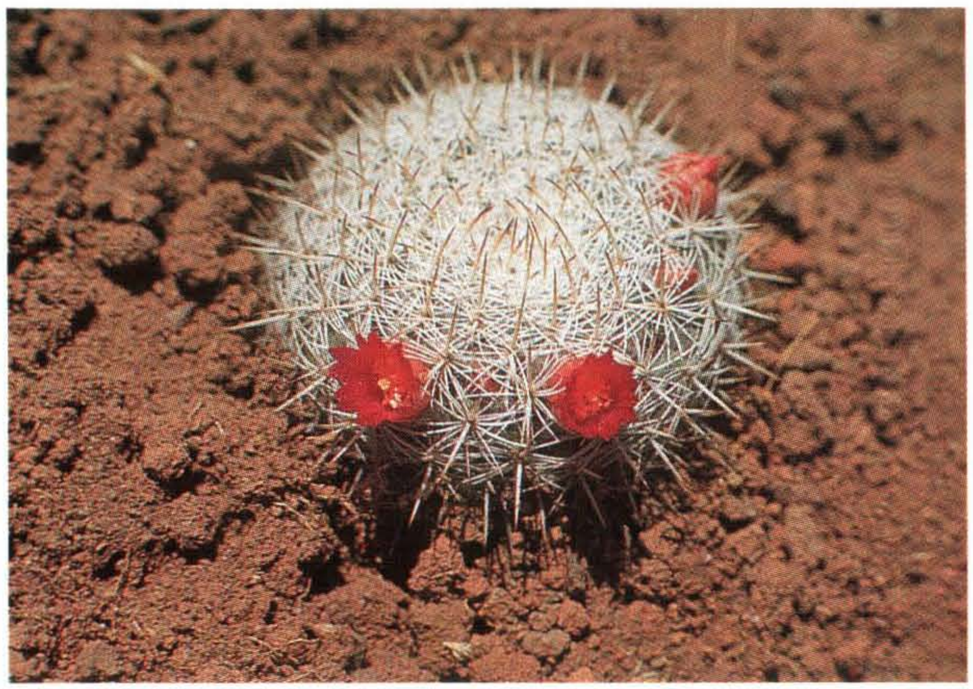
Es probable que antes de que las aves se establecieran en el Pedregal, en algunos de sus vuelos sobre esta superficie rocosa que comenzaba a cubrirse de vegetación, esparcieran con su excremento semillas de algunas plantas. Pero también podemos pensar que la probabilidad de que esto ocurra en un lugar determinado aumenta con la cantidad de aves que viven en él o la frecuencia con que llegan de visita. Por eso se puede aventurar que con los gorriones granívoros u omnívoros, como algún dominico o un petirrojo, llegaron a este sitio los primeros cactos.

En el mismo estrato arbustivo que el palo loco se establecerán el nopal chamacuero (*Opuntia tomentosa*), que alcanza los 3 m de alto en esta zona y a veces ensancha su base a manera de tronco y se cubre de tonos amarillo-naranja, casi rojos, cuando florece.

A ras del suelo, como si brotaran de entre las rocas, las mamilarias, llamadas también biznagas de chilito, levantan su cuerpo semiesférico cubier-

to de férreas espinas que se corona de llamativos colores al florecer. Una de ellas, *Mammillaria sanangelensis*, es endémica del Pedregal de San Ángel, es decir que se encuentra única y exclusivamente en esta localidad.

Asimismo, a mayor altura y sobre suelo delgado, generalmente donde la lava es arrugada, crece *Opuntia tunicata*, una pequeña cactácea originaria del Altiplano Central, que a pesar de no sobrepasar los 50 cm de altura, posee fuertes espinas de casi 5 cm de largo que se despojan de su cubierta exterior al menor contacto y que parecen proteger sus flores amarillas; éstas, como las de los magueyes y las de otras cactáceas, atraen a numerosos insectos, aves y murciélagos que gustan de su dulce néctar.



Arriba: nopal *(Opuntia tomentosa)* en flor. *Abajo:* biznaga de chilito *(Mammillaria sanangelensis)* en flor, especie de cactácea que actualmente se encuentra en peligro de extinción. *Página anterior:* penca de nopal después de una lluvia y (*derecha*) cenzontle (*Mimus polyglottos*), pájaro de cuatrocientas voces, dibujo de José Ma. Velasco, 1903.

Al igual que en los grupos anteriores, tampoco debe pensarse que todos los mamíferos llegaron al mismo tiempo al Pedregal. Ya establecidas algunas especies vegetales, es casi seguro que herbívoros como el conejo *Sylvilagus floridanus* hayan establecido sus primeras madrigueras. Este mamífero tiene el pelaje color café paja y el vientre blanco, mide cerca de 40 cm de largo y se alimenta de pastos, hierbas, plántulas, legumbres, frutos y granos de muy diversas plantas, por lo que se le considera el más activo herbívoro de su grupo. Asimismo, es probable que los ratones hayan incursionado en esta zona junto con los conejos. Estos pequeños mamíferos, como *Peromyscus gratus* y *Reithrodontomys megalotis*, que en muy pocas ocasiones sobrepasan los 20 cm de largo con todo y cola, se alimentan de hierbas, semillas y granos de numerosas plantas.

Casi al mismo tiempo, pero escarbando sus madrigueras en el fondo de las grietas que formó la lava al solidificarse, pudieron haberse establecido las tuzas (*Cratogeomys merriami*), de escasos 30 cm, de pelaje color café y cuya apetencia por los bulbos y semillas que están bajo tierra es bien conocida. La ardilla del Pedregal (*Spermophilus variegatus*) y el llamado hurón o ardilla de tierra (*S. mexicanus*) pudieron haber competido en un principio por el alimento con las tuzas, pero su capacidad para nutrirse también de insectos las debe de haber alejado un poco de esta competencia al entrar éstos.

Las flores del amole, de los magueyes y de las campanitas deben de haber atraído a los murciélagos *Anoura geoffroyi*, *Leptonycteris nivalis* y *L. curasoae*, que hunden la cabeza en ellas y al extraer el néctar con su larga lengua quedan cubiertos de polen, que después llevarán a otra flor, realizando sin proponérselo la polinización de éstas, así como de otras plantas más que allí florecen.

Probablemente antes o quizá al mismo tiempo incursionaban en el Pedregal los primeros tlacuaches (*Didelphis virginiana*), animales que no solamente enloquecen por las flores y el aguamiel de los magueyes, sino que gustan de diversos frutos y semillas, retoños de plantas, insectos y hasta de

Cacomixtle (*Bassariscus astutus*), dibujo de José Ma. Velasco, 1881. *Página siguiente:* Murciélago magueyero (*Leptonycteris curasoae*) chupando el gustado néctar de las flores del amole (*Manfreda brachystachya*).

¿UN CASO DE "ATRACCIÓN FATAL" EN EL PEDREGAL?

En la naturaleza, como en las películas y en la vida real, existen atracciones fatales que conducen inevitablemente a relaciones peligrosas. Al menos eso es lo que algunos biólogos piensan acerca de las interacciones de ciertas plantas con los animales que las polinizan. En algunos de estos casos la relación entre la planta y el animal es tan estrecha que la desaparición de uno lleva inexorablemente a la extinción del otro. Si bien existen muy pocos casos bien documentados de este tipo de "atracción fatal", es posible que en el Pedregal de San Ángel se desarrolle este tipo de drama entre una de las plantas características de la zona, el amole, y uno de los llamados murciélagos magueyeros.

De la misma familia de los magueyes silvestres (*Agave salmiana* var. *ferox* y *Agave inaequidens*), al llamado amole (*Manfreda brachystachya*) también lo polinizan murciélagos. Aunque las flores de esta planta son visitadas de día por diferentes tipos de abejas y de aves como gorriones, calandrias y colibríes, y de noche por mariposas de la familia Sphingidae, se ha demostrado que su principal polinizador es el murciélago *Leptonycteris curasoae.*

Una característica de las plantas del género *Agave* que son polinizadas por murciélagos, es su lento crecimiento, que dura decenas de años. Después de este tiempo, el maguey produce una enorme inflorescencia con cientos de flores que generan abundantes cantidades de polen y de néctar. Al concluir este gran esfuerzo reproductivo, la planta muere. En contraste, *Manfreda brachystachya* produce inflorescencias durante varios años. Aunque similares a las de los magueyes, sus inflorescencias son más pequeñas y con menos flores, de manera que el gasto en la reproducción es menor y las plantas pueden vivir y reproducirse durante varios años.

El momento de máxima producción de polen y néctar en los magueyes y el amole coincide con la visita de los murciélagos magueyeros. Estos alados mamíferos acostumbran alimentarse de polen y néctar volando de la inflorescencia de una planta a la de otra, llevando así el polen de un individuo a otro, lo que hace de ellos excelentes polinizadores de estas plantas.

Este murciélago nectarívoro es migratorio y durante el día se refugia principalmente en cuevas. Algunas investigaciones realizadas en varias cavernas de México y Arizona llegaron a la conclusión de que las poblaciones de este murciélago han disminuido de tamaño, a tal grado que los gobiernos de México y Estados Unidos lo consideran una especie amenazada de extinción. Si en realidad existe una "atracción fatal" entre el amole y este murciélago, era lógico esperar que la disminución en el número de este último se tradujera en una menor tasa de reproducción de las plantas. ¿Pero existe alguna prueba de ello?

La ecología reproductiva del amole ha sido estudiada durante más de diez años en el Pedregal de San Ángel. En 1985 se observó una sensible baja en la producción de

frutos de esta planta, lo que parecía indicar una deficiencia en la polinización. Como los censos de ese mismo año habían mostrado niveles muy bajos de las poblaciones del murciélago polinizador en varias partes de México, se dedujo que el descenso en el número de estos murciélagos era la causa de la reducción en la tasa de reproducción del amole. Un clásico ejemplo, al parecer, de "atracción fatal".

Años después, al realizar otros estudios, se encontró que la reducción de las poblaciones del murciélago magueyero había sido sobreestimada y se descubrieron grandes poblaciones en cuevas antes desconocidas. Asimismo la producción de frutos en las poblaciones de amole ha aumentado hasta alcanzar los niveles normales. Aunque evidentemente existe una relación entre el tamaño de las poblaciones de este murciélago y la capacidad reproductiva del amole, las pruebas no son suficientes para confirmar la existencia de una "atracción fatal" entre estos dos organismos. En este caso, la moraleja es que los estudios de un solo año pueden ser engañosos y que únicamente los análisis muy detallados y de largo plazo pueden demostrar la existencia de "atracciones fatales" en la naturaleza.

Héctor T. Arita
Luis Eguiarte F.
Centro de Ecología, UNAM

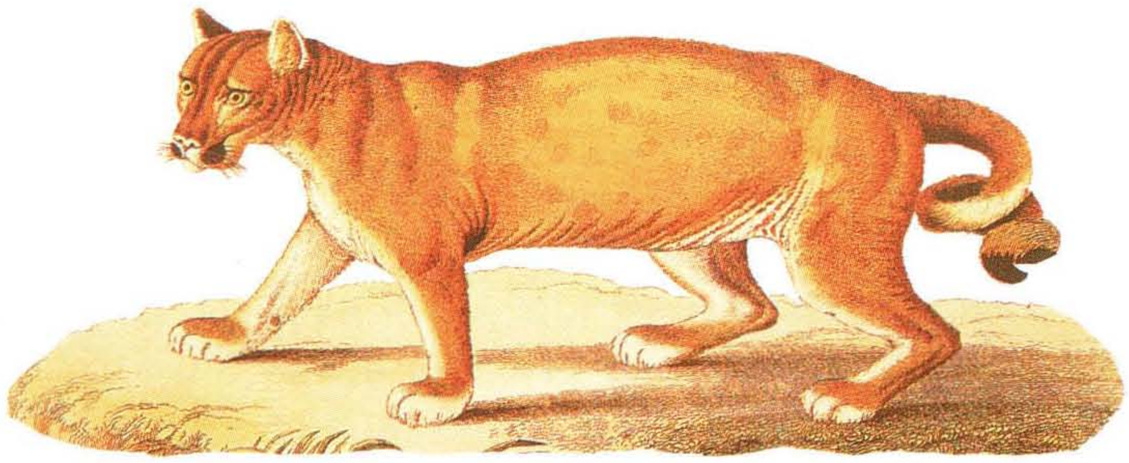
pequeñas aves. Este marsupial que llega a medir 50 cm de largo y otro tanto de cola, es un hábil trepador de árboles —incluso las hembras que acaban de dar a luz y que en ocasiones cargan hasta veinte crías en su marsupio— y es esencialmente nocturno, al igual que el zorrillo manchado (*Spilogale putorius*) y el zorrillo listado (*Mephitis macroura*), de hábitos alimentarios similares a los del tlacuache.

Tras las huellas de los insectos llegaron unos pequeños mamíferos de escasos 10 cm de largo y 6 g de peso, pelaje de tonos café, y cuyo largo y afilado hocico se estira constantemente para capturar chapulines, lombrices, arañas y otros invertebrados más, los que engulle vorazmente tanto de día como de noche, a fin de satisfacer su intenso metabolismo: las musarañas (*Sorex saussurei* y *S. oreopolus*). Simultáneamente, compitiendo con estos incansables depredadores, habrán llegado los mur- ciélagos insectívoros *Idionycteris phyllotis* y *Plecotus mexicanus*, que localizan entre el follaje a sus presas con ayuda de sus largas orejas, y se lanzan sobre ellas para atraparlas con sus afilados dientes. Otros murciélagos, como *Tadarida brasiliensis*, que vive en colonias en el interior de las cuevas, se alimentan de insectos que cazan al vuelo, principalmente mariposas y escarabajos.

Y atraídos por muchos de estos pequeños mamíferos llegaron al Pedregal de San Ángel los mamíferos carnívoros, como la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) —un cazador nocturno que mide cerca de un metro de longitud, capaz de trepar a los árboles persiguiendo ratones y lagartijas o para saquear algún nido, pero que también come insectos y frutos de algunas plantas— y el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), de orejas largas y puntiagudas, cola muy esponjada y del tamaño de un gato, cuyos hábitos son muy parecidos a los de la zorra gris. Más pequeña que estos dos, de cuerpo delgado y largo y con una especie de antifaz blanco sobre los ojos, la comadreja (*Mustela frenata*) se alimenta exclusivamente de carne. Su forma alargada le permite introducirse en las madrigueras de tuzas y ardillas, y es un hábil cazador de ratones, conejos y aves.

Ardilla del Pedregal (*Spermophilus variegatus*). *Página anterior, izquierda:* murciélago del género *Leptonycteris; derecha, arriba:* ratón (*Peromyscus gratus*); *al centro:* zorrillo listado (*Mephitis macroura*); *abajo:* cachorro de zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*). Estos dos últimos animales son cada vez más raros en el área del Pedregal.

La cúspide de la pirámide



El pez grande se come al chico, dice el refrán. La llegada al Pedregal de tantas especies de pequeños reptiles, mamíferos y aves debe de haber terminado por hacer que se desplazaran a esta zona animales de mayor tamaño que se alimentan de ellos. Así, la abundancia de lagartijas debió atraer a *Salvadora bairdi*, una culebra de casi 1.30 m de longitud, de piel verde olivo claro, con franjas longitudinales claras y oscuras, que se alimenta exclusivamente de este tipo de reptiles a los que persigue de día para tragárselos cuando todavía patalean y se mueven entre sus mandíbulas en un vano intento por escapar.

Por su parte, la culebrita *Rhadinaea laureata* sale con la caída del sol a cazar ranas. Esta culebra se distingue por el color naranja terroso de su cuerpo —que no pasa de los 20 cm de longitud—, tiene un collar de color café alrededor de su cabeza plana, con una mancha oscura en la parte superior. De hábitos diurnos, *Thamnophis dorsalis*, una serpiente de casi 50 cm de color amarillo-crema, con manchas claras y oscuras a manera de tablero de ajedrez y una línea dorsal de escamas romboides amarillas debe de haber llegado a esta zona tras el croar de estos pequeños anfibios, aunque tampoco desprecia las lombrices de tierra.

Tras las huellas de estos ofidios debe de haber llegado otra culebra que gusta de la carne de sus congéneres: *Diadophis punctatus*. Mide casi 60 cm de largo, tiene el cuerpo de color plomizo, con el vientre rojo con puntos negros y un collar anaranjado alrededor de la cabeza. Al verse atacado, este reptil se enrosca apoyándose en la cola para mostrar el rojo de su vientre y atemorizar así a su contrincante. *Diadophis punctatus* sale por la noche siguiendo el rastro de las culebras más pequeñas que acechan a insectos y otros animales menores.

Los ratones que llegaron al Pedregal atrajeron seguramente a *Pituophis deppei*, una serpiente de casi 2 m de largo, mejor conocida como ratonera o cincuate, de color ladrillo-crema con manchas claras y oscuras alternadas, que sale de entre las rocas antes de que caiga el sol en busca de su alimento preferido. Casi al mismo tiempo o un poco después, probablemente junto con el establecimiento de las primeras poblaciones de conejos y de otros pequeños mamíferos, debe de haber co-

menzado a oírse el cascabelear de *Crotalus molossus*, serpiente que suele buscar durante los días soleados pequeñas hondonadas sobre las rocas, a fin de calentarse y poder salir con la caída del sol en pos de ratones, tlacuaches, conejos, ardillas y zorrillos, aunque en ocasiones se calienta directamente al sol, sobre la superficie pedregosa. Las hembras paren aproximadamente seis crías, que al nacer miden cerca de 30 cm de largo y aumentan de uno a 2 cm por mes, por lo que tardan seis o siete años en alcanzar su tamaño adulto, que es de casi un metro de longitud en esta zona. La víbora de cascabel, ocupa la cúspide de la pirámide alimentaria, ya que no existe animal alguno que se la coma, ni siquiera las aves rapaces que sobrevuelan esta zona.

También en la cúspide de la pirámide alimentaria, pumas (*Puma concolor*) y linces (*Lynx rufus*) deben de haber encontrado refugio en las cuevas del Pedregal. Quizá el lince pudo haber dominado todo el terreno pedregoso, compitiendo con la víbora de cascabel por el mismo tipo de presas, aunque este solitario cazador es casi exclusivamente nocturno. El puma debe de haber constituido otra fuerte competencia en la caza de pequeños mamíferos, aunque por sus preferencias alimentarias es más probable que este cazador nocturno, capaz de desplazarse hasta 50 km en un día, frecuentara más bien las faldas de la sierra del Ajusco en busca del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), su presa favorita.

Junto con estos dos felinos es posible que el coyote (*Canis latrans*) haya llegado también tras los pequeños mamíferos que colonizaron el Pedregal. Capaz de recorrer grandes distancias, este carnívoro gusta también de la carne de venado, por lo que tal vez compartiera los mismos hábitos que el puma, aunque por ser tanto diurno como nocturno, es posible que haya llegado a tener poblaciones más numerosas. Al igual que la víbora de cascabel, el lince y el puma, el coyote se encuentra en el último eslabón de esta compleja cadena de relaciones alimentarias que constituyen parte fundamental de la trama de la vida.

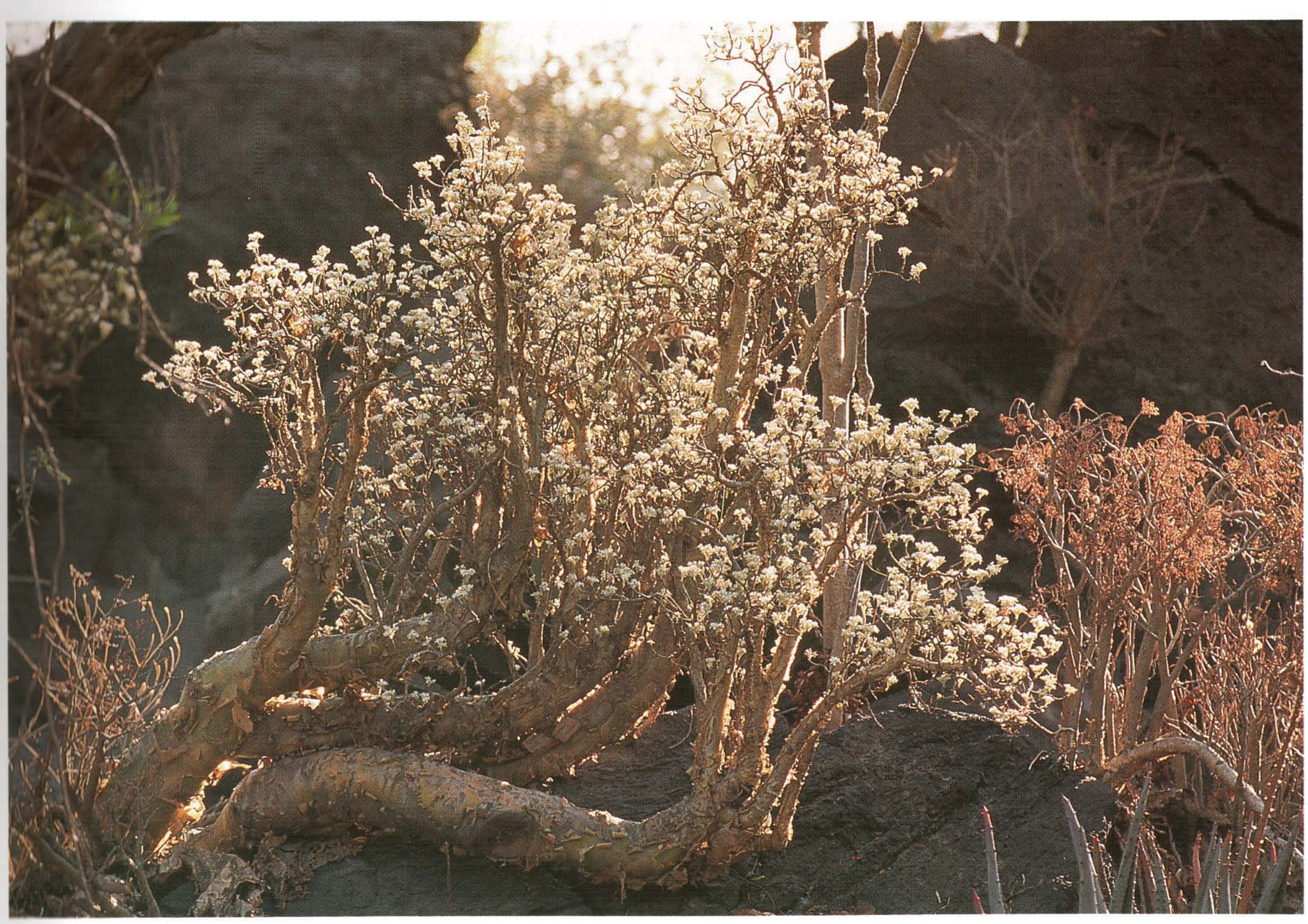
Serpiente de cascabel (*Crotalus molossus*). *Página anterior:* el puma (*Puma concolor*), gran felino que en algún momento dominó el área del Pedregal.

Un espacio lleno de tiempo

Una compleja red

La llegada de cada una de las especies vegetales a un espacio carente de vida como es un derrame volcánico, las interacciones que establecen unas con otras, el lugar que ocupan en el tiempo y en el espacio, y su remplazo o la modificación de su abundancia, constituyen lo que se conoce como proceso de sucesión, en el cual muchas de las especies de plantas de una etapa son sustituidas por otras distintas, que caracterizan a la siguiente, y en donde cada etapa puede ser definida como una comunidad vegetal de cierto tipo.

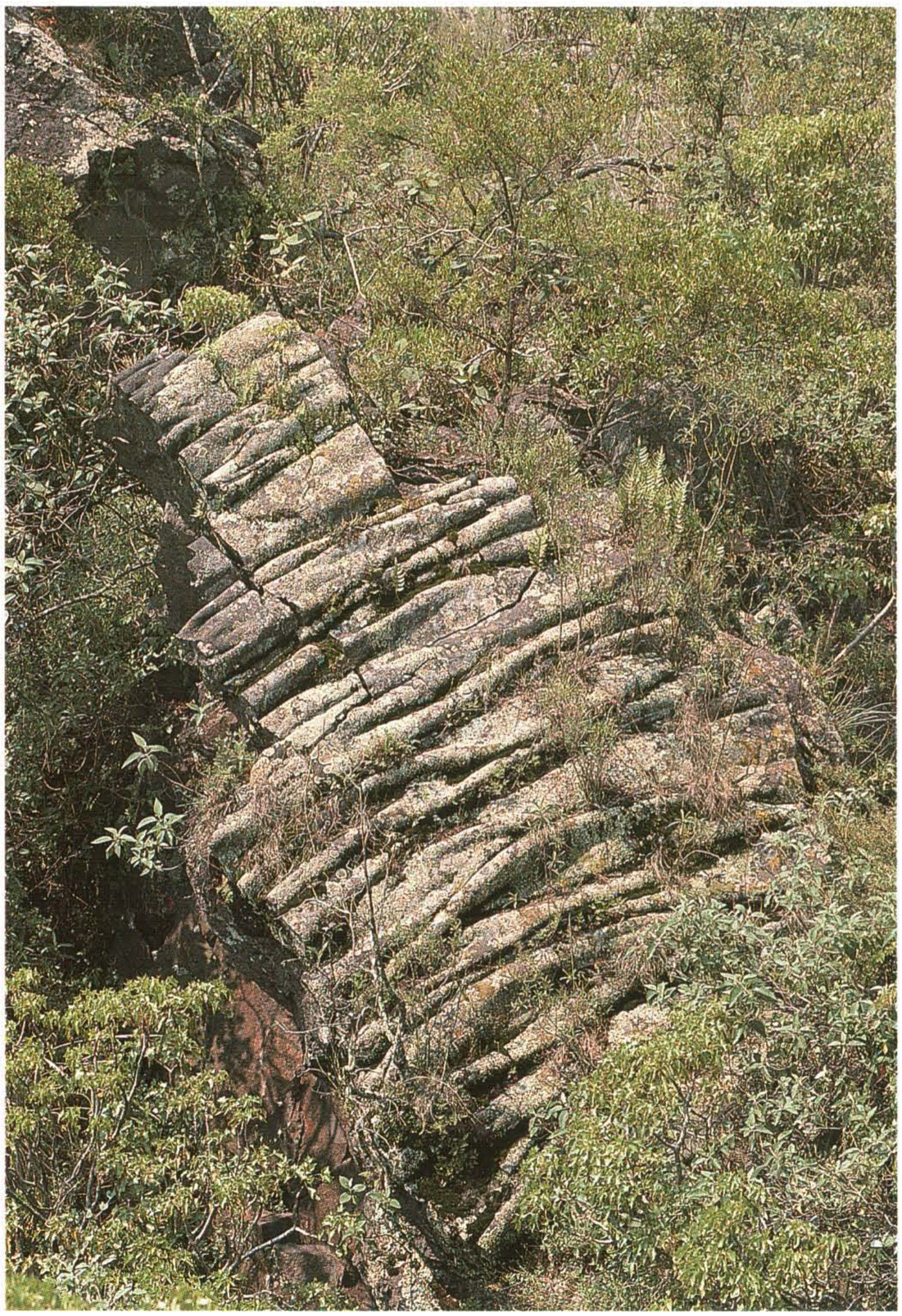
El crecimiento de las primeras plantas hace que ciertos factores ambientales cambien, creando así nuevas condiciones que resultan ser más favora-



bles a otras especies de plantas que a ellas mismas. Estas plantas remplazarán a algunas de las anteriores, provocando cambios en la abundancia de sus poblaciones, y establecerán nuevas relaciones con ellas. Así, como ya vimos, los primeros helechos como *Notholaena bonariensis* contribuyeron a la formación del suelo que permitió el crecimiento de otras plantas como el palo loco y de nuevas especies de helechos como *Polypodium aureum*, que con el tiempo llegaron a ser más abundantes que ellos. En el momento en que una comunidad alcanza un estado en el que se mantiene sin cambios importantes en su composición y estructura, entre otras cosas, se dice que se encuentra en un equilibrio dinámico, como es el caso de algunas áreas de bosque de pino aún conservadas en el Desierto de los Leones o de las selvas de las áreas protegidas.

Sin embargo, este proceso de sucesión no ocurre siempre de manera homogénea, ya que por la topografía, la humedad o la temperatura, éste puede tener diferentes velocidades, incluso en un mismo sitio.

En un derrame volcánico el crecimiento de la vegetación depende esencialmente de la cantidad de suelo que se acumula y de su composición, pues mientras más gruesa sea la capa de suelo y más nutrientes tenga, mayor es el volumen de vegetación que puede crecer allí. La vegetación es a su vez un factor determinante en la acumulación de suelo, ya que contribuye a su formación y conservación, lo que permite que las plantas sean de mayor grueso y altura, formándose así una interacción del suelo y la vegetación que va a determinar en buena medida los estados de sucesión. Por eso si las condiciones climáticas son propicias para el cre-



La vegetación es más abundante y de mayores dimensiones sobre los montículos rocosos y en las hondonadas (*página anterior*), donde crecen plantas del género *Sedum*. *Páginas 92-93:* matorral de palo loco.

cimiento de la vegetación, la acumulación de suelo también será favorecida.

Las innumerables grietas, las hondonadas de diversos diámetros y profundidades, las extensas superficies planas, los montículos rocosos que varían en alturas y tamaños, las diferencias en el grueso de la capa de lava y su textura, hacen del Pedregal de San Ángel un sitio de una enorme heterogeneidad ambiental donde en unos cuantos metros cuadrados es posible encontrar una gran variedad de microambientes. Si a ello sumamos las diferencias de altitud que tiene el derrame desde el cono del Xitle hasta su extremo norte, donde la humedad y la temperatura, y en menor medida la exposición a la luz y a los vientos, varían a manera de un gradiente, obtenemos un área dividida en una serie de unidades macroambientales que, a su vez, están constituidas por un mosaico de microambientes de gran diversidad.

Este gradiente ambiental permite suponer que el proceso de sucesión ecológica no fue homogéneo en el Pedregal. Así, se puede pensar que casi la totalidad de su superficie haya estado cubierta en algún momento de su historia, pero no de manera simultánea, de un matorral compuesto preponderantemente por plantas capaces de resistir severas condiciones de desecación, llamadas xerófilas (*xeros*, seco, y *philos*, amor por), que crecían a diferentes alturas, algunas a ras del suelo, otras a menos de un metro y otras por encima de ellas.

La acumulación de suelo más acelerada en grietas, hondonadas y hoyos debió de haber propiciado en estos sitios la concentración de un mayor número de especies que viven más de dos años —llamadas perennes— y que son menos resistentes a la aridez, favoreciendo a su vez la acumulación de suelo, y creando así las condiciones necesarias para que las plantas más altas alcanzaran aún mayor estatura y se formaran una serie de manchones donde la vegetación se hacía más densa y de mayor tamaño, alcanzando quizá los tres metros de altura que actualmente tienen en estas formaciones los arbustos como el palo loco. Es probable también que en algún momento, aunque tampoco de mane-

ra simultánea, la superficie del Pedregal haya tenido la apariencia de un mosaico compuesto por manchones de vegetación de distintas densidades, con variaciones en la composición de las especies siguiendo el gradiente altitudinal.

Quizá por la mayor cantidad de lluvia, que va de los 950 a los 1 450 milímetros anuales, y su temperatura un poco más baja, con una media anual que puede oscilar entre 11 y 14° C, esto se haya presentado más rápidamente en la parte sur del Pedregal que se encuentra por encima de los 2 500 metros sobre el nivel del mar y que está más cerca del Ajusco. La cantidad de humedad pudo haber sido el factor que aceleró la interacción de la vegetación y el suelo, haciendo más rápido el proceso de sucesión aquí que en la parte del Pedregal que se encuentra por debajo de esa altitud. Es muy factible que las plantas que colonizaron esta zona hayan sido menos termófilas y más capaces de resistir las fuertes heladas, que debieron de haber sido más intensas cuando la roca dominaba el paisaje.

En las grietas ubicadas a una mayor altitud la vegetación es más densa. *Página anterior:* el zacatón (*Muhlenbergia robusta*) y los magueyes (*Agave ferox*) son plantas características de estos sitios.

Crecen los árboles

Es posible que en la zona ubicada entre los 2 500 y los 2 900 metros sobre el nivel del mar, las plantas que crecían como arbustos fueran remplazadas más rápidamente por diversas especies de encinos (*Quercus* spp.) —aunque cabría aclarar que hubo lugares de esta zona que no fueron cubiertos por la lava, como los cerros Zacatépetl y Zacayuca y algunas zonas aledañas a ellos, donde seguramente siempre hubo encinos.

Estos árboles, que junto con los pinos abundan en las faldas del Ajusco, son capaces de vivir en lugares de suelos poco profundos, y que debido a la escasez de suelo, en esta zona no alcanzan el tamaño que normalmente tienen en el resto de la cuenca de México. Quizá la especie de encino más abundante en esta época fuera *Quercus rugosa*, que debe su nombre a las hojas gruesas y rugosas que nunca dejan desnuda su copa. Este encino debe de haber competido en un principio en las grietas, hondonadas y montículos con otros arbustos, hasta desplazarlos y convertirse en una de las especies predominantes del estrato arbustivo de esta zona, junto con dos plantas de tallos más delgados, características de las faldas del Ajusco, que probablemente habrán aprovechado los espacios existentes entre los encinos para establecerse en el escaso suelo que se iba acumulando sobre la lava: el conocido como hierba del carbonero o escobilla (*Baccharis conferta*), de hojas pequeñas y romboides y florecillas de tonos verdosos durante la primavera, que nunca pasa de los tres metros de altura, y la hierba del golpe o hilo (*Eupatorium glabratum*), de una altura parecida, cuyas ramas de hojas angostas se cubren en los extremos de pequeños racimos de flores blancas antes de concluir el invierno.

En menor abundancia, el tepozancillo o tepozán cimarrón (*Buddleia parviflora*) de hoja mucho más chica y más bajo que *B. cordata*, y otros encinos como *Quercus mexicana*, *Q. crassipes* y *Q. centralis*, crecerán allí también en forma de arbusto. La sombra de todas estas plantas favorecerá el crecimiento a su alrededor de numerosas especies herbáceas que requieren mayor protección de los rayos del sol y más humedad, formando manchones de vegetación más densa. Con el tiempo, estas especies llegarán a desplazar a muchas de las plantas que

La acumulación de suelo permitió el crecimiento de las plántulas de encinos (*Quercus* spp.), quizá los primeros árboles del Pedregal (*página siguiente*).

vivían expuestas directamente a los rayos del sol. Entre los nuevos habitantes de esta zona destaca una planta muy común en los bosques de pino y oyamel de México: la dalia (*Dahlia merckii*), que alcanza el metro de altura y durante el verano se cubre de vistosas flores compuestas de pétalos de un tenue rosa formando una aureola con diminutas flores amarillas en el centro, y otras más como la llamada árnica (*Senecio stoechadiformis*), con sus llamativos racimos de pequeñas flores amarillas en la punta de las ramas.

Entre algunas de las plantas herbáceas que permanecerán ahí, se cuentan la trompetilla y *Lamourouxia rhinanthifolia*, cuyas inflorescencias rojas rematan las ramas de su tallo erecto que no pasa del metro de altura. Asimismo, ahí van a crecer otras herbáceas que se encuentran tanto en la sierra como en la zona norte del Pedregal, como el mirto de campo (*Castilleja tenuiflora*), la carne de doncella (*Begonia gracilis*) y la juanita (*Helianthemum glomeratum*).

La cantidad de hojas que pierden los encinos se convertirá poco a poco en un obstáculo al crecimiento de muchas plantas que vivían antiguamente al ras del suelo, y su lugar será ocupado por especies más resistentes a la humedad y a la falta de luz, como el ombligo de tierra (*Peperomia campylotropa*), de diminutas flores blancas, hojas redondas y carnosas sostenidas en el centro por delgados tallos que salen de

La humedad reinante en las zonas más cercanas al Ajusco permite el crecimiento, sobre las ramas de los encinos, de líquenes, musgos, helechos del género *Pleopeltix* y plantas como *Sedum* (*arriba*), y en la parte baja de especies como el ombligo de tierra (*Peperomia campylotropa*) (*al centro*) y de helechos como *Polypodium* (*abajo*).

la base y que apenas pasa de los 20 cm de altura; y un par de gramíneas —mejor conocidas como pastos o zacates—, que llegan a medir hasta 15 y 20 cm de altura, respectivamente *Muhlenbergia ramulosa* y *M. confusa*, así como por una profusión de líquenes, musgos y algunos helechos de tamaño pequeño como *Polypodium plebejum* y *P. thyssanolepis*.

El proceso de sucesión va a proseguir en algunas partes de esta franja altitudinal donde se había acumulado una mayor cantidad de suelo y el espesor de la lava era más delgado. Ahí crecerán árboles más grandes que modificarán por completo las condiciones de vida de las plantas herbáceas y de aquellas que crecían al ras del suelo. Así, la proporción de plantas herbáceas capaces de vivir a la sombra se incrementa nuevamente y la de las que viven al ras del suelo disminuye aún más por el aumento de la cantidad de hojarasca.

En la parte centro-oriental, donde "el riñón de piedra" se repliega sobre sí mismo, al oeste del cerro de Zacayuca, se extiende un área irregular con menor humedad y mayor temperatura que el resto de esta franja altitudinal, donde, debido a las características del suelo y al espesor de la lava ya mencionadas, los encinos llegan a medir hasta seis metros de altura, conformando un bosque de cierta densidad. Sobresalen ahí por su abundancia el encino *Quercus centralis*, y en menor medida los encinos *Q. pulchella*, *Q. mexicana*, *Q. rugosa* y *Q. crassipes*, aunque estos árboles nunca alcanzan los diez metros de altura que normalmente tienen en el Valle de México.

Las plantas que antes crecían en el estrato arbustivo y que estaban expuestas directamente a los rayos del sol, quedarán ahora a la sombra de los encinos, y sufrirán una disminución en sus poblaciones, lo que tal vez ocurrió con los magueyes (*Agave ferox*), aunque algunas como el teclacote (*Verbesina virgata*) conservarán cierta presencia en este estrato donde las plantas pertenecientes a los bosques de pino y oyamel, como *Stevia subpubescens*, de más de dos metros de altura y pequeñas flores blancas o en ocasiones de un rosa pálido, y la hierba del golpe, crecerán abundantemente.

Bajo los más de dos metros que pueden tener de altura estos arbustos seguirán creciendo una serie de plantas herbáceas que parecen ser capaces de resistir muy diversas condiciones de luz, humedad y temperatura, por lo que aún hoy día se les encuentra desde la parte baja del Pedregal hasta el bosque de pino. Entre ellas sobresalen algunas gramíneas como *Aegopogon tenellus*, *Aristida laxa* y el zacatón, cuyas finas inflorescencias en forma de plumillas alcanzan a veces los dos metros de largo; la llamada trompetilla de flores largas y delgadas de tonos rojos, naranja, salmón y en ocasiones blancas; *Penstemon campanulatus*, conocida como jarritos por la forma de sus flores color púrpura, azuloso o morado, y *Cardiospermum halicacabum*, una planta trepadora de pequeñas flores blancas y frutos abultados que parecen inflados, a los que debe su nombre de farolitos.

Los líquenes, musgos y helechos dominarán por completo las rocas cubiertas de hojarasca y la humedad ambiente permitirá que sus esporas, transportadas por el viento hasta las ramas de los encinos, puedan crecer en ellas junto con la bromelia *Tillandsia recurvata*.

Simultáneamente quizá, un proceso similar tenía lugar en el sureste del Pedregal, en un área ubicada también entre los 2 500 y los 2 900 metros sobre el nivel del mar, con mayor humedad que la anterior y una temperatura ligeramente menor, lo que tal vez favoreció la formación de una capa de suelo más abundante, que aunado al escaso espesor que la capa de lava tiene en esta zona, permitió que los encinos alcanzaran mayores dimensiones, conformando un bosque denso como los que se encuentran en algunas laderas del Valle de México, con árboles de hasta diez metros de altura. Ahí van a crecer principalmente los encinos *Quercus rugosa* y *Q. crassipes*, algunos madroños (*Arbutus xalapensis*) —árboles de vistosa corteza rojiza y formas muy irregulares—, cipreses (*Cupressus lindeyi*) y uno que otro aile (*Alnus firmifolia*).

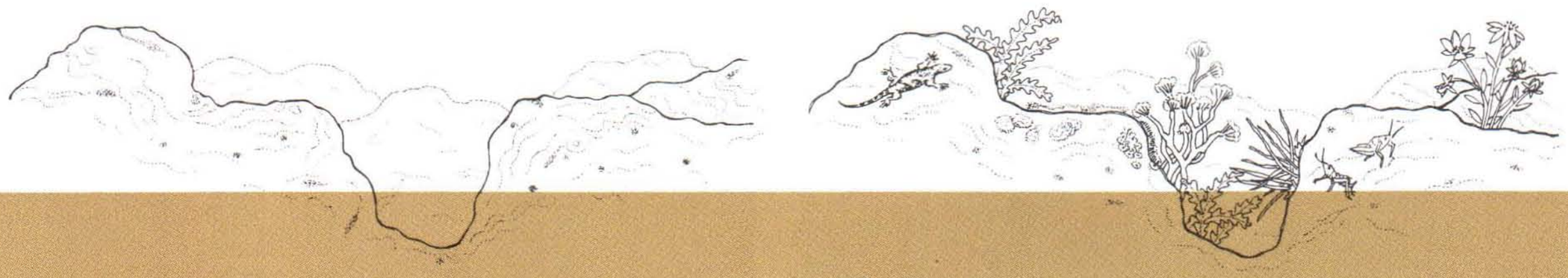
Bajo esta cubierta arbórea se levantarán plantas como el shishe (*Fucraea bedinghausii*), cuyo tronco sostiene una roseta de hojas largas y delgadas parecidas a las del agave, de donde sale una inflorescencia de flores blancas casi color crema muy ramificada y de gran tamaño, haciendo que la planta llegue a medir más del doble de su altura normal, que es de cerca de dos metros, y arbustos como la hierba de carbonero o escobilla, *Eupatorium glabratum* y *Sedum oxypetalum*, un arbusto muy erecto de tronco algo grueso y carnoso, cuyo metro de altura se adorna con racimos de llamativas y perfumadas flores de tonos rojos y blanquecinos.

Las vistosas flores blancas con vetas color de rosa de *Geranium latum*, una planta de menos de 80 cm de altura que nunca pierde por completo sus hojas, los tonos morados y azulosos de las flores en forma de campana de los jarritos, los rosas de la carne de doncella, el azul tenue de las diminutas flores de *Salvia lavanduloides* —pariente de la lavanda— y los rojos de la trompetilla y del mirto de campo adornarán, junto con otras plantas de flores de igual colorido, la parte baja de este bosque donde los helechos y las gramíneas son poco abundantes.

Bajo estas plantas, entre la hojarasca, musgos y líquenes dominarán por completo las superficies rocosas y sus intersticios, donde va a sobresalir una que otra planta, como el ombligo de tierra y *Alchemilla procumbens*, que tiende sus tallos sobre el piso de pequeñas partes de bosque, formando con sus hojas y sus minúsculas flores de color verde un tapiz vegetal. Los helechos serán escasos entre las rocas, pero especies como *Pleopeltis lanceolata* y *Polypodium plebejum* crecerán de manera abundante junto con líquenes y musgos sobre las ramas con sombra permanente, y en las bifurcaciones de las mismas compartirán eventualmente el espacio con plantas de *Sedum oxypetalum* o con uno que otro palo loco, que haciendo honor a su nombre en ocasiones llega a enraizar ahí arriba.

Shishe (*Fucraea bedinghausii*). *Página anterior:* tlacuache (*Didelphis virginiana*).

Arriba: hongo del género *Agaricus; centro:* flores de *Ipomoea purpurea; abajo: Tigridia pavonia.*

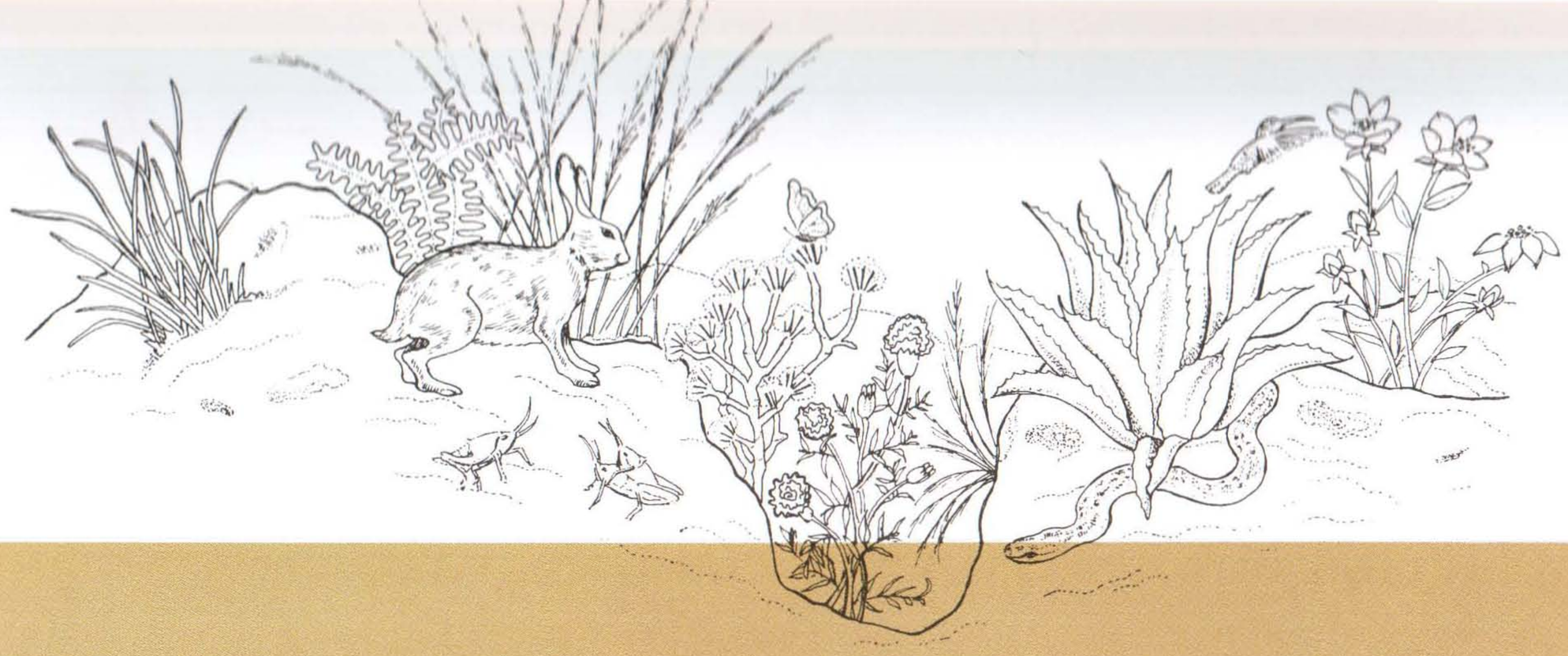


EL ETERNO CICLO DE RENOVACIÓN DE LA NATURALEZA

Actualmente los estudiosos de las ciencias naturales coinciden en afirmar que el mundo físico en el que vivimos se encuentra en constante transformación. No obstante, para la mayoría de las personas la corteza terrestre es inmutable. Esto quizá se deba a que los procesos geológicos de cambio son en general muy lentos en comparación con la duración de la vida humana y por lo tanto no los percibimos. Sin embargo, si durante un tiempo muy prolongado pudiéramos grabar en una película lo que sucede en la superficie de la Tierra y después proyectáramos esta cinta a velocidad acelerada, se mostraría ante nuestros ojos una cadena de eventos espectaculares que confirmarían ese dinamismo: los lagos se forman y luego se secan; las cadenas montañosas se elevan y después se erosionan por la acción del agua y del viento; el nivel de los mares fluctúa, dejando al descubierto partes de los continentes normalmente sumergidas, o bien inundando partes antes emergidas.

Como consecuencia de la continua transformación de la corteza terrestre, constantemente se forman ambientes desprovistos de organismos vivos. Esto sucede, por ejemplo, cuando un volcán hace erupción cubriendo una extensión de terreno con el magma incandescente procedente de las entrañas de la Tierra. La marca que tal fenómeno deja sobre la superficie de la Tierra es un terreno yermo, rocoso, sin suelo y totalmente desprovisto de vida de cualquier tipo. Esta situación dura poco tiempo. Muchos organismos que habitan el planeta son capaces de dispersarse a distancias medianas y largas, lo cual hace probable que arriben con cierta frecuencia a estos "nuevos hábitats". Los ecólogos se refieren a este proceso como **colonización**. De esta manera, se establecen poco a poco poblaciones de microorganismos, hongos, plantas y animales. Las comunidades biológicas que van formando sufren constantes modificaciones que por lo general aumentan su complejidad, hasta alcanzar una estructura, es decir, una organización interna, relativamente estable en el tiempo. Este proceso, conocido como **sucesión primaria**, se lleva a cabo durante un tiempo extremadamente largo, que contrasta mucho con la duración de una **sucesión secundaria**, definida como el proceso de cambio unidireccional en una comunidad a partir de la aparición de un disturbio que provoca una perturbación parcial en ella.

La razón principal de la lentitud de algunas sucesiones primarias, en particular las que se desarrollan sobre antiguos derrames de lava, es precisamente la ausencia inicial de suelo fértil; sin él no es posible que se establezcan las plantas ni los animales que dependen de ellas. La formación de suelo es un proceso complejo y muy lento. Al inicio, el sustrato rocoso se fragmenta por la simple exposición a los fenómenos meteorológicos. Más tarde, la presencia de seres vivos como los líquenes, capaces de establecerse directamente sobre la roca y degradarla, acelera el proceso. El viento también desempeña un papel importante, ya que además de acarrear partículas de suelo desde otras regiones, es posible que sea el principal medio de transporte de los organismos microscópicos que constituyen la biota del suelo. Posteriormente, en las grietas y huecos de las rocas se establecen plantas de porte



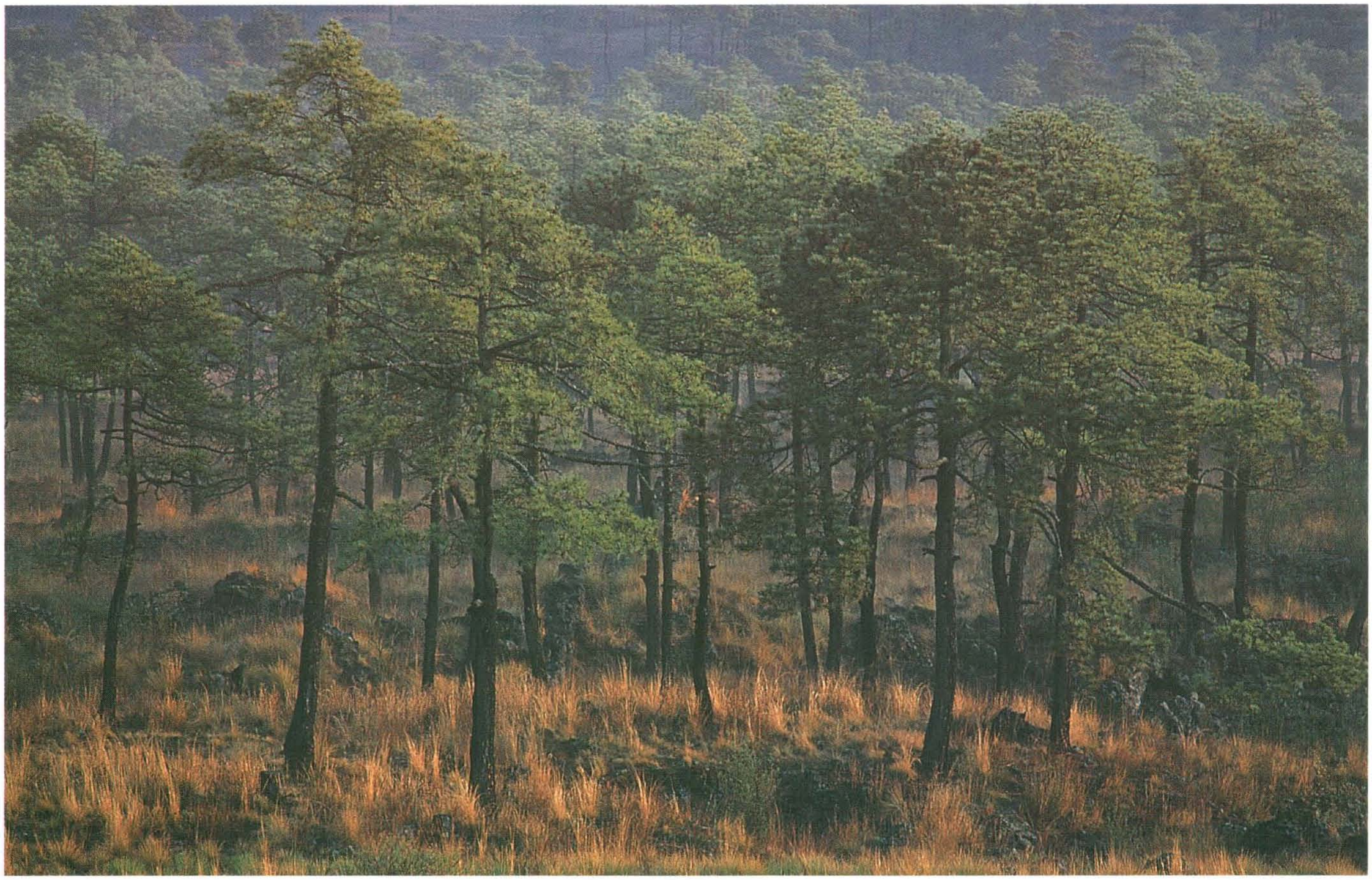
pequeño, capaces de completar su ciclo de vida con los pocos recursos que el escaso suelo provee. Al morir éstas o perder sus hojas se descomponen y se forma materia orgánica que contribuye a la formación de suelo y así el proceso se retroalimenta. Algunas veces, las semillas de plantas más grandes que constantemente llegan al sitio encuentran las condiciones adecuadas para germinar y establecerse.

El desarrollo de la comunidad vegetal es seguido de cerca por las poblaciones de numerosas especies de animales que encuentran en ellas alimento y a cambio les proporcionan algunos servicios (por ejemplo, la polinización). Con el tiempo, la constelación de interacciones biológicas —herbivoría, mutualismo, depredación, parasitismo, etc.— alcanza los niveles de complejidad propios de una comunidad biológica madura.

La acumulación de especies en un sitio en sucesión no necesariamente muestra una tendencia permanente al alza. De hecho, es común que el mayor número de especies caracterice a las etapas intermedias de la sucesión. Una explicación de este fenómeno es que una o unas pocas especies paulatinamente llegan a adueñarse de los recursos del hábitat, incluyendo el espacio, de modo que hacia las etapas sucesionales tardías, es decir, en etapas más maduras del desarrollo de la vegetación, estas competidoras fuertes hayan excluido del lugar a muchas especies con las que antes convivían, produciendo un empobrecimiento local de especies.

Aunque en algunos textos, generalizando un caso, se dice que la fase final de toda sucesión primaria es un bosque, en realidad esto depende del clima prevaleciente en la región; en efecto, el clima puede determinar la existencia de una asociación forestal, pero también de un matorral xerófito, de un pastizal o de alguna otra comunidad. Por supuesto, es difícil definir con precisión en qué momento termina un proceso de sucesión primaria. Sin embargo, en ocasiones el desarrollo de las comunidades bióticas en el sitio sucesional llega a un punto en el que éstas son indistinguibles de las comunidades adyacentes. Para entonces la velocidad de los cambios en dicha comunidad se torna aún más lenta, haciéndola, en apariencia, de nuevo estática, y así permanece durante mucho tiempo —cientos o quizá miles de años— hasta que un nuevo disturbio catastrófico la destruya, y se reinicie así el eterno ciclo de renovación de la naturaleza.

Jorge Meave del Castillo
Facultad de Ciencias, UNAM



Pinos y oyameles

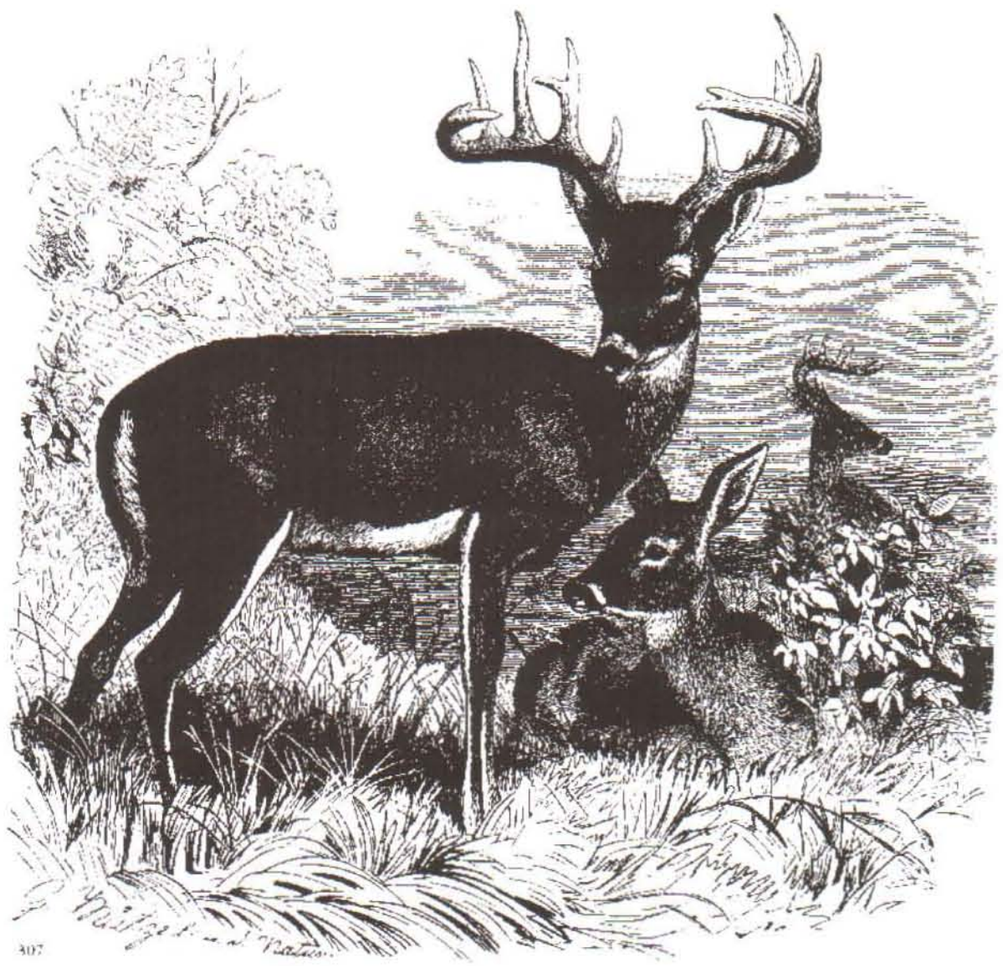
La historia de los bosques de pino que se extienden a los pies del Xitle en la zona más fría y húmeda del Pedregal, por encima de los 2 800 metros sobre el nivel del mar, constituye una incógnita. No se sabe si el matorral que, al igual que en el resto del derrame, creció allí, fue remplazado por un encinar al que posteriormente se sumaron los pinos hasta convertirse en elementos dominantes, o si las condiciones climáticas permitieron que los pinos se establecieran directamente en los lugares donde se acumulaba el suelo, de la misma manera que lo hicieron los encinos en la franja altitudinal que se encuentra por debajo de ésta.

La complexión de los pinos (*Pinus hartwegii*) que crecen junto con encinos, shishes y madroños en la zona ubicada al noreste del cráter del Xitle, delgados, de poca altura y más bajos que los *Quercus rugosa* que ahí viven, permitiría suponer que la llegada de las coníferas a esta parte del Pedregal es posterior al establecimiento de los encinos. Lo mismo se podría decir de los bosques mixtos de pino y encino, en los que *Pinus rudis* convive con *Quercus crassipes*, *Q. rugosa* y numerosos madroños.

La parte suroeste del lóbulo sur del derrame, que se encuentra, al igual que las anteriores, entre 2 800 y 3 000 metros sobre el nivel del mar, donde el llamado ocote chino (*Pinus teocote*) es el árbol más abundante, parece ser más compleja. Esta especie de pino, que sobre la lava no pasa de 7 m de altura, crece en esta zona junto con ailes, madroños, oyameles (*Abies religiosa*), *Pinus montezumae* y los encinos *Quercus rugosa*, *Q. crassipes*, *Q. bourgaei* y *Q. lanceolata*, pero de manera poco regular. Hay sitios donde sólo se ve ocote chino y prácticamente no hay arbustos; otros, como la parte occidental, donde abundan los oyameles y *Pinus montezumae*, mientras que en algunos lugares, como al norte del Xitle, hay una gran cantidad de encinos y shishes.

A la heterogeneidad de árboles de este bosque se suma una gran diversidad de arbustos y plantas herbáceas. Son frecuentes, aunque su abundancia es muy distinta de una zona a otra, la escobilla, el tepozancillo, *Eupatorium glabratum* y el capulincillo o sarauache dulce (*Ribes ciliatum*) que al llegar la primavera adorna sus más de 2 m de altura con pequeños racimos colgantes de flores blancas. Durante el verano, bajo estos arbustos resaltan entre los tonos verdes y pajizos de pastos y zacates, las flores moradas de los jarritos, el azul intenso de las flores de la yerba del pollo o cielo azul (*Commelina coelestis*) y el amarillo de las flores de grandes pétalos de *Potentilla candicans*. También en verano aparecen las flores blancas del tlatomaxíhuitl o espuelas (*Phacelia platycarpa*), cuyos tallos delgados y flexibles se extienden casi al ras del suelo, donde también crece el ombligo de tierra y *Alchemilla procumbens*, junto con diversas especies de líquenes y musgos. La humedad ambiente permite, donde hay encinos, el crecimiento de musgos y líquenes en sus ramas, sobre las cuales viven asimismo algunos helechos y en ocasiones la bromelia *Tillandsia benthamiana*.

Los llamados zacates, plantas del género *Muhlenbergia*, cubren los suelos de los bosques de pinos que crecen en la parte más alta y húmeda.



El origen de este bosque se puede explicar tal vez de la misma manera que los anteriores, pero no así el del bosque que se extiende al sur y sureste del Xitle, de 3 000 metros sobre el nivel del mar en adelante, en la parte más alta, húmeda y fría del Pedregal, con medias anuales de 11 °C de temperatura y 1 450 mm de lluvia. A diferencia de los otros bosques de pino del Pedregal, éste está compuesto por una sola especie: *Pinus hartwegii*, un pino que normalmente llega a medir hasta 18 m de altura, pero que sobre las rocas no pasa de 8.

A pesar de que no es un bosque muy cerrado, en él no crecen otros árboles ni arbustos y en el sotobosque sólo prosperan pastos y zacates como *Festuca rosei*, *Deschampsia pringlei*, *Stipa ichu*, *Muhlenbergia montana* y *M. macroura*, entre otros, y algunas plantas como la espina de Castilla (*Eryngium columnare*) —de tallos gruesos y erectos que pasan del metro de altura y que sostienen una especie de bulbo donde están agrupadas sus pequeñas flores junto con hojas espinosas que sobresalen—, los jarritos, y los llamados tréboles, *Oxalis alpina* y *O. corniculata*, de flores de cinco pétalos de colores blanco y amarillo, respectivamente.

La ausencia de una capa densa de hojarasca permite el crecimiento casi al ras del suelo de un mayor número de plantas de pequeño tamaño, como la hierba del sapo (*Eryngium carlinae*), parecida a la espina de Castilla, el anisillo, que al final de la época de lluvias se llena de flores amarillas, la flor de María (*Lobelia gruina*), que al mismo tiempo ve brotar sus racimos de flores azules, *Bidens anthemoides*, cuyos tallos tendidos se cubren de flores amarillas durante casi toda la segunda mitad del año, y otras más. Los líquenes y musgos, como siempre, abundarán entre las rocas, aunque aquí, a diferencia de los otros sitios, éstos no van a instalarse en las ramas, sino únicamente sobre la corteza del tronco de los pinos.

Tal vez por no estar expuesta directamente a los rayos del sol —lo que protege a las plantas de la desecación—, en la ladera norte del Xitle creció un bosque de oyamel (*Abies religiosa*), en el que se establecieron plantas que no se encuentran en ninguna otra parte del Pedregal, como la barba de San Juan de Dios (*Senecio barba-johannis*), cuyas flores amarillas, al igual que las de su pariente el palo loco, brotan en la temporada seca, y la solariega (*Sibtorpia repens*), de vistosas flores color guinda que sobresalen entre el pequeño montículo vegetal

que forman sus tallos de hojas en forma de riñón.

Finalmente, en esta misma zona de bajas temperaturas y alta humedad, a unos 2 900 metros sobre el nivel del mar, al sureste del Xitle, en las laderas de Cerro Conejo, en los claros que no cubrió la lava crece un bosque de ailes (*Alnus firmifolia*), árbol de hasta 12 m de altura que crece allí junto con madroños, ocotes, ocotes chinos, encinos y huejotes (*Salix oxylepis*). El origen de este bosque, donde crecen arbustos como la perlilla (*Symphoricarpos microphyllus*) y herbáceas como el cardo o cardosanto (*Cirsium ehrenbergii*) y el mirto rojo (*Salvia elegans*), es desconocido, ya que, al igual que los encinares que cubren los cerros Zacaltépetl y Zacayuca y sus alrededores, es probable que siempre hayan estado ahí, aunque también se puede pensar que, con el paso del tiempo, los ailes fueran remplazados por oyameles, continuando su marcha el proceso de sucesión.

Durante siglos el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) habitó los bosques de pino del Pedregal. La caza desmedida lo llevó a la desaparición.

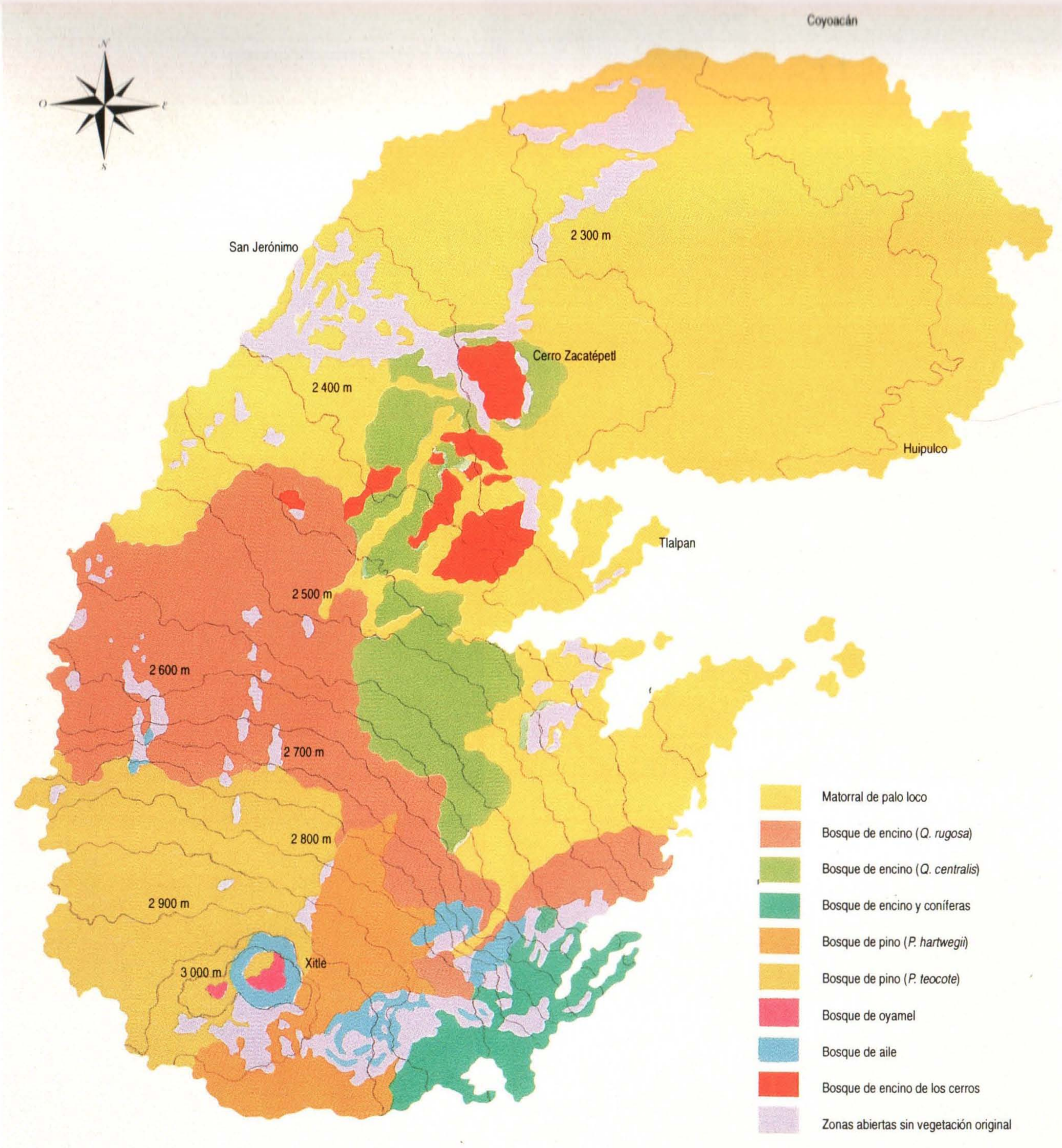
Una zona de gran diversidad biológica

Es prácticamente imposible estimar el tiempo que transcurrió hasta que el Pedregal quedó cubierto por el matorral xerófilo, el lapso que requirieron los árboles para crecer en la parte alta, o cuánto tiempo tendrá que transcurrir para que la parte norte cambie su fisonomía. Lo que es indiscutible es que el proceso de sucesión no ha concluido aún en buena parte del Pedregal y que, debido a las alteraciones producidas por los humanos, no se sabe cuál será su destino.

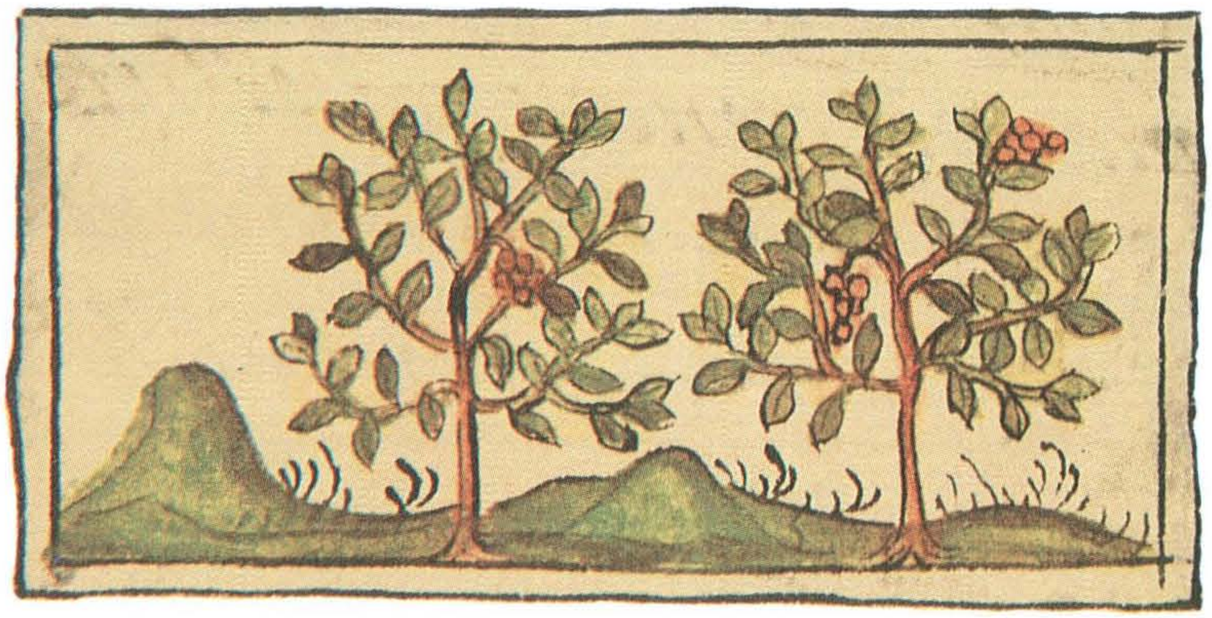
Sin embargo, es posible pensar que por la población tan escasa que tuvo esta zona durante cientos de años, el proceso de sucesión siguió su curso de manera natural, con ligeras alteraciones en sus márgenes, ocasionadas por las actividades humanas que allí se realizaban. Lamentablemente esto no está documentado, por lo que tendremos que mantenerlo como una caja negra. Lo que sí se sabe es que con los españoles llegaron a México una serie de plantas de otras regiones del planeta que encontraron terreno fértil en estas latitudes, afectando severamente la composición, la fisonomía y quizá la estructura de algunas comunidades, pero sin alterar significativamente la superficie del Pedregal, la cual se conservó casi intacta hasta principios de este siglo, por lo que se puede tomar como una aproximación veraz la visión que se forjaron los naturalistas de fines del siglo pasado y los biólogos de las primeras décadas del presente sobre la distribución de sus comunidades, sin tomar en cuenta las plantas y los animales introducidos.

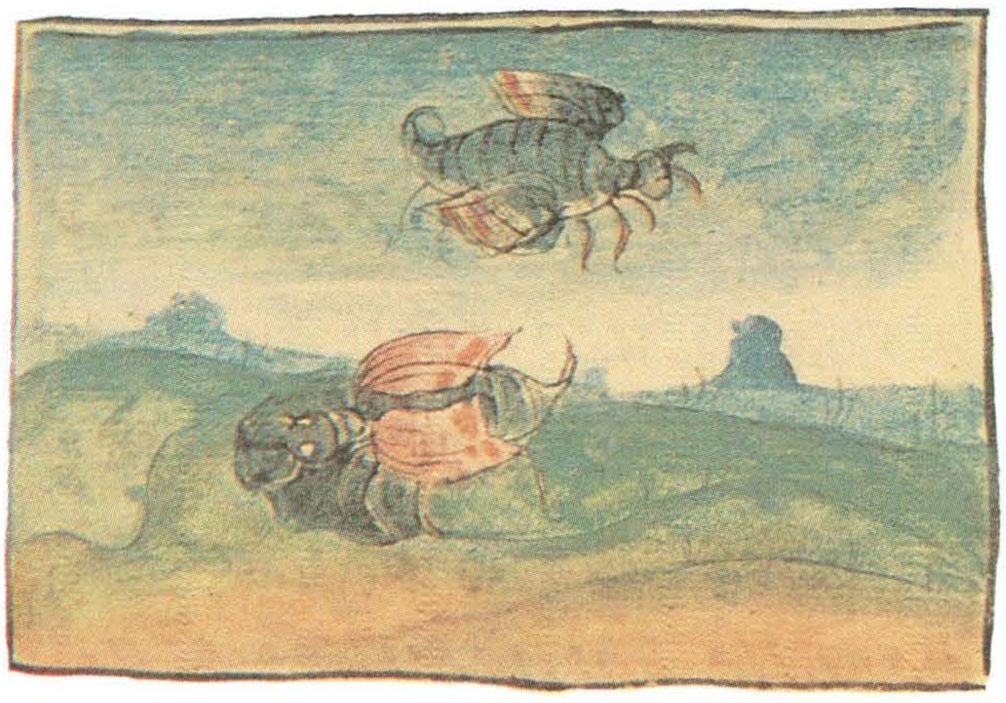
Así, se puede decir que hasta antes de la llegada de los europeos a América, el Pedregal era una zona que presentaba un aspecto similar al que tenía a fines del siglo pasado, esto es, un malpaís cubierto por comunidades bióticas distintas, en diferentes estados de sucesión. Quizá no con los mismos límites que muestra el mapa de la página siguiente, elaborado en 1950 por el maestro Jerzy Rzedowski, pero sí muy probablemente con una diversidad de comunidades y de especies considerable, mayor a la que ha tenido en el último milenio cualquier otra parte de la cuenca de México.

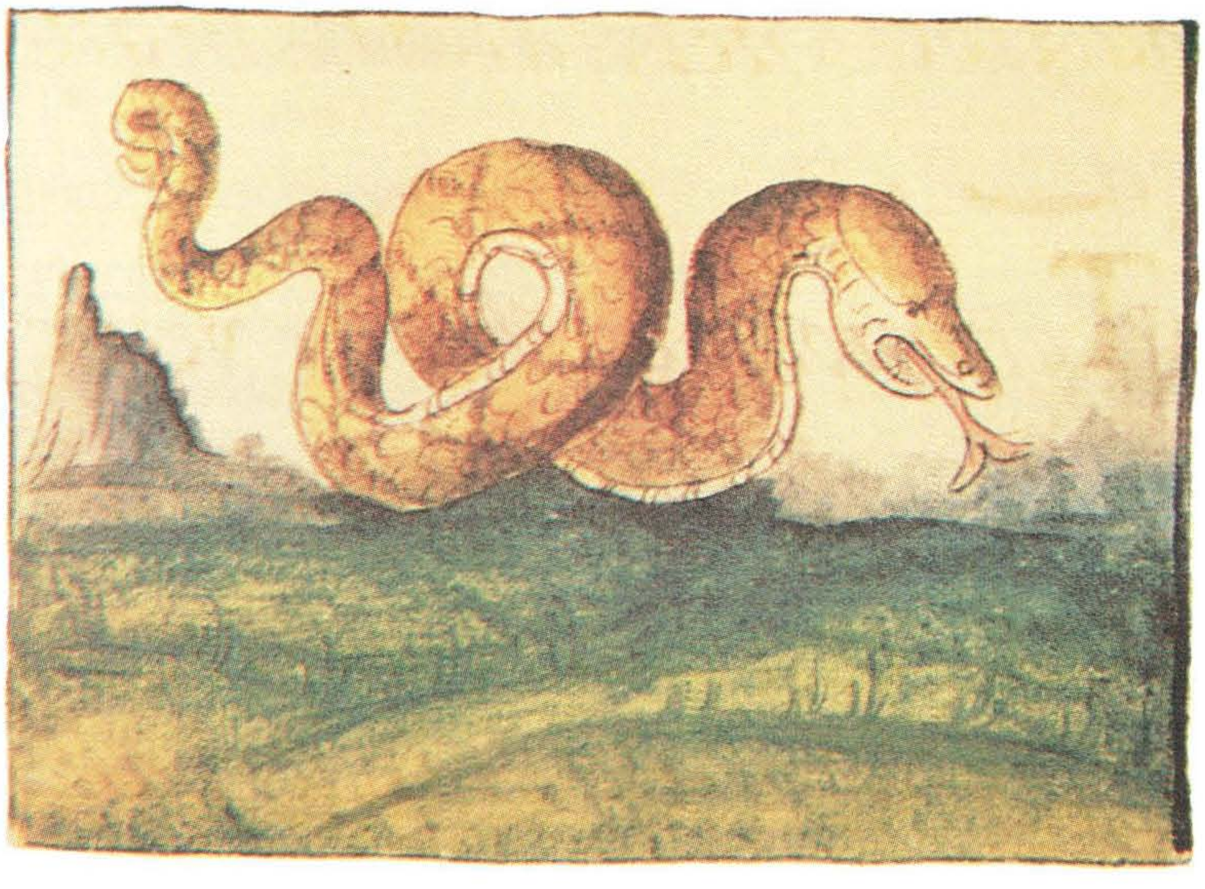
Según estimaciones hipotéticas, en el Pedregal han vivido en los últimos siglos entre 1 500 y 3 000 especies de organismos. Pero si nos basamos en datos reales, es posible pensar que, al igual que hace 50 años, durante varios siglos vivieron ahí cerca de 350 especies de plantas superiores, así como una gran diversidad de helechos, musgos y líquenes, más de 100 especies de aves, cerca de 40 especies de mamíferos, poco menos de 20 especies de reptiles, alrededor de 50 especies de arañas y otras tantas de mariposas. Esto significa que más de la mitad de las especies de plantas, una tercera parte de las de aves y 40% de las de mamíferos conocidas de la cuenca de México vivían en el Pedregal, haciendo de este sitio la zona de mayor diversidad biológica de toda la cuenca durante el último milenio, un espacio que el tiempo había enriquecido ignorando el futuro que la humanidad le deparaba.

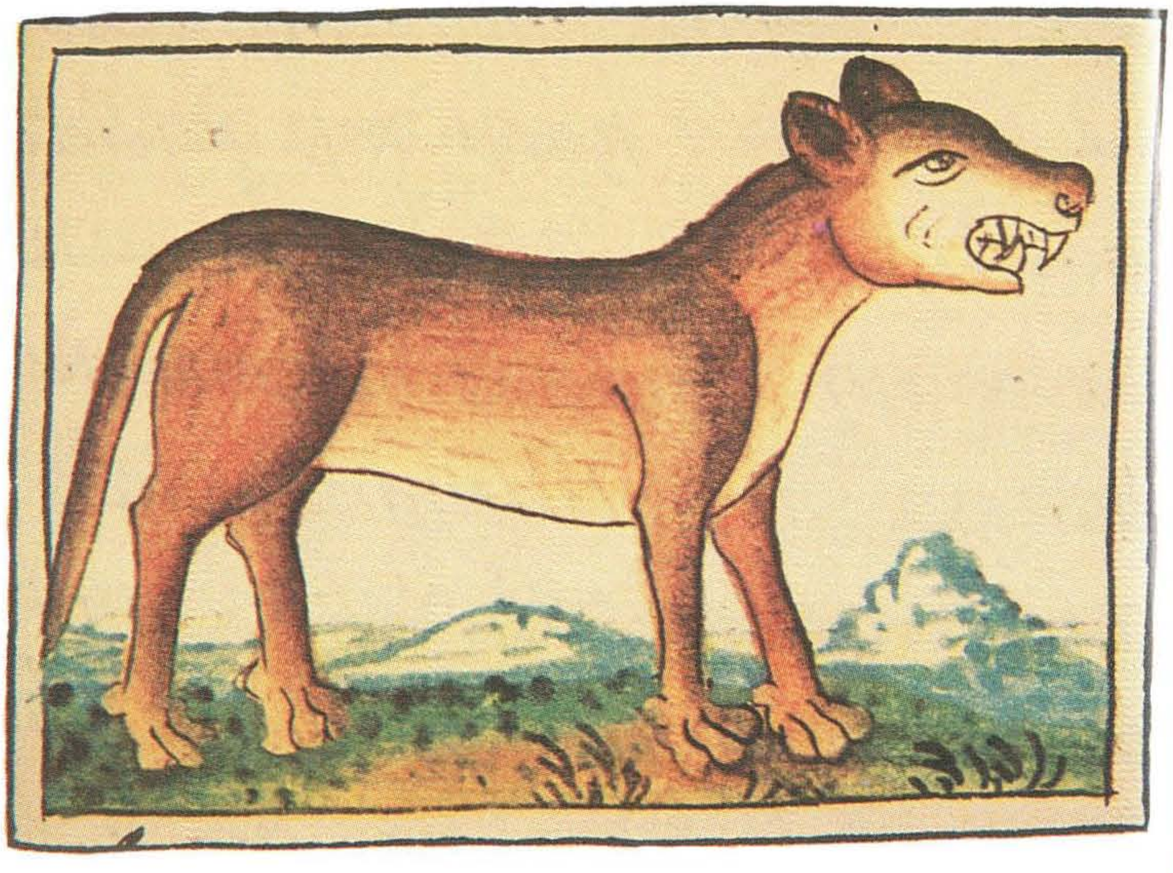

N
O
E
S
Coyoacán
San Jerónimo
2 300 m
Cerro Zacatépetl
2 400 m
Huipulco
Tlalpan
2 500 m
2 600 m
2 700 m
2 800 m
2 900 m
3 000 m
Xitle
Matorral de palo loco
Bosque de encino (Q. rugosa)
Bosque de encino (Q. centralis)
Bosque de encino y coníferas
Bosque de pino (P. hartwegii)
Bosque de pino (P. teocote)
Bosque de oyamel
Bosque de aile
Bosque de encino de los cerros
Zonas abiertas sin vegetación original

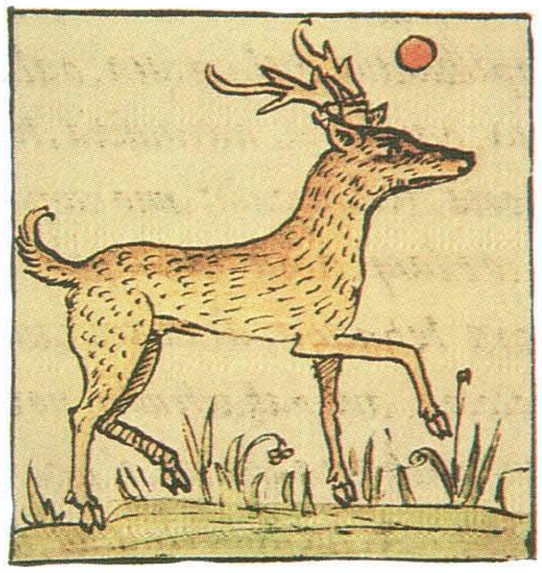
Texcallan, paraje de rocas

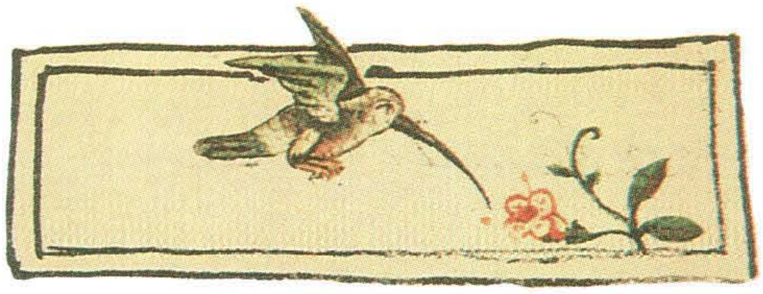


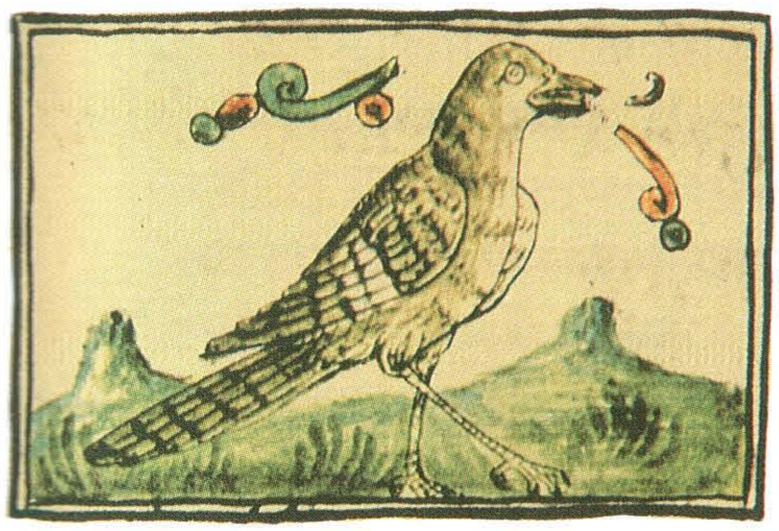


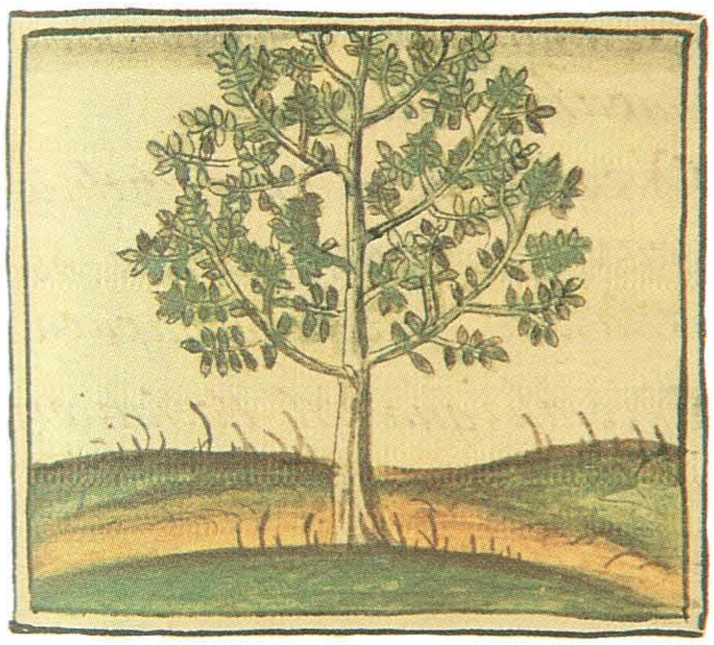


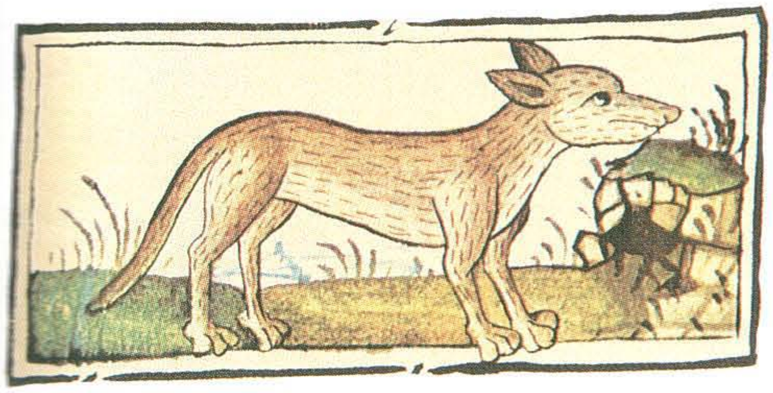


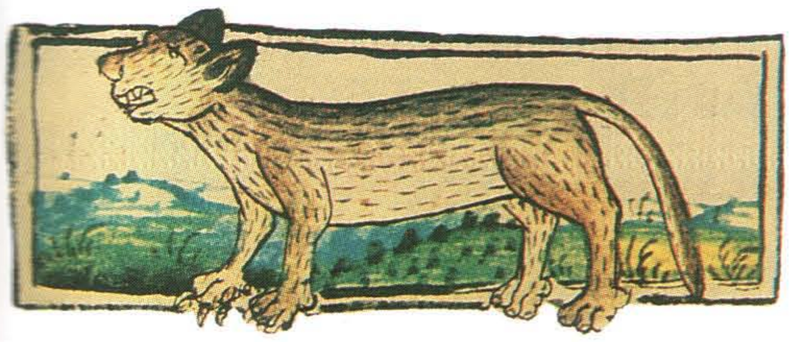










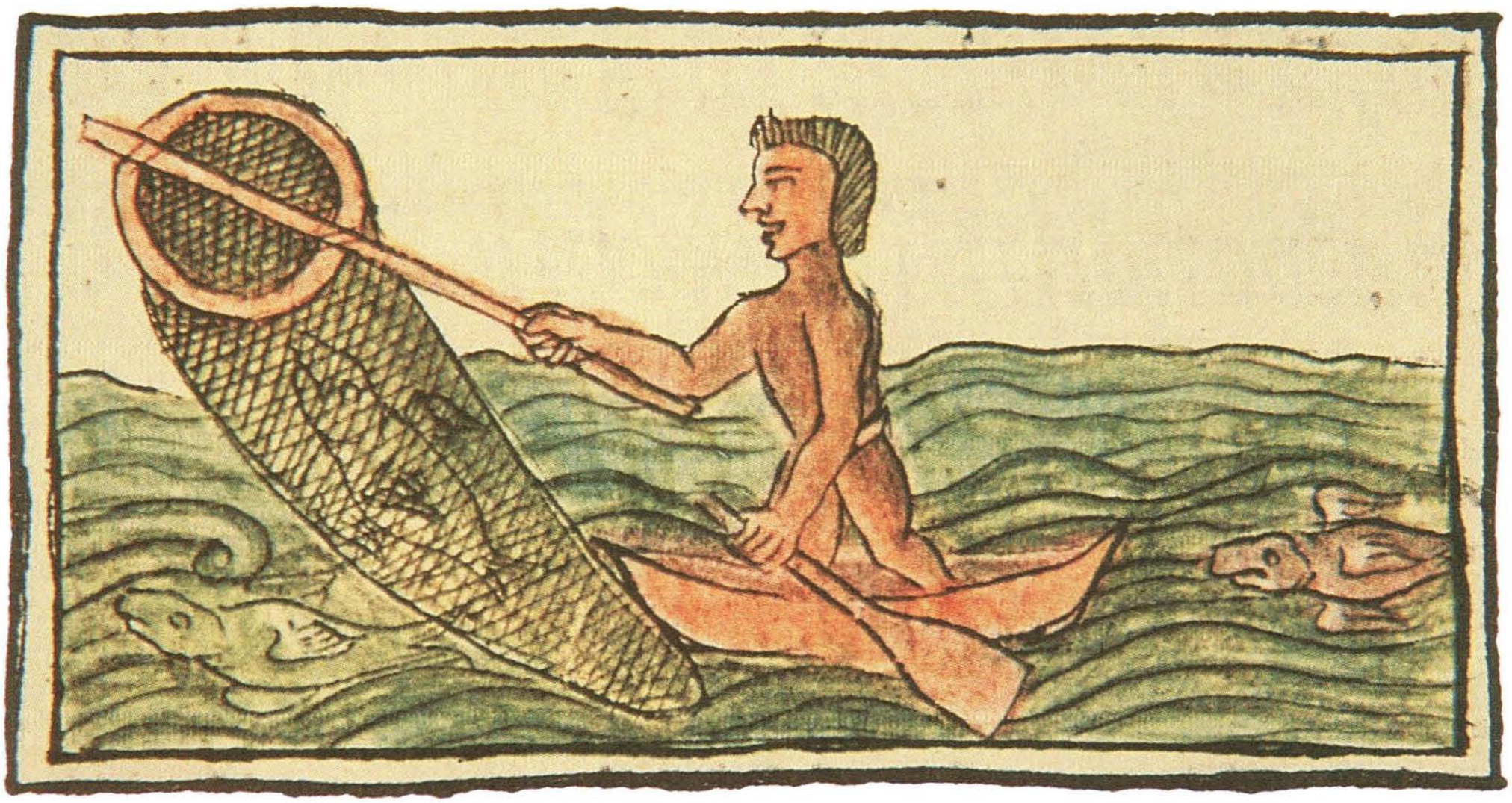


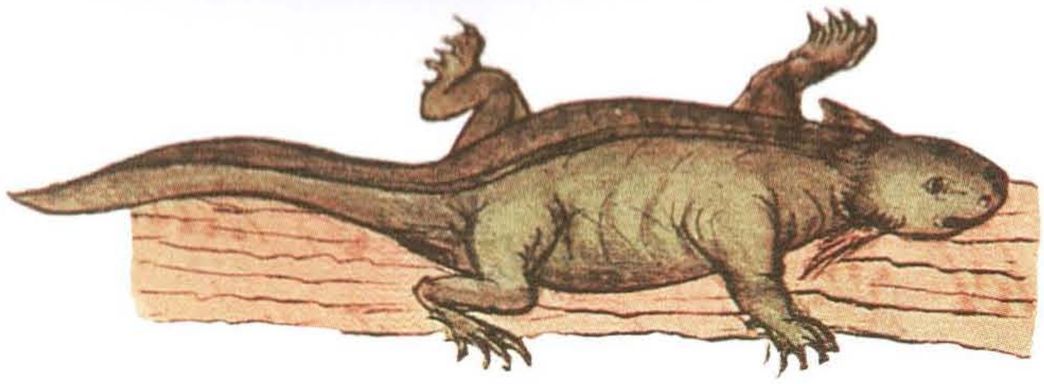
Al mismo tiempo que los primeros organismos iban ocupando el desierto pétreo que dejó la erupción del Xitle, en el noreste de la cuenca Teotihuacan vivió su esplendor y su decadencia, y las migraciones de los pueblos "chichimecas" a la cuenca de México tejieron su parte de historia alrededor del Pedregal. En ella destaca el imperio mexica por el control que llegó a tener de esta zona sometiendo a sus moradores y obligándolos a entregar tributos, entre los que figuraban monumentales piedras talladas para fines religiosos, extraídas del mismo Pedregal, así como el agua que su superficie porosa absorbía y devolvía en abundantes manantiales. Lugar de contacto entre los humanos y los dioses, donde se celebraban ritos y fiestas religiosas, el Pedregal mantenía sus propios ritmos de cambio, mudo testigo del afán de los hombres por preservar el orden del cosmos.

Entre las lavas y el lago

En el momento en que los edificios de Cuicuilco, que para entonces ya estaba totalmente deshabitado, quedaban sepultados bajo las lavas que arrojó el Xitle, un intenso movimiento humano tenía lugar en la cuenca de México. Quizá como una forma de control de la población o tal vez debido a la necesidad de brazos para la construcción y el mantenimiento de su monumental ciudad, los teotihuacanos concentraron a principios de nuestra era casi 90% de la población de la cuenca de México en una gran urbe de más de 100 mil habitantes, la mayoría dedicados a una agricultura intensiva en un área que llegó a tener en su apogeo 20 km^2, y desde la cual dominaron toda la cuenca durante casi ocho siglos.

Se puede decir que durante varios siglos la zona aledaña al Pedregal estuvo casi deshabitada, hasta que, en el siglo IV, ocurrió un ligero reflujo poblacional en la cuenca. Probablemente con el fin de obtener productos específicos, pero sin perder el control de la población, los teotihuacanos fundaron en esa época 10 centros provinciales, 17 pueblos grandes y 77 de menor tamaño y casi 150 caseríos. La especialización productiva de la población corría a la par de la búsqueda de materia prima y alimento —que la consiguiente disminución del número de agricultores hacía más urgente—, así como el reparto de poder, con la creación de centros provinciales, aunque este proceso de descentralización encontraba serias restricciones en las dificulta-



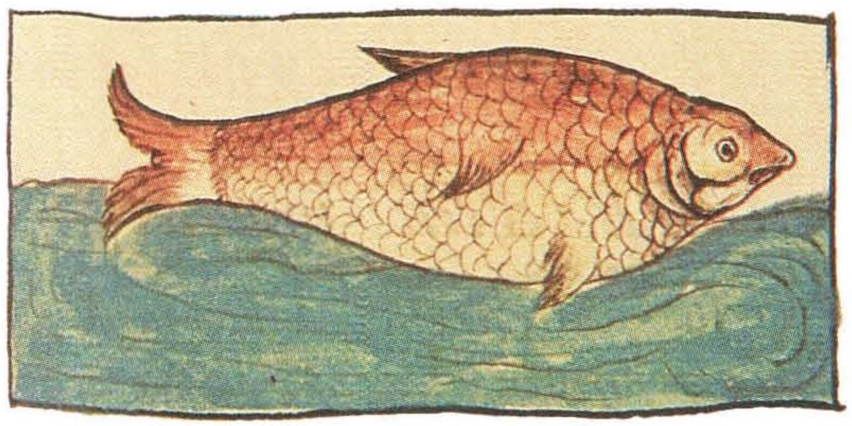


des que implicaba el transporte de productos a un sitio ubicado a 10 km del lago, y que dependía exclusivamente de la fuerza humana.

El área sur de la cuenca, donde se encuentra la parte oriental del Pedregal, llegó a tener en este periodo cerca de 15 mil habitantes, distribuidos en un centro provincial, 20 poblados pequeños y numerosos caseríos. Los pobladores de las laderas de la Sierra de Chichinautzin proporcionaban madera y otros recursos del bosque, mientras que los que vivían en las márgenes del lago de agua dulce de Xochimilco-Chalco, incluyendo los escasos caseríos ubicados entre el lago y las lavas del Pedregal, abastecían a la metrópoli principalmente de aves, peces dulceacuícolas y fibras de tule. El crecimiento poblacional de la zona occidental del Pedregal está menos documentado, pero es muy probable que, dadas sus similares condiciones naturales, éste haya ocurrido de manera parecida.

La decadencia de Teotihuacan en el siglo VIII, cuyas causas siguen siendo objeto de discusión, generó en la cuenca de México una proliferación de centros regionales que con el tiempo alcanzaron concentraciones de hasta 12 mil habitantes, así como de poblados y caseríos, y un aumento demográfico, mientras que en la metrópoli la población se redujo a la mitad y su autoridad desapareció al dejar en manos de las clases dirigentes el destino de los distintos centros, que comenzaron a funcionar a manera de pequeños estados al ejercer una autoridad administrativa y religiosa sobre los poblados y caseríos aledaños.

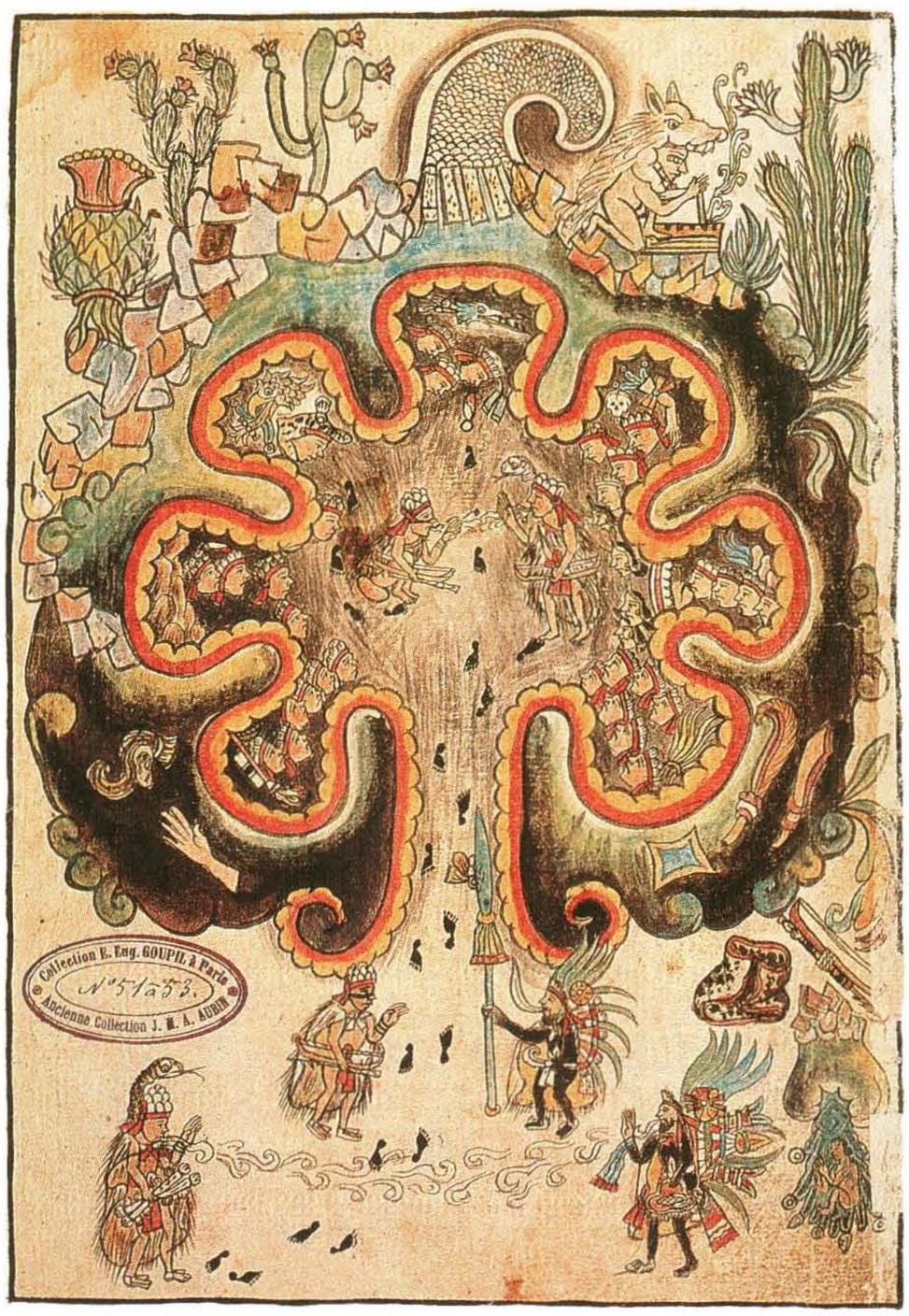
El ajolote, los acociles y los peces lacustres fueron alimento de los habitantes de la cuenca durante siglos. *Páginas anteriores:* plantas y animales del Pedregal. *Página 110, de izquierda a derecha:* coyote, madroño, víbora cincuate, tepozán, camaleón, abejorros, víbora de cascabel y puma. *Página 111:* ardilla, venado, colibrí, cenzontle, encino, zorra gris y cacomixtle. (Ilustraciones del Libro XI del Códice Florentino).



por el poder, el establecimiento de alianzas y el control político de los pueblos de la cuenca. Por sus abundantes manantiales y ríos, los habitantes de los alrededores del Pedregal vivieron este conflicto una y otra vez, sufriendo en estos vaivenes la imposición e influencia de diferentes culturas.

Así, en el siglo X, mientras Teotihuacan vivía su ocaso, la legendaria Tula emergía y Cholula se encontraba en su esplendor, la zona del Pedregal era parte de los dominios de Culhuacán, que formaba

Chicomoztoc, lugar de siete cuevas, es el sitio legendario de donde salieron los mexicas para iniciar su migración. *Página siguiente:* los mexicas asando serpientes en Tizapán (Mapa Tlotzin).



con Tula y Otumba la primera Triple Alianza de que se tiene noticia, dando al Altiplano Central una nueva dimensión política y militar. Sin embargo, culturalmente la zona sur de la cuenca de México se encontraba estrechamente ligada a Cholula, mientras que el norte lo estaba a Tula. La caída de Tula en el siglo XII generó una gran migración de los habitantes del noreste del Altiplano y del norte de la cuenca hacia el sur de la misma, a la que posteriormente se sumó la llegada de los grupos procedentes del norte de México, llamados chichimecas, lo que generó un fuerte incremento poblacional que fue sostenido con una ampliación del sistema de chinampas en el lago de Xochimilco-Chalco.

La migración de grupos chichimecas continuó hasta el siglo XIV y, a pesar de que siempre se asimilaban a la cultura de los pueblos que conquistaban, su carácter belicoso no dejó de provocar modificaciones en las relaciones políticas de la cuenca de México. En el siglo XIII los chichimecas guiados por Xólotl fundaron Tenayuca al occidente de la cuenca, establecieron alianzas con los pueblos que la habitaban y brindaron apoyo a tepanecas, acolhuas, otomazahuas, colhuaques y demás grupos chichimecas que seguían llegando a esta zona. El poderío de éstos se hizo sentir y en poco tiempo lograron controlar toda la cuenca. La nueva Triple Alianza se constituyó con los acolhuas, asentados en Texcoco y Coatlinchan; Atzcapotzalco, fundado por los tepanecas, y Culhuacán, que no perdió su lugar y mantuvo su dominio sobre la zona del Pedregal. Precisamente en esta época hace su entrada un nuevo grupo de chichimecas: los mexicas.

Durante mucho tiempo se ha pensado que el

Pedregal fue el escenario del largo y penoso peregrinar de este grupo que, después de ser expulsado de Chapultepec por los tepanecas, se refugió en Tizapán. Cuenta la historia que, temerosos de su temperamento guerrero, los culhuas ofrecieron a los mexicas este sitio "donde se criaban muchas víboras, culebras y sabandijas ponzoñosas", seguros de que "presto los acabarían", como lo relata el Códice Ramírez, pero, para su sorpresa, los mexicas terminaron por hacer de víboras y demás alimañas su alimento, y allí permanecieron durante 25 años. Parece, sin embargo, que este legendario lugar, homónimo de Tizapán, San Ángel, se encontraba más bien al norte del lago de Xochimilco, también territorio de los culhuas, lo que de cualquier manera no dejaría al Pedregal fuera de esta historia, ya que es muy probable que en su camino a Culhuacán los mexicas lo hayan percibido, o bien, que durante su estancia en territorio culhua lo hayan visitado con cierta frecuencia, pues posteriormente, siguiendo la tradición mesoamericana de hacer de un cerro su dios patrono al establecer un nuevo poblado, escogerían el cerro de Zacatépetl, convirtiendo este lugar en un sitio de ritual.

Los culhuas terminaron por echar a los mexicas, que por fin dejaron de errar por el mundo en el año 1325 en que fundaron Tenochtitlan, cuya ubicación estratégica les confirió un cierto margen de movimiento, pero sin librarlos del yugo de sus enemigos los tepanecas, quienes vivían una época de expansionismo extendiendo su dominio sobre todos los poblados de la cuenca de México, incluidos aquellos ubicados en los alrededores del Pedregal. Ya establecidos en el islote, los mexicas se dedicaron afanosamente a ganar terreno al lago para cultivo y vivienda, al tiempo que cumplían con los tributos que Atzcapotzalco les imponía y se insertaban en el juego de alianzas políticas que existía en la cuenca. Los mexicas de Tlatelolco aceptaron un *tlatoani* tepaneca, mientras que los de Tenochtitlan lo hicieron venir de Culhuacán, y ambos grupos participaron como mercenarios en las campañas expansionistas de Atzcapotzalco, principalmente en las emprendidas hacia el sur de la cuenca, lo que les valió una reducción en el tributo, extender su territorio y fortalecerse militarmente.

No se sabe con certeza en qué momento la zona del Pedregal pasó de manos de los culhuas a las de los aguerridos tepanecas, pero para el siglo XV, esta zona en la que abundaban los coyotes tenía como centro rector a Coyoacán, que dominaba desde Atlacuihuayan, hoy Tacubaya, hasta Tlalpan, Pedregal incluido, y que constituía un punto importante en la geografía política tepaneca, al grado de que el *tlatoani* de Atzcapotzalco, Tezozómoc, artífice del imperio, nombró Señor de Coyoacán a su hijo Maxtla. Se conoce poco de su desempeño como gobernante de esta zona, pues la fama le viene de la irreparable crisis que creó al usurpar el puesto de su difunto padre sin respetar las reglas establecidas, y que se agravó cuando, llevando aún más lejos sus ambiciones, quiso dominar la Triple Alianza, oportunidad que los mexicas aprovecharon para —alianzas de por medio— derrocar al pequeño tirano y formar una nueva Triple Alianza con Texcoco y Tlacopan. Después de un sitio de 114 días, cayó Atzcapotzalco y Maxtla escapó, dejando a su hijo Tecolotzin como Señor de Coyoacán.

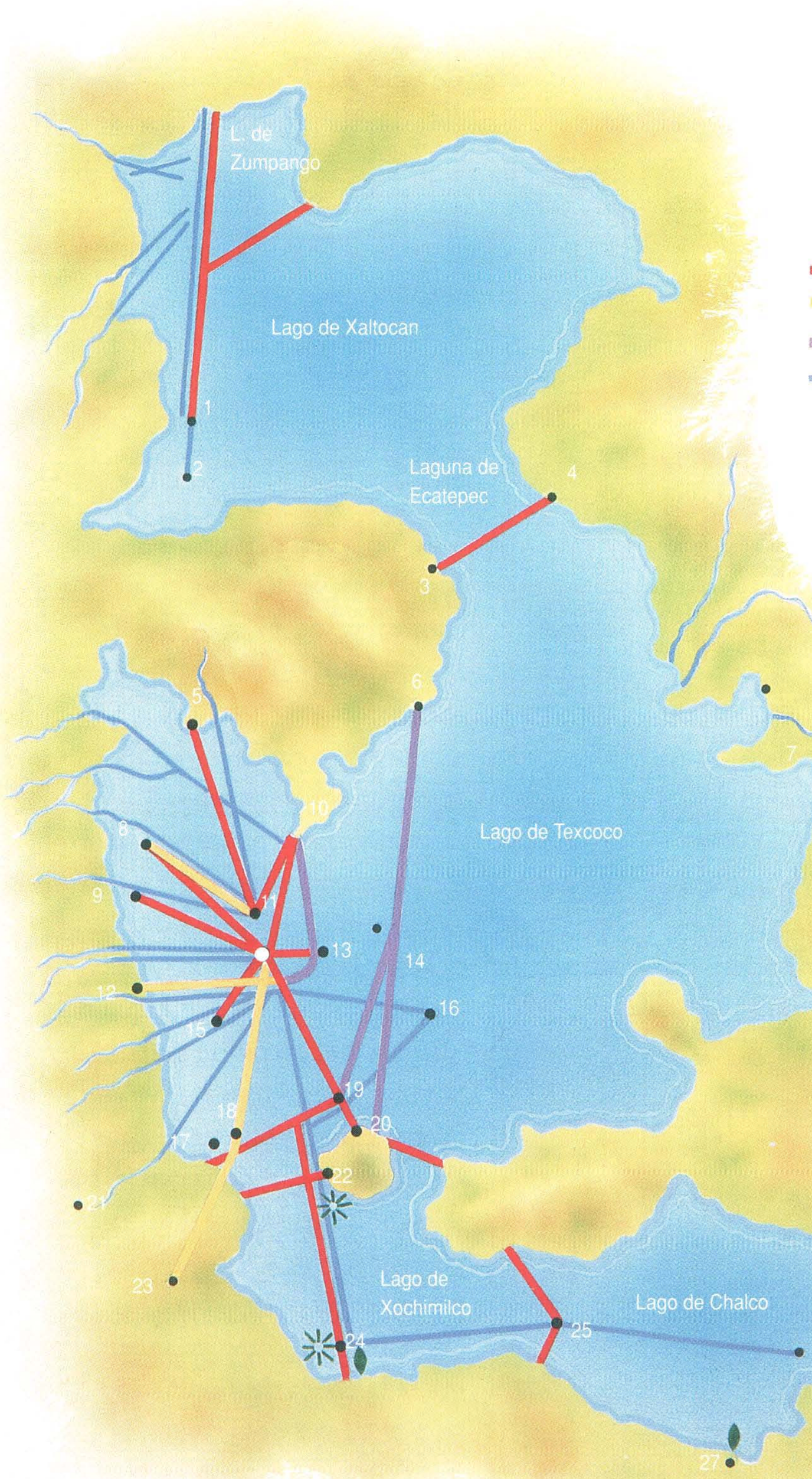
La era mexica

A partir de ese momento, año de 1428, se inicia la expansión de los mexicas, que en menos de un siglo llegaron a ejercer su influencia hasta Centroamérica. A mediados del siglo XV, tras una sangrienta batalla, la zona del Pedregal fue sometida por los ejércitos de Moctezuma Ilhuicamina. Los tepanecas de Coyoacán aceptaron la supremacía mexica y prometieron enviar como tributo frijol, pepita, amaranto, chía y maíz "para todos los tiempos de los años", madera y "piedras de peñas para casas", a lo que se añadirá después una inmensa cantidad de plumas de aves de muy diversos tamaños y colores. Para fines de ese mismo siglo, los señores de Tenochtitlan ya habían logrado un dominio absoluto sobre la cuenca de México, obligando a sus más de 800 mil habitantes a surtir de alimentos, sal, cerámica, materiales para construcción y una plétora más de productos, a las casi 200 mil almas que vivían en Tenochtitlan, que para entonces ya casi habían abandonado las labores agrícolas. La especialización productiva no era total, salvo en algunas zonas como las del lago de Texcoco, cuyas aguas saladas no permitían el establecimiento de chinampas, pero que resultaban muy propicias para la obtención de sal, o la zona lacustre de Xochimilco y Chalco, donde más de 10 mil hectáreas de chinampas eran cultivadas de manera intensiva para poder satisfacer la demanda de la metrópoli y de otras zonas de la cuenca de bajo potencial agrícola.

Aunque había productos de importancia que venían de fuera de la cuenca, como el cacao y la vainilla, se estima que el millón de personas que la poblaban vivían esencialmente de lo que en ella se producía. La densidad de chinampas, terraplenes, campos y terrazas irrigadas, así como su uso intensivo —en que descansaba este milagro de autosuficiencia—, fue posible gracias al sistema de manejo hidráulico de toda la región lacustre que se consolidó en la época mexica. Dicho sistema les permitía controlar el flujo de agua de un lago a otro por medio de una serie de diques, muchos de los cuales funcionaban también como calzadas de hasta 7 m de ancho, y que si su ubicación lo requería, tenían compuertas para regular el flujo del agua. El dique de Ecatepec separaba los lagos del norte, el de Chalco estaba delimitado por los 4 km de largo del dique de Tláhuac, Xochimilco por los diques que iban de Coyoacán a Culhuacán e Iztapalapa y del Cerro de la Estrella a la Sierra de Santa Catarina; y a Tenochtitlan se la libró de las aguas de Texcoco con un dique de 16 km de longitud, que iba del

Tzuzuma se opuso a que se llevaran las aguas del manantial Acuecuextla (*izquierda*) a Tenochtitlan, lo que le costó la vida. Los mexicas controlaban la cuenca por medio de un complejo sistema hidráulico.

MAPA DE LA CUENCA CON LAS OBRAS HIDRÁULICAS



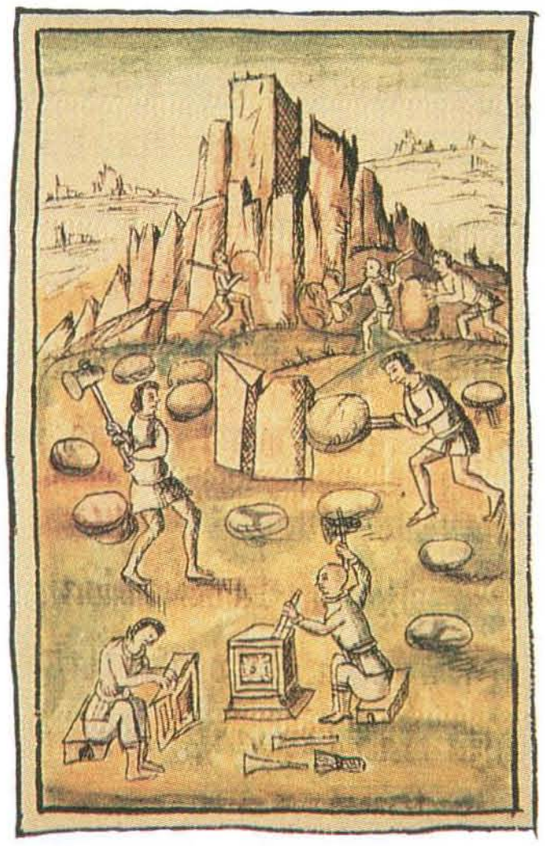
- calzadas/diques
- acueductos
- albarradones
- acequias
- chinampas
- puerto de canoas

Tenochtitlan

1. Cuautitlán
2. Tultitlán
3. Ecatepec
4. Chiconautla
5. Tenayuca
6. Santa Clara
7. Texcoco
8. Atzcapotzalco
9. Tacuba
10. Tepeyac
11. Tlatelolco
12. Chapultepec
13. San Lázaro
14. Peñón
15. La Piedad
16. Pantitlán
17. Coyoacán
18. Churubusco
19. Mexicalzingo
20. Iztapalapa
21. San Jerónimo
22. Culhuacán
23. San Agustín
24. Xochimilco
25. Tláhuac
26. Chalco
27. Ayotzingo

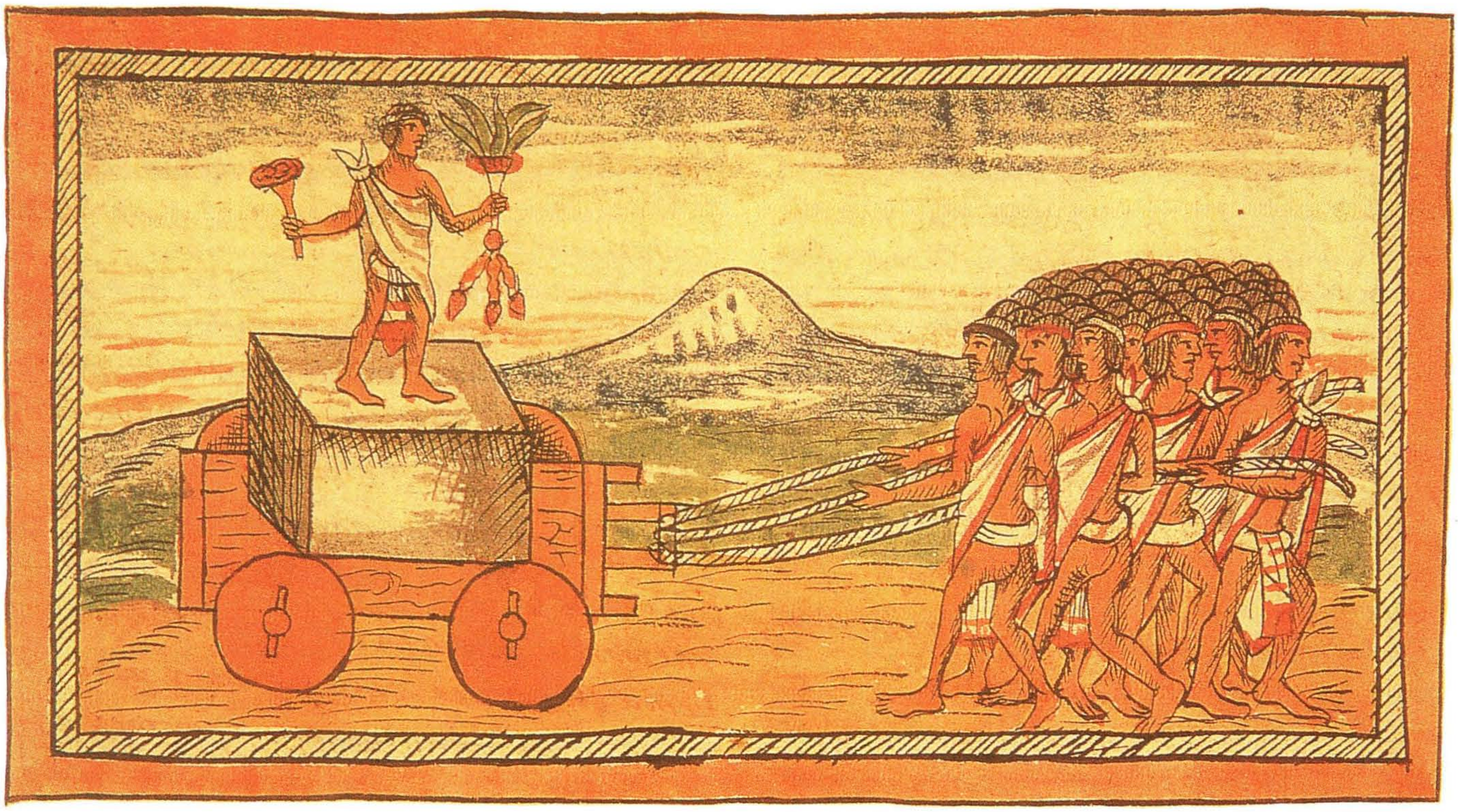
sur de la Sierra de Guadalupe a Iztapalapa —monumental obra que pasó a la historia con el nombre de "el albarradón de Nezahualcóyotl". El esfuerzo que requirieron estas obras fue descomunal, y la tecnología empleada, en la que destacaban los sabios texcocanos, no es menos impresionante. En el interior de la laguna de Tenochtitlan, los mexicas trazaron una compleja red de diques, canales y acequias que confluían en la isla, y que se conjugaban en un sistema que permitía drenar el agua en caso de inundación, canalizarla para riego, regular el transporte lacustre, establecer vías de comunicación terrestre y servir de defensa o ataque en caso de guerra.

En la cuenca de México, el poderío de Tenochtitlan, aparte de estar asentado en sus feroces guerreros águila y los mal llamados tigre, sus hábiles comerciantes y sus influyentes recaudadores de tributos, también se basaba en el buen funcionamiento de este sistema hidráulico —que por supuesto no adolecía de defectos—, razón por la que su política de dominación lo incluía plenamente. Las codiciadas aguas de la zona del Pedregal de San Ángel no escaparon al "hidrocentrismo" mexica. En 1499, ante la escasez de agua que vivía la capital, Ahuizotl solicitó a Tzuzuma, Señor de Coyoacán y célebre por sus dotes de hechicero, el desvío de las aguas del manantial Acuecuextla para hacerlas llegar a la sedienta Tenochtitlan. El sabio Tzuzuma advirtió al *tlatoani* lo abundante que podía llegar a ser el caudal de ese ojo de agua, así como los peligros que su desvío entrañaba. Ahuizotl creyó ver en esta advertencia una negativa y mandó a sus guerreros atacar Coyoacán y matar a Tzuzuma, cuyo cuerpo, cuentan, fue arrojado en medio del Pedregal, y se dice que en ese sitio brotó un manantial.



Inmediatamente después, cuenta fray Diego Durán, Ahuizotl hizo venir a sus súbditos "así de Tierra Fría como de Tierra Caliente". Los de Chalco llegaron con madera y estacas, los de Texcoco trajeron piedras livianas, y pesadas los tepanecas, mientras que de la cal se encargaron los de Tierra Caliente. De todas partes llegaba gente con distintos materiales, así como los mejores maestros de obras, y buzos que bajaban "a cerrar todos los desaguaderos y venas por donde desaguaban". Eran tantos los que en esa obra trabajaban, que parecían "hormigas en hormiguero", y tan bien hecho quedó el obraje, que en poco tiempo recuperó su nivel la laguna de México, y en un tanto más se anegó por completo, ocasionando terribles daños a las cosechas y habitaciones de sus moradores, en particular al mismo Ahuizotl, quien se dice recibió un fuerte golpe al ser aventado por el torrente que entró a su palacio, y le ocasionó la muerte. Nuevamente se movilizaron los pueblos de la cuenca, y se dice que bajo la dirección de los de Texcoco, terminaron por cegar el ojo de agua.

Asimismo, como ya se vio, durante la época de dominación mexica, y tal vez desde antes, la zona del Pedregal fue también un lugar



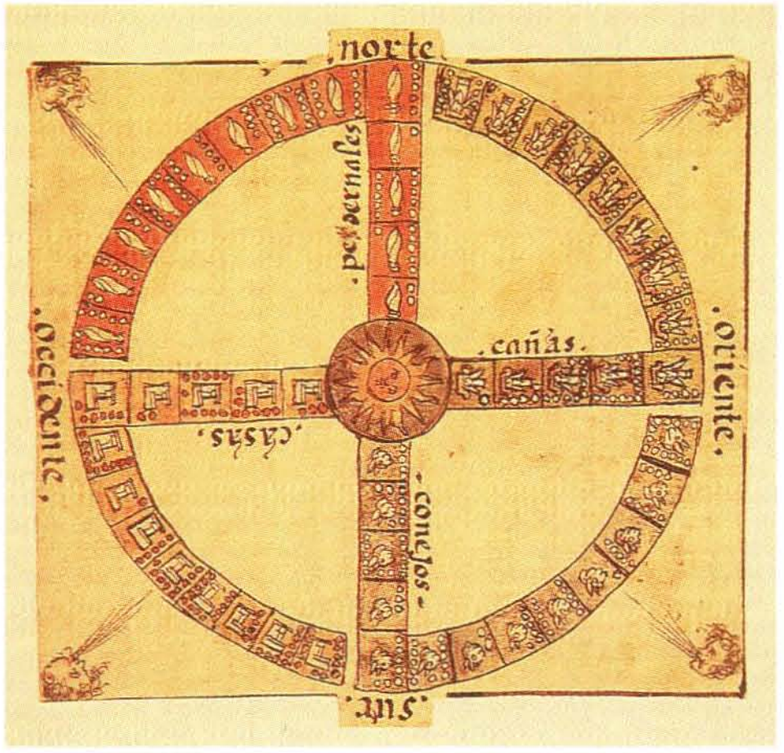
de abasto de piedra para construcción, y de talla de grandes piezas rituales, arte en el que los tepanecas de Coyoacán mantuvieron su prestigio durante siglos. Aparentemente, la participación de los habitantes de Coyoacán y sus alrededores en las grandes obras hidráulicas del imperio mexica fue bastante activa. Se sabe que estuvieron en la construcción del dique y calzada que iba de Tenochtitlan a Tlacopan y del que unía Coyoacán con Iztapalapa, y que no faltaron en la edificación de una especie de cerco, cuyos fines se desconocen, que se levantó alrededor de Chapultepec, en donde se encontraban el zoológico y los jardines del gran *tlatoani*.

Se cuenta también que en el año 8-Tochtli, 1474, el *tlatoani* Axayácatl mandó a los habitantes de esta zona arrancar un bloque de grandes dimensiones al Pedregal para labrar en él una piedra para uso ritual. Ésta fue tan grande y tan pesada, que se dice se necesitaron 50 mil hombres para desplazarla, y que a pesar de ello, se cayó al lago y se hundió al cruzar el puente de Xoloc. No queriendo quedar mal con el *tlatoani*, el Señor de Coyoacán mandó tallar una más grande, y se cuenta que fue tan bien recibida que durante años engalanó la Plaza Mayor de Tenochtitlan y que posteriormente fue bautizada como "Piedra del Sol" o "Calendario Azteca".

Los mexicas sometieron a los tepanecas de Coyoacán, quienes se vieron obligados a enviar a Tenochtitlan piedras talladas que extraían de las canteras del Pedregal. La más famosa de ellas es la que pidió Moctezuma para el Templo Mayor, y cuya caída al lago, se dice, fue tomada como mal augurio.

"En el vientre de nuestra madre"

Los mexicas o antiguos nahuas creían que la Tierra estaba constituida por cuatro grandes gajos que confluían en un círculo que se encontraba en el centro, rodeados de los mares, y cuya historia se dividía en cuatro periodos, cada uno de ellos dominado por el dios gobernante de cada gajo, bajo la forma de un sol. Ubicada en el centro del círculo, la era presente, la del Quinto Sol llamado *Nahui Ollin*, era la del hombre verdadero. Cada nueva era se originaba a partir de un caos en el que los dioses morían al unirse en un acto sexual, y sus esencias pasaban a los nuevos seres que se creaban o quedaban encerrados bajo la corteza de los cerros. Los cerros eran, por lo tanto, considerados lugares de origen y morada de los santos patronos, dioses que cuidaban de los hombres, les prodigaban las lluvias y abundantes cosechas, y los protegían en la guerra. Así, cada vez que se fundaba un pueblo, los dioses patronos ocupaban un cerro aledaño o se transformaban en él.



La morada del dios patrono de los mexicas era el Cerro del Zacate o Zacatépetl, ubicado en medio del Pedregal. A ese lugar, que era considerado parte de un sistema montañoso llamado *Ixillan Tonan*, que quiere decir "en el vientre de nuestra madre", el día 10 de *quecholli*, décimo cuarto mes del calendario mesoamericano, llegaban de Tenochtitlan y Tlatelolco los mexicas a celebrar un rito de caza dedicado a Mixcóatl, y para rendir culto a Huitzilopochtli y a los muertos. "A aquellos montes que llaman Zacatépec, y dicen que es su madre aquel monte" cuenta fray Bernardino de Sahagún, llegaban los mexicas después de 5 días de minuciosa preparación. "El día que llegaban hacían xacales o cabañas de heno, y hacían fuegos, y ninguna otra cosa hacían aquel día. Otro día, en amaneciendo, luego almorzaban todos y salían al campo, y hacían una ala grande [se ponían hombro con hombro formando una gran malla humana], donde cerca-

ban muchos animales, ciervos, conejos y otros animales, y poco a poco iban juntando hasta acorralarlos todos. Entonces arremetían y cazaba cada cual lo que podía".

Este rito y todos los practicados por los antiguos nahuas, eran vistos como la manera en que se debía recibir a los dioses y, por la regularidad en que éstos se mueven, tenían que ser realizados en un lugar y en un tiempo específicos. Los ritos eran concebidos como una forma de pago y una petición, y servían para alimentar a los dioses, por lo que su omisión podía acarrear un castigo. Por los motivos que se han encontrado grabados en algunas rocas del Pedregal, se piensa que en este lugar se practicaban varios rituales. El monumental petroglifo de casi 12 metros de largo que representa una serpiente emplumada, que se encontraba entre el pueblo de la Candelaria y el Zacatépetl, junto con la figura de un mono y un caracol, así como los dibujos de un batracio, una cabeza de lagarto con el numeral dos y una flor, hallados cerca de las Fuentes Brotantes de Tlalpan, y un pato*lli* —juego ritual—, un ave, una serpiente y otros más, cuya ubicación precisa se desconoce, son testimonio de la actividad ritual que tuvo lugar en este sitio.

¿Qué ceremonias se realizaban y por qué en el Pedregal? No se sabe con certeza. Hay quienes piensan que la elección de este sitio se debió a que el matorral que lo cubría se parecía a la vegetación del sitio de donde salieron los mexicas, que se supone debió estar en alguna zona árida del norte del país. Lo que tal vez sí se puede afirmar es que el Pedregal era un lugar de contacto entre los humanos y sus dioses, y donde los ritos realizaban el milagro de la permanencia del orden del cosmos.

Lámina de la *Historia de las Indias de Nueva España*, de fray Diego Durán, que describe el rito de caza que los mexicas celebraban en el Pedregal y señala en las columnas las fechas en que ello ocurría, las cuales se encontraban inscritas en el calendario ritual de 52 años. *Página anterior:* petroglifos hallados en el Pedregal, cuyo paradero actual se desconoce.

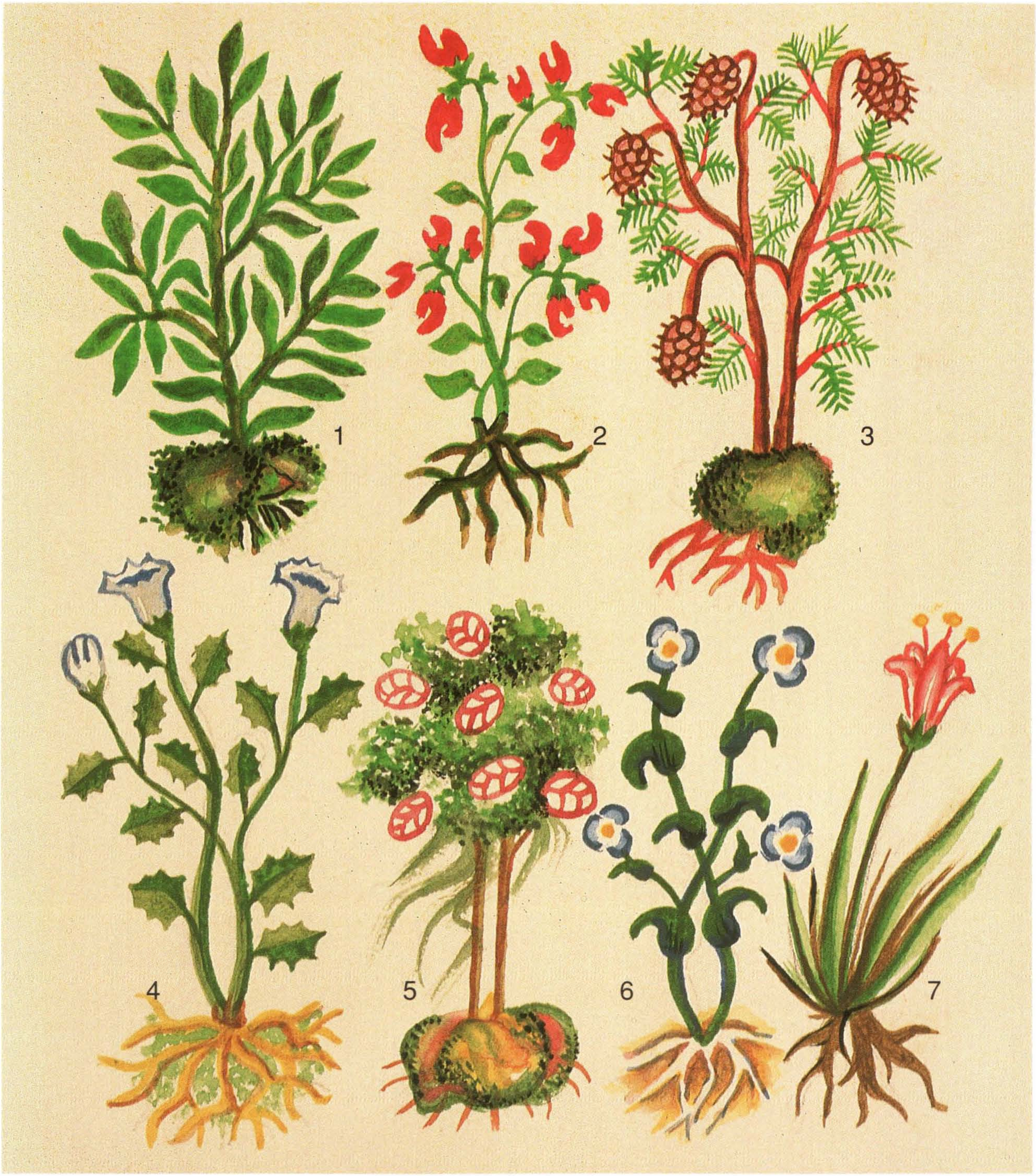
Tetetlan, lugar de piedras

Hasta principios del siglo XVI, el Pedregal era una isla de vegetación natural rodeada de varios poblados, en la que flora y fauna se encontraban prácticamente inalteradas. Se puede pensar que las breves incursiones en sus márgenes para extraer alguna planta de *tlayapaloni* (*Cissus sicyoides*)

para curar con su raíz los furúnculos, o atrapar un chupamirto y despojarlo de sus hermosas plumas, juntar algo de leña o hacerse de una liebre, así como la extracción de piedra de sus canteras, no tenían repercusión alguna en su composición ni en su proceso de sucesión. Quizá el único cambio habría sido la incursión a esta zona del zanate (*Quiscalus mexicanus*) —ave de color oscuro que con frecuencia es confundida con el cuervo—, originario de tierras bajas y que llegó a la cuenca de México a fines del siglo XV por un capricho del *tlatoani* Ahuizotl, quien quería acrecentar su colección de aves exóticas, y que al parecer se escapó, dispersándose por la cuenca de México. Tal vez su agresividad para con otras aves y su capacidad de alimentarse de casi cualquier cosa le permitieron aumentar su presencia en el Pedregal y competir con varias especies de aves que ya llevaban un buen tiempo viviendo allí, ocasionando quizá algunas ligeras alteraciones.

La cercanía de los bosques de Contreras y del Ajusco, ricos en madera y animales como el venado, y la baja densidad de la población de los alrededores del Pedregal, permiten suponer que hasta esta época la vegetación y la fauna de este lugar de piedras, *Tetetlan*, mantenían su propia dinámica, tolerando año con año los distintos rituales con que los antiguos mexicanos buscaban mantener la continuidad de los ciclos cósmicos, continuidad precaria que el fatídico año de 1521 quedaría irremediablemente interrumpida.

Representación del zoológico del emperador (Códice Florentino). *Página siguiente:* algunas de las plantas del Pedregal incluidas en el Códice De la Cruz-Badiano. 1. *Alnus* sp. 2. *Wigandia* sp. 3. *Abies* sp. 4. *Datura* sp. 5. *Cupressus* sp. 6. *Commelina* sp. 7. *Zephyrantes* sp.


1
2
3
4
5
6
7

El malpaís y sus transformaciones

Poniente

S.n Bartolme.

Ojos de Agua, manantiales.

A

E

Aqui la presa del agua, p.a la hazienda, de piedras movedissas.

Aqui la toma de la agua p.a el Comvento.

C

B

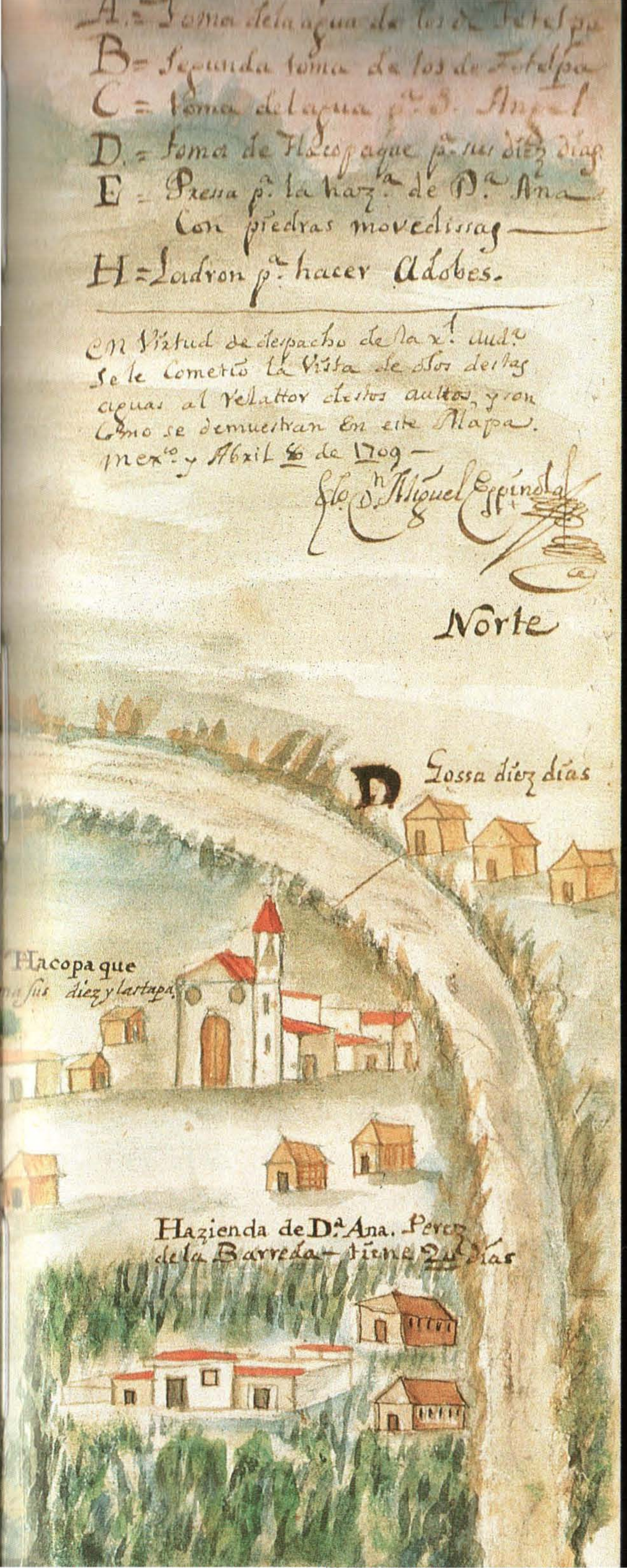
Aquí la toma dela agua q.e ba a Tetelpa

Aquí es el Olivar de S.t Angel

H

Pueb.o de Tetelpa.

Collexio de S.n Angel.



La llegada de los españoles modificó no sólo las relaciones existentes entre los pueblos de la cuenca de México sino su paisaje, al introducir en él nuevas especies de plantas y animales procedentes de Europa y de otras partes del mundo, que, al igual que los hombres, pelearon por el espacio con las nativas, integrándose a distintos ambientes naturales solamente aquellas cuyas características biológicas les conferían una mayor capacidad de adaptación a la vida silvestre del Nuevo Mundo. El Pedregal de San Ángel, denominado "malpaís" por los españoles, no fue la excepción, y su composición y estructura, así como su proceso de sucesión, quedarían alterados por esta historia natural que corrió paralela a la historia humana.

El regreso de Quetzalcóatl

La aparición de un cometa, las gigantescas olas que se levantaban en el lago sin que soplara una sola brizna de viento, los lamentos nocturnos de una voz de mujer prediciendo desgracias y ruina, y una variante de la historia de la gran piedra arrancada al Pedregal —salvo que esta vez, según otras fuentes de 1511, al caer del puente el monolito comenzó a hablar vaticinando la caída de Moctezuma Xocoyotzin—, son parte de una serie de presagios que fueron creando una atmósfera de fatalidad hacia el futuro que se avecinaba para el Estado mexica.

En este contexto, el anuncio de la llegada a tierras mexicanas de unos seres desconocidos hizo surgir supuestamente en el temeroso *tlatoani* la idea del prometido regreso de Quetzalcóatl, quien venía a disputar el poder a los seguidores de Huitzilopotchtli. El resto de la historia es por demás conocido: la grandiosa recepción que prodigó Moctezuma a los españoles en Tenochtitlan en el año de 1519, la masacre del Templo Mayor, la derrota de

los conquistadores en aquella su Noche Triste y la preparación del contrataque que terminaría con el doloroso sitio de casi 100 días a la capital mexica y en el que perecieron miles de indios, víctimas de la violencia, el hambre, la sed y, sobre todo, de la viruela, fiel aliada del ejército conquistador y ante la cual los indios del Nuevo Mundo se encontraban inmunológicamente desarmados.

Su cercanía al lago, sus vías de comunicación terrestre y su estratégica ubicación entre los lagos del sureste y los del centro, hicieron que Hernán Cortés se interesara en Coyoacán y ordenara a Cristóbal de Olid tomarlo. Tras la batalla, Cortés se retiró a este lugar a celebrar su triunfo con un legendario banquete en el que el vino corrió profusamente, no faltó la carne de cerdo, ni la animación que la presencia de varias mujeres españolas e indígenas le prestaron, hasta tal punto que terminó con una amonestación de fray Bartolomé de Olmedo y en un gran malestar por los excesos de esa noche y lo exiguo del botín, del cual algunos pensaron se había apropiado el mismo capitán general, lo que dio pie a los primeros *graffiti* de que se tiene noticia en Coyoacán. "No nos nombremos conquistadores de Nueva España, sino conquistados de Cortés; Diego Velázquez gastó su hacienda y descubrió la costa hasta Pánuco, y la vino a gozar Cortés. ¡Oh, qué triste el alma mía hasta que todo el oro que tiene tomado Cortés y escondido, lo vea!", junto a otros textos más que aparecieron en las paredes de la casa donde se alojaba Cortés, quien como buen militar dio muestras de su espíritu de combate escribiendo en el mismo sitio: "Pared blanca, papel de necios", a lo que el vulgo contestó: "Y aun de sabios y verdades". La amenaza de un severo castigo a quien fuera pillado escribiendo en algún muro no se hizo esperar, con lo que se acabó esta escaramuza de *graffiti*, mas no el descontento de la tropa. Fue tal vez con el fin de acallar este descontento por lo que Hernán Cortés ordenó en el mismo Coyoacán el tormento a Cuauhtémoc y Tetlepanquetzal, señor de Tlacopan, para que el primero confesara dónde había ocultado los tesoros que tanto deslumbraron a los conquistadores, aunque se dice también que quienes decidieron untar de aceite los pies de los prisioneros y ponerlos al fuego, fueron los oficiales de la Real Hacienda, esperando obtener de ellos lo que no habían logrado de Cortés.

Aunque no fue la causa principal, el maltrato a los indios contribuyó a la disminución de la población indígena, actitud que contrasta con el primer recibimiento que dieron los mexicas a los españoles *(página anterior)* (ilustraciones del Lienzo de Tlaxcala). *Páginas 126-127: San Ángel*, acuarela de Miguel Espíndola, 1709.

La tarea del colonizador

Una vez concluida la guerra, los españoles se dieron a la tarea de construir un mundo a imagen y semejanza del que los había visto nacer. La búsqueda de valles y cuencas templadas para establecerse, la edificación de ciudades estilo europeo, el cultivo de plantas, la cría de animales y la siembra de árboles que no había en la Nueva España, así como la conversión de los pueblos indios a la "verdadera religión", son aspectos fundamentales de este proceso de colonización que se encontrará una y otra vez con obstáculos difíciles de sortear y ante los cuales muchas veces tendrá que ceder, conformándose así una Nueva España muy distinta a la que sus mentes concebían.

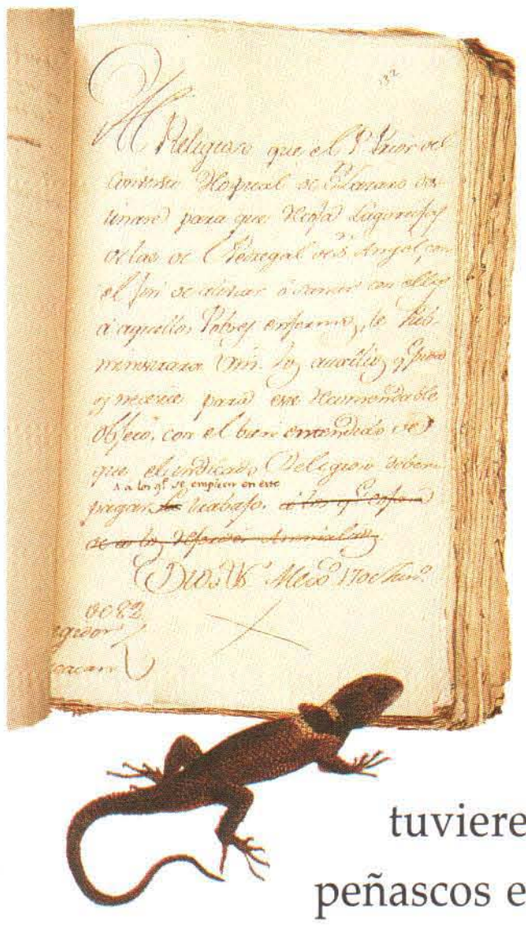
Quizá una de las empresas que más gente atrajo al Nuevo Continente fue la religiosa. En 1524 lle-

garon los frailes franciscanos, les siguieron los dominicos y a éstos los agustinos, hipólitos, jesuitas, mercedarios, dieguinos, carmelitas, benedictinos, juaninos y muchos más. Las mujeres no se quedaron atrás, y en 1541 llegaron las monjas de la Concepción, posteriormente las de Regina, las de la Encarnación y una larga lista de ellas. En la capital de la Nueva España, los siglos XVI y XVII se caracterizaron por una desenfrenada construcción de capillas, iglesias, conventos y otros edificios religiosos como el de la Santa Inquisición, hasta el extremo que se calcula que en esa época casi un tercio de su población pertenecía al clero.

Los poblados del Pedregal no quedaron al margen de este frenesí religioso y, en la segunda década del siglo XVI, los franciscanos levantaron el primer edificio religioso en Coyoacán, del que, por problemas con el Marqués del Valle, fueron desplazados por los dominicos, que en 1529 se establecieron en el monasterio de San Juan Bautista, extendiéndose rápidamente hacia Chimalistac (que en náhuatl quiere decir "escudo blanco"), abriendo una capilla, y a Tenanitla ("junto a los muros de piedra"), hoy San Ángel, donde fundaron el Hospicio de San Jacinto, lugar de albergue de los misioneros que iban o venían de cumplir su labor en el Lejano Oriente y cuyo santo patrono da nombre a este entonces barrio de Coyoacán. En 1580 se abrió el Convento de San Agustín en Tlalpan ("sobre la tierra") —lugar que vería cristianizado su nombre bajo la tutela de este santo y sería conocido durante varios siglos como San Agustín de las Cuevas por las numerosas cuevas que había en la zona del Pedregal que lo rodeaba y que también llegó a caer en manos de los dominicos. La construcción del Colegio de San Ángel, hoy Convento del Carmen, el más célebre y extenso de los alrededores del Pedregal, se inició en 1613, y su atrio, al igual que el de todas estas edificaciones, se diseñó con el fin de concentrar en él multitudes de indios y poder así salvar sus almas con el bautizo y la conversión a la fe cristiana.

Ante este embate religioso, muchos indios, en particular los antiguos sacerdotes, huyeron hacia las montañas, cosa que lograron entender algunos frailes como don Vasco de Quiroga. Otros optaron por esconder sus "ídolos" para seguir con el culto a sus dioses, buscando lugares considerados sagrados por los pueblos mesoamericanos, como la cima de los cerros y las cuevas, o sitios de difícil acceso. El Pedregal constituía un terreno propicio para ocultarse y practicar algunos rituales, y sus cuevas —como la de las Golondrinas, donde se han hallado esculturas de diferentes deidades y tepalcates de la época mexica— sitios idóneos para ello. Tal vez por la dificultad que estos movimientos significaban, muchos se valieron de mil y un subterfugios para seguir adorando a sus dioses, aunque simulando ser buenos cristianos. Las llamas del Espíritu Santo se les antojaban ser Xiuhtecutli, dios del fuego, la Virgen era Toci, nuestra abuela y madre de todos los dioses, Jesucristo era Quetzalcóatl, y en sus plegarias ante la cruz del atrio o frente a algún santo, rendían culto a las figuras que habían escondido debajo o detrás de éstos, como el enorme sapo de piedra cubierto de glifos que se encon-

Página anterior: San Agustín de las Cuevas, antes Tlalpan. Acuarela, 1532.



tró bajo la cruz del atrio del convento de Churubusco, no muy lejos de Coyoacán.

En esta guerra, los religiosos no se quedaron cruzados de brazos, y arremetieron con todos sus recursos contra la llamada "idolatría" y el paganismo que tanto les molestaba. "Destruid ídolos, echadlos por tierra, quemad, confundid y acabad todos los lugares donde estuvieren, aniquilad los sitios, montes y peñascos en que los pusieron, cubrid y cerrad a piedra y lodo las cuevas donde los ocultaron para que no se os escurra al pensamiento su memoria", azuzaba a los misioneros un edicto de la Inquisición. Es probable que algún clérigo se percatara de que había quienes frecuentaban el Pedregal para alejarse de la "verdadera religión". Quizá alguno que, buscando lagartijas con fines terapéuticos —como un caso documentado, ocurrido en el siglo XVI—, se encontró con los restos de un rito o con algún indicio, fue quien grabó una especie de diablo sobre la roca, posiblemente con la intención de asociar las prácticas religiosas mesoamericanas con el señor de las tinieblas, dejando una clara muestra de lo que se ha denominado "la guerra de las imágenes" en la conquista espiritual de México.

Al mismo tiempo que los frailes se empeñaban en esta cruzada, los colonizadores se debatían contra una naturaleza desconocida para ellos, que no dejaba de asombrarlos y desconcertarlos, entre otras cosas por la ausencia de las cuatro estaciones —a lo que ellos llamaban primavera perpetua—, la gran abundancia de flores, aves e insectos, los perros que no ladraban, las abejas sin aguijón, la exuberancia de los árboles tropicales y su "tronco oloroso", y los innumerables seres prodigiosos como "gatos-monos", hombres salvajes, sirenas y demás seres híbridos. De este desconocimiento emergía un malestar y un sentimiento de lejanía que se agudizaba por la falta de sus alimentos acostumbrados y el disgusto que causaba a la gran mayoría de los colonos la alimentación de los pueblos mesoamericanos, empezando por el maíz.

Cortés entendió bien este sentir y se dio cuenta de que para arraigar a los colonos era indispensable hacer traer del Viejo Mundo las plantas y los animales necesarios para su alimentación. Los sitios adecuados para que éstos progresaran tenían que ubicarse en latitudes más al norte o en altitudes mayores, que además eran aquellos lugares donde el clima es más templado y por lo tanto similar al del lejano terruño. Así, trigo, olivo, vid, cebada y otros cultivos más hicieron su entrada al Nuevo Continente junto con vacas, ovejas, cabras, gallinas y cerdos, con tal afán, que para fines del siglo XVI casi no había planta alimenticia que no fuera cultivada en estas tierras, ni herbívoro que no pastara en ellas. Caballos, mulas y burros llegaron para servir como fuerza de tiro en la labranza y en menor medida como transporte, ya que los españoles se acostumbraron rápidamente a emplear tamemes para estas tareas. El desconocimiento de las plantas útiles de América hizo que poco a poco alguien trajera o mandara traer una planta medicinal, otra para hacer un tinte, una más para forraje, algunas para simple adorno o para que su olor re-

cordara la madre patria, y abejas para obtener cera y miel, con lo que los anhelos inconscientes de europeizar la naturaleza se fueron convirtiendo en una realidad, pues hasta plantas sin utilidad alguna o "malas hierbas", cuyas semillas llegaban por azar junto con las demás, se dispersaron y sobrevivieron con facilidad, y ciertos animales indeseables, como insectos, hongos, gérmenes, ratas y ratones, que viajaron de polizontes en los galeones, se adaptaron sin problema alguno a su nuevo hábitat, tornándolo más familiar a los españoles. La curiosidad de algunos añadió a esta lista una que otra planta colectada en su travesía por las Antillas o Sudamérica.

En esta "conquista biológica", el hombre europeo fue abriendo camino a las plantas, las que a su vez fueron creando el terreno propicio para la llegada de los animales, que muchas veces ayudaron a la dispersión o polinización de las plantas y que en ocasiones, por su forma de dispersión, llegaron incluso antes que el hombre europeo a otra región. Asimismo, los europeos trajeron consigo sus gérmenes, que no pocas veces fueron transportados por un río, extendiendo epidemias hacia sitios aún no pisados por los conquistadores, lo que posteriormente les facilitó la toma del lugar. En este proceso, un elemento llevó siempre al otro y éste a su vez al siguiente, y así sucesivamente. Era tan evidente esta invasión biológica, que los indios norteamericanos bautizaron al llantén (*Plantago major*) "pisadas de hombre blanco", pues por doquier que éste pasaba, crecía esta planta. Esta empresa fue llevada a cabo con tanta meticulosidad, que se estima que casi todas las plantas introducidas de Europa llegaron a América en esa época, y que una buena parte fueron traídas conscientemente para un uso determinado, lo que se puede observar, por ejemplo, por el porcentaje considerable de malezas que comparten actualmente México y España (36%) y que poseen el mismo nombre y uso en ambos países.

Muchas de las plantas y algunos animales se emanciparon del hombre y se lanzaron a la lucha por un espacio en los hábitats naturales del Nuevo Mundo. Hoy día aún existen algunas manadas de reses *Long-horn* que viven en estado silvestre en el norte del país, ratas y ratones forman parte de las cadenas alimentarias de diversos ecosistemas, abejas europeas polinizan flores nativas, y muchísimas plantas forman parte de la vegetación "natural" de varias regiones del continente. El resultado de esta europeización de la naturaleza fue el remplazo de una gran cantidad de especies de plantas y animales nativos de América por especies traídas del Viejo Mundo, lo que en algunas regiones llegó a alcanzar proporciones alarmantes, ya que constituyeron y aún constituyen la mayor parte de la flora y fauna de ellas, como es el caso del Valle de San Joaquín en California, donde 63% de las especies de la vegetación herbácea, 66% de la de bosques y 54% de la de chaparral son introducidas, y en otras, como en las Antillas, llevó a la eliminación de casi todas las especies nativas, incluyendo al hombre.

Otros nuevos habitantes para el Pedregal

El clima más templado de los alrededores del Pedregal debe de haber sido de mucho agrado para los conquistadores, pues algunos de ellos deseaban que Coyoacán fuese sede de la capital de la Nueva España, propuesta que, aun cuando el mismo Cortés ya había comenzado a construir su casa allí, no prosperó por una razón meramente simbólica: la capital del nuevo imperio tenía que estar en el mismo lugar que ocupaba la anterior. Aunque quizá lo que sucedió en realidad fue que Cortés quería conservar este agradable lugar para sí, pues una vez ascendido a Marqués del Valle, sus territorios se fueron extendiendo de Coyoacán a Cuernavaca —Pedregal incluido— y de ahí hasta Oaxaca, entonces conocida como Nueva Antequera, haciendo del borde oriental del Pedregal un lugar de paso obligado para todo visitante notable que pisara la capital de la Nueva España. Esto no fue un impedimento para que Cortés se mandara hacer una suntuosa casa en el centro de la nueva capital, cuya reconstrucción se había iniciado en 1522 modificando la traza original, reservando el centro para los españoles, eliminando los *calpulli* y remplazando los antiguos templos por capillas e iglesias, muchas veces edificadas con las mismas piedras de los antiguos edificios derruidos con todo el odio que merecía para un catequizador cristiano del siglo XVI la adoración de dioses que no fueran el suyo.

La autoridad que se había adjudicado Cortés para dar y tomar tierras no fue aceptada por todos los conquistadores, y como la zona del suroeste de la cuenca, al igual que la del oeste, era muy codiciada por su cercanía a la capital y su gran fertilidad agrícola, las tierras de Tacuba, Tacubaya y las riberas de los ríos que corrían alrededor del Pedregal fueron objeto de fuertes disputas. En esta rebatinga entre oficiales del ejército, los únicos perdedores fueron los indios, cuya opinión y derechos quedaron obviamente ignorados, y cuyas tierras les fueron arrebatadas mediante el sistema de encomienda, por compras fraudulentas —se pagaba a los indios una renta por sus tierras y luego se decía que el dinero había sido dado por la compra de éstas—, y por el otorgamiento de mercedes para cría de ganado o siembra de trigo —sistema que también se prestaba a manejos ilícitos. Así, con estos métodos de expropiación, en la zona del Pedregal se formaron varios ranchos y haciendas, como el Tochihuitl, cerca de lo que hoy es Tlalpan, la hacienda del Arenal, que comprendía parte de los encinares del Pedregal y, al norte del Xitle, en la zona de pinos y encinos, la hacienda de Mipulco, cuya ampliación a costa de las tierras de las comunidades indígenas no cesaría durante toda la Colonia.

El efecto de la invasión biológica se hizo sentir en la cuenca de México, donde la población indígena disminuyó drásticamente debido a las epide-

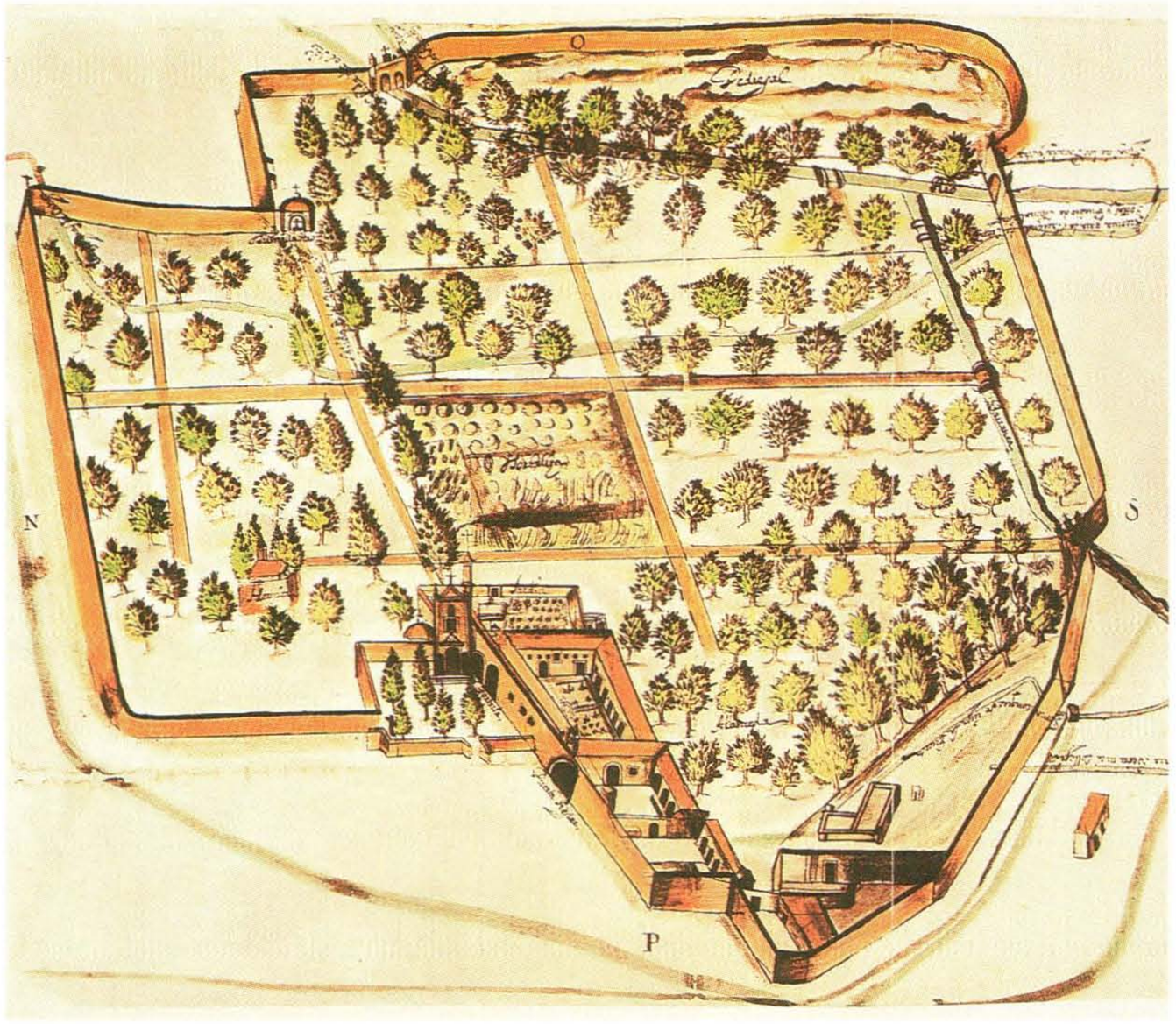
El Mapa de Upsala, elaborado cerca de 1550 y atribuido a Alonso de Santa Cruz, es la mejor representación de los cambios que sufrió el paisaje de la cuenca de México (detalle del Pedregal y sus alrededores).

mias —aunque también por la guerra y el maltrato—, facilitando a los españoles la tarea de apropiación del territorio, de tal suerte que para fines del siglo XVI no había lugar en esta región que no estuviera ocupado por ellos, ni tierra donde el cultivo de trigo no hubiera remplazado o sobrepasado en extensión al de maíz. Los rebaños de ovejas, vacas y cabras se convirtieron en una seria amenaza para las pocas parcelas que quedaban en manos de los indios —como el caso de la estancia de ganado menor de José de Cuéllar ubicada en el margen oriental del Pedregal, cuyas cabras invadían constantemente las milpas de los habitantes de San Andrés y contaminaban sus aguas, a pesar de las protestas—, agravando así las precarias condiciones en que éstos vivían y obligando a muchos a buscar refugio en las montañas de los alrededores, lo que disminuyó aún más su número en la cuenca.

La alianza con una buena parte de la nobleza indígena y el mantenimiento del sistema de tributos sobre los pueblos indios completó el cuadro de opresión que tuvieron que soportar los antiguos macehuales. En Coyoacán, Cortés estableció una alianza con el cacique Itztolinqui, a quien —se dice que por haberle salvado la vida en una batalla en Cuernavaca—, restituyó parte de sus tierras así como su poder sobre varios de los poblados de la zona del Pedregal, incluyendo 172 hectáreas de pinos y encinos del Pedregal al norte del Xitle, lo que permitió a éste bajo el nombre cristiano de don Juan de Guzmán Itztolinqui, dominar desde Contreras hasta Chimalistac y barrios aledaños, y recaudar como tributo —entre otras cosas, según un acta de 1560 de la Real Audiencia— 200 fanegas de trigo y 400 de maíz al año, 700 "axíes" (chiles) y 100 tomates por semana, 2 gallinas, 3 cargas de leña, 2 de hierbas y 3 de ocote al día, además del impuesto que le pagaban los comerciantes del mercado de Coyoacán, y los trabajos que tenían que realizar en su casa, día con día, más de 300 personas procedentes de San Jerónimo y otros poblados ubicados dentro de sus dominios. Por el lado de Tlalpan, la alianza se hizo con el cacique tepaneca don Juan de Alva, quien gozó de privilegios semejantes.

Podemos imaginarnos el paisaje que poco a poco se fue conformando en la cuenca de México. Las

nuevas construcciones, las nuevas formas de cultivo, los grandes animales pastando en vastas extensiones de terreno, la reducción del área de bosque, la disminución de la superficie lacustre —se dice que por una menor captación de agua en los cerros deforestados—, las nuevas flores con sus colores y olores, y la gran cantidad de nuevos árboles, arbustos y hierbas de muy diversas formas y tamaños, se extendieron por todas partes, mientras que sus antiguos habitantes se refugiaron en ciertos puntos, como la zona chinampera de Xochimilco, donde se atrincheraron en una especie de resistencia cultural, manteniendo sus cultivos y, en la medida en que les fue posible, su forma de vivir.



En el huerto del Colegio del Carmen, que abarcaba desde San Ángel hasta Chimalistac, se cultivaba una enorme variedad de frutales. Para aclimatar las peras y los duraznos traídos de Europa, los frailes hacían injertos en troncos de tejocotes, especie nativa de América.

Los alrededores del Pedregal, principalmente del lado de Coyoacán y Tenanitla, hoy San Ángel, se convirtieron en una de las principales zonas productoras de trigo. De hecho, se cuenta que fue en estas tierras donde se sembraron los primeros tres granos de trigo que llegaron por azar en un costal de arroz a la Nueva España. En sus huertas y jardines, los colonos sembraron perales, duraznos, olivos y un sinfín de plantas de diversos usos, que tuvieron que convivir, al igual que sus cultivos en los campos, con aquellas que llegaron por casualidad y seguramente con otras "malas hierbas" nativas. No faltaron abejas, perros, gallinas, gansos, cerdos, vacas y borregos ni, por supuesto, ratas y ratones que proliferaron rápidamente, lo que provocó el envío del primer cargamento de gatos traído con el fin de frenar su desmesurado crecimiento. El más conocido de estos huertos es el que pertenecía al Colegio del Carmen, que se extendía desde San Ángel a Chimalistac, abarcando un pedazo del Pedregal y del río Magdalena, que por allí discurría.

Por algunas de sus características biológicas, muchos de estos animales y de estas plantas incursionaron poco a poco en ambientes naturales, lejos de la mano del hombre que los trajo y que ayudó a su establecimiento de manera directa o indirecta. En el Pedregal se inició así un proceso de interacción de algunas de estas plantas, junto con las ya establecidas, y el medio, al final del cual sólo per-

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LAS PLANTAS COLONIZADORAS

Las malezas son plantas colonizadoras y oportunistas que generalmente prosperan en los ambientes perturbados por el hombre. Son especies anuales o perennes que comparten una serie de características biológicas que les confieren una gran habilidad competitiva, por lo cual son abundantes y tienen amplias áreas de distribución. Entre las características más importantes de este grupo de plantas sobresalen los aspectos relacionados con su reproducción, los pocos requerimientos para que se establezcan y sus altas tasas de crecimiento. Pueden germinar y establecerse en cualquier época en que se presenten condiciones favorables. Una vez que germinan crecen rápidamente, y llegan en poco tiempo a la etapa reproductiva. Muchas veces estas especies se pueden cruzar entre ellas, lo que facilita que la producción de semillas sea continua y abarque una gran parte de la temporada de crecimiento. Algunas de las malezas perennes tienen reproducción vegetativa o regeneración a partir de pequeños fragmentos, además de que cuentan con mecanismos de dispersión poco especializados, todo lo cual favorece una eficiente colonización de nuevas áreas.

Sin embargo, las especies oportunistas, ya sean nativas o introducidas, difícilmente desplazan a las especies nativas de las comunidades no perturbadas, a menos que estas comunidades compartan una serie de características con el hábitat de donde proceden aquéllas.

La marcada diferencia entre la temporada seca y la de lluvias en la cuenca de México facilitó el establecimiento de algunas especies introducidas por los españoles, como el diente de león, el llantén, el trébol y la lentejilla, muy abundantes hoy día. Sin embargo, en el Pedregal de San Ángel no existe sino un pequeño porcentaje de estas especies introducidas que sólo alcanzan gran abundancia en los lugares alterados que lo rodean. En el propio Pedregal, sobre la lava y en sus grietas, no existen prácticamente especies exóticas, salvo algunas como el árbol del pirú. A pesar de que muchas de las especies introducidas son de origen mediterráneo, la combinación de aridez, suelos someros y un sinnúmero de características propias de un lugar tan heterogéneo en microambientes como es el Pedregal de San Ángel, ha limitado su crecimiento a los sitios más favorables, de suelo más profundo y de mayor humedad, como la zona alta donde crecen encinos y pinos, y a algunas hondonadas y montículos de la zona baja.

Varios factores han impedido en el Pedregal de San Ángel la proliferación de especies. En primer lugar, las plantas del Pedregal poseían una serie de características ecológicas, fisiológicas, morfológicas, anatómicas, etc., resultado de un largo proceso de interacción con el medio, y que les ha permitido adaptarse a él. Así, por ejemplo, establecerse sobre la roca requiere una forma de crecimiento de las raíces muy diferente al que presentan las de plantas de suelos más profundos, de manera que aunque muchas malezas exóticas hayan evolucionado en lugares que comparten características climáticas similares a las del Valle de México, no pueden crecer en el Pedregal.

En segundo lugar, la flora del Pedregal comparte con las malezas un gran número de características biológicas, por lo que muchas de las especies del Pedregal se comportan como malezas en las partes perturbadas de la cuenca, y la flora de malezas de estas áreas está compuesta por especies nativas que se habían desarrollado como malezas antes de la conquista y por especies introducidas.

Esta barrera natural que presenta el Pedregal a las plantas introducidas fue suficiente para impedir durante varios siglos su invasión y el desplazamiento de la flora natural. En realidad, fue la destrucción de su superficie la verdadera causa de la irreparable pérdida de una flora tan rica.

Alma Orozco-Segovia y Carlos Vázquez Yanes
Centro de Ecología, UNAM

manecieron allí las que lograron adaptarse a las nuevas condiciones, integrándose en mayor o menor medida a la estructura y funcionamiento de las comunidades del Pedregal, como lo hicieron la gualda o reseda (*Reseda luteola*), traída para extraer de ella un pigmento color amarillo dorado, el marrubio (*Marrubio vulgare*), la lechuguilla o raíz de endivia (*Sonchus oleraceus*) y la aguja de bruja o alfilerillo (*Erodium cicutarum*), apreciadas por sus propiedades medicinales, y otras como el llantén (*Plantago lanceolata*), una de las llamadas diente de león (*Taraxacum officinale*), la flor de nabo o vaina para pájaros (*Brassica campestris*), el cilantrillo (*Spergulia arvensis*) y *Poa pratensis*, que cruzaron el océano seguramente por azares del comercio de aquel entonces, y se establecieron rápidamente en los márgenes de esta isla rocosa, donde la perturbación ocasionada por los humanos les facilitaba la tarea.

El árbol del pirú (*Schinus molle*) llegó a la cuenca de México en 1550, procedente del Perú, como su nombre lo indica, por obra de don Antonio de Mendoza —cuando le envió la Corona como virrey a la Nueva España—, quien esparció semillas más allá de la cuenca de México esperando extender entre los habitantes de estas tierras los múltiples usos y cualidades que tenía este árbol en el Perú. "Fortalece y da calor al vientre superior —escribió en 1571 el protomédico de Felipe II, don Francisco Hernández, en su monumental obra—, estriñe el inferior [...] evacua la orina, cierra heridas recientes o inveteradas, detiene el flujo de sangre, cura las hemorroides, alivia a los artríticos, hace desaparecer las nubes de los ojos, quita la flatulencia y fortalece los miembros [...] afirma también las encías y los dientes y cura las úlceras de la boca". Las aves de la cuenca se engolosinaron con sus frutos y dispersaron sus semillas con tal rapidez, que en menos de dos décadas cualquiera podía pensar que se trataba de un árbol nativo de esta región, mientras que, paradojas de la historia, sus usos siguieron

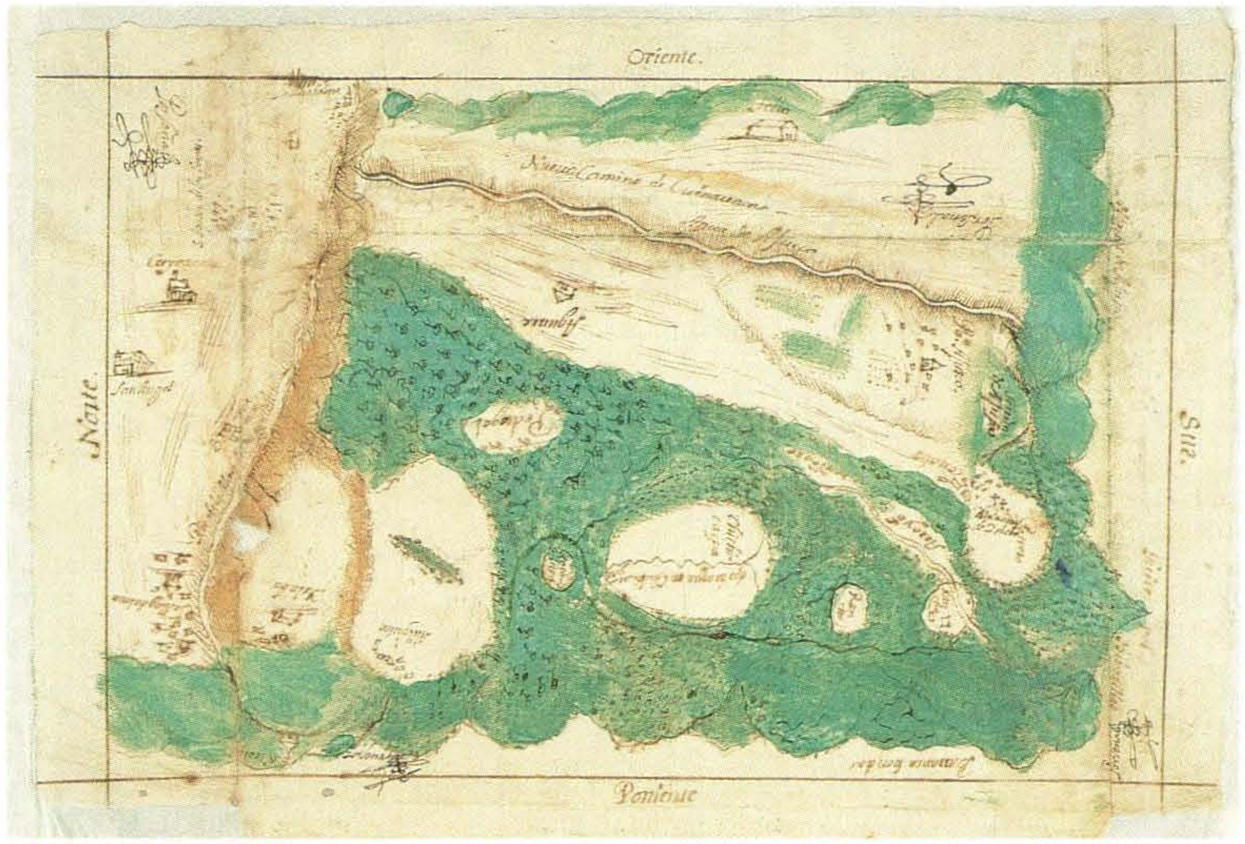
Abeja italiana sobre flor de gualda. Petirrojo comiendo el fruto del pirú, cuyas semillas son dispersadas por aves.

siendo desconocidos. Este proceso fue quizá más lento en el Pedregal, donde el pirú empezó a prosperar en las hondonadas con mayor cantidad de suelo, muy posiblemente compitiendo por el espacio con otros árboles como el palo mulato, que se establece en lugares similares, hasta que llegó a ocupar un sitio primordial en la estructura y composición de su vegetación, transformando su fisonomía.

Es muy probable que las abejas que criaban los colonos de los alrededores del Pedregal, entre las que se encontraba la llamada abeja italiana (*Apis mellifera*), comenzaran a hacer pequeñas incursiones en esta zona en las épocas de gran abundancia de flores, hasta que establecieron enjambres en ella. Es posible también que debido a su eficacia como polinizadoras, estas abejas comenzaran a incrementar ligeramente la abundancia de aquellas especies de plantas con flores que más visitaban. De igual manera, en esta época, las ratas negra (*Rattus ratus*) y gris (*Rattus norvegicus*) y los ratones domésticos (*Mus musculus*) procedentes de Europa establecieran sus primeras madrigueras en este mundo de oquedades compitiendo con otros animales por granos, frutos, semillas, raíces y tallos, saqueando algunos nidos de aves y compartiendo con muchos de ellos la misma suerte de ser presa de halcones y águilas, de varios carnívoros, de la serpiente de cascabel y de su legendario enemigo, el gato doméstico (*Felix domesticus*), quien debió seguir sus pasos hasta el Pedregal y que encontró manjares tan suculentos como los ratones americanos, los huevos de aves, aves de diferentes especies y muchos otros animales de tamaño apropiado para sus colmillos, pero que tuvo que aprender a proteger sus crías del apetito de otros animales como las aves rapaces, y tal vez a cuidarse de algún grupo de perros casi salvajes que por allí merodeaba a la búsqueda de alguna presa.

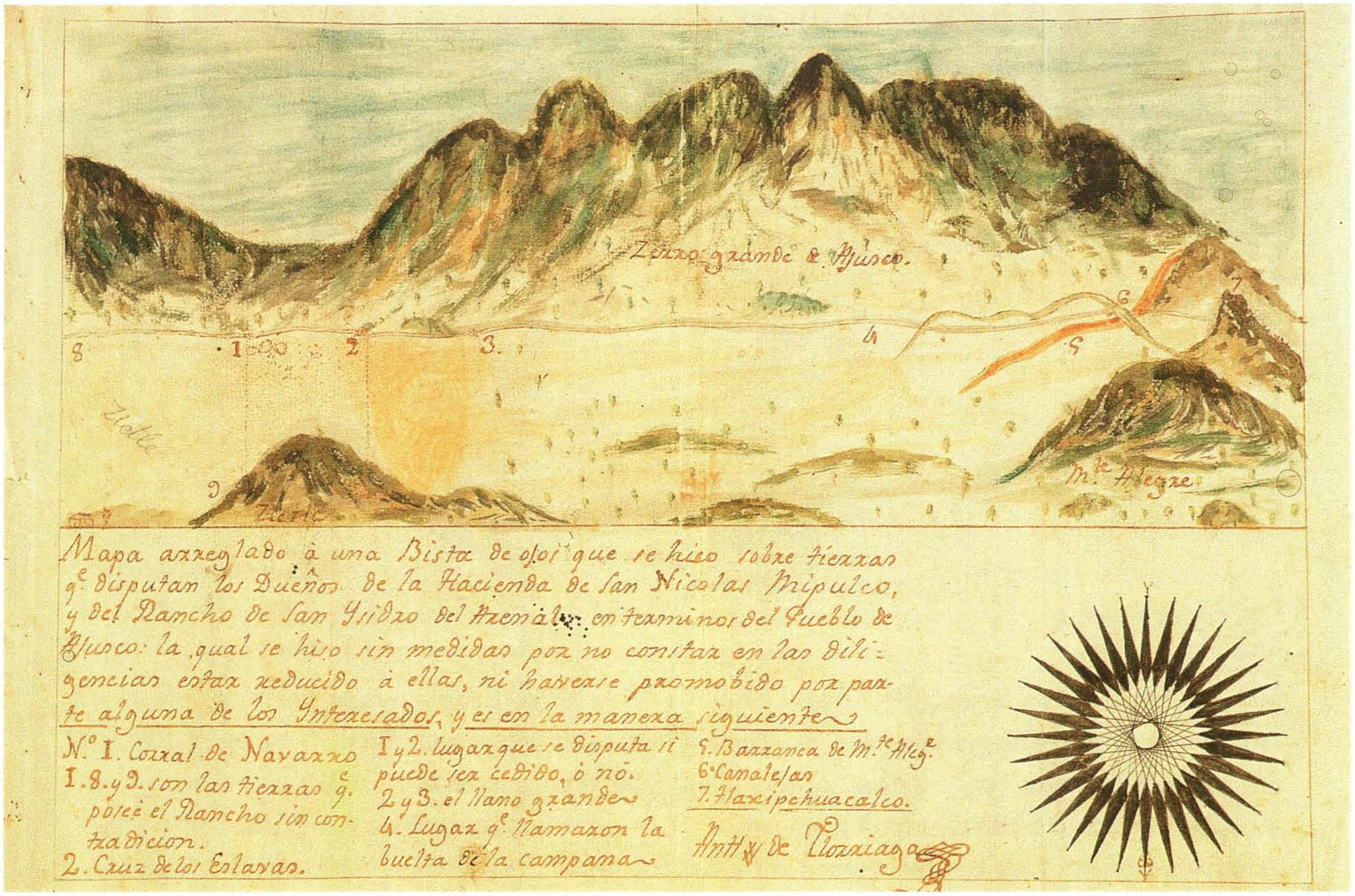
Poco tiempo después debieron de llegar al Pedregal los gorriones domésticos (*Passer domesticus*), que acompañaban con su canto a los colonos ingleses que desembarcaron en Norteamérica; algunos de ellos seguramente escaparon de su jaula y volaron hacia el sur —dejando a su paso una abundante descendencia— hasta llegar a la cuenca de México, donde, posiblemente atraídos por los granos de las ricas zonas de cultivo, una colonia de ellos se estableció. Su agresividad natural hacia otros pájaros, su capacidad para alimentarse de cualquier resto de materia vegetal y su fecundidad, les debieron permitir establecerse en áreas naturales, como el Pedregal, donde se ganaron paulatinamente un lugar —aunque en menor medida que en resto de la cuenca—, compitiendo con otras especies de gorriones propias del Nuevo Mundo.

Nuevos paisajes y nuevas culturas



Los tres siglos de dominación colonial permitieron el avance de plantas, animales, microorganismos y hombres europeos y de su cultura. Sin embargo, lejos de constituirse una verdadera Nueva España, como aconteció en Norteamérica donde se creó una nación muy parecida a las europeas, el mestizaje y la formación de sincretismos de orden tanto religioso como social y cultural a lo largo de un proceso lleno de conflictos y contradicciones, imprimieron un signo característico a este territorio de América.

Así, pasado el bache de las mortales epidemias, en los siglos XVII y XVIII la población indígena se recuperó, aumentando principalmente en las zonas rurales, donde intentó recobrar sus tierras, mismas que los españoles se habían adueñado por estar "vacías", por lo que se inició así una disputa por la tierra que fue una constante durante esa época y que continúa hasta nuestros días. En las urbes sobre todo, la población mestiza fue predominando poco a poco sobre la de indios y españoles, pasando en medio siglo de los 25 mil que había a fines del siglo XVI en todo el territorio de la Nueva España, a 400 mil, y en otro lapso similar, esto es, a fines del XVII, a un millón y medio de habitantes. La variedad de tipos humanos que existía en la Colonia debido a la mezcla de indios, españoles y negros, y de la mezcla de sus descendientes, quedó en la memoria por los sonoros nombres con que fueron bautizadas según sus orígenes las llamadas "castas". Mestizos se llamaba entonces a los descendientes de español e india, castizos a los hijos de mestiza y español, mulatos a los de español y negra, moriscos a los de mulata y español, albinos a los de español y morisca, saltapatrás a los de español y albina, lobos a los de saltapatrás y mulato,



chinos a los de lobo y negra, cambujos a los de chino e india, y así sucesivamente.

Esta diversidad humana encontró su paralelo en la esfera de la religión como resultado del acoplamiento entre las creencias mesoamericanas y la "verdadera religión". La transformación de las fiestas paganas en cristianas y la sustitución de las antiguas deidades por santos patronos fue poco a poco formando una nueva identidad en los pueblos de esta Colonia y encontró, al cabo de un tiempo, su unidad en el culto a la Virgen de Guadalupe. Asimismo, el paisaje se hibridizó al integrarse a él el ganado y algunas de las plantas introducidas de otros lugares, así como al adoptarse los aperos de labranza como el arado, cuyo uso se generalizó en las regiones de mayor población mestiza y que en algunos casos transformó por completo el paisaje debido a la erosión que producía, razón por la que los indígenas se resistían a usarlo, ya que, como bien decían, "lastima la tierra". Los indios se negaron también, durante mucho tiempo, a sembrar trigo y a comer sus productos, y conservaron la mayoría de sus hábitos alimentarios, salvo en lo que se refiere al consumo de carne, que adoptaron

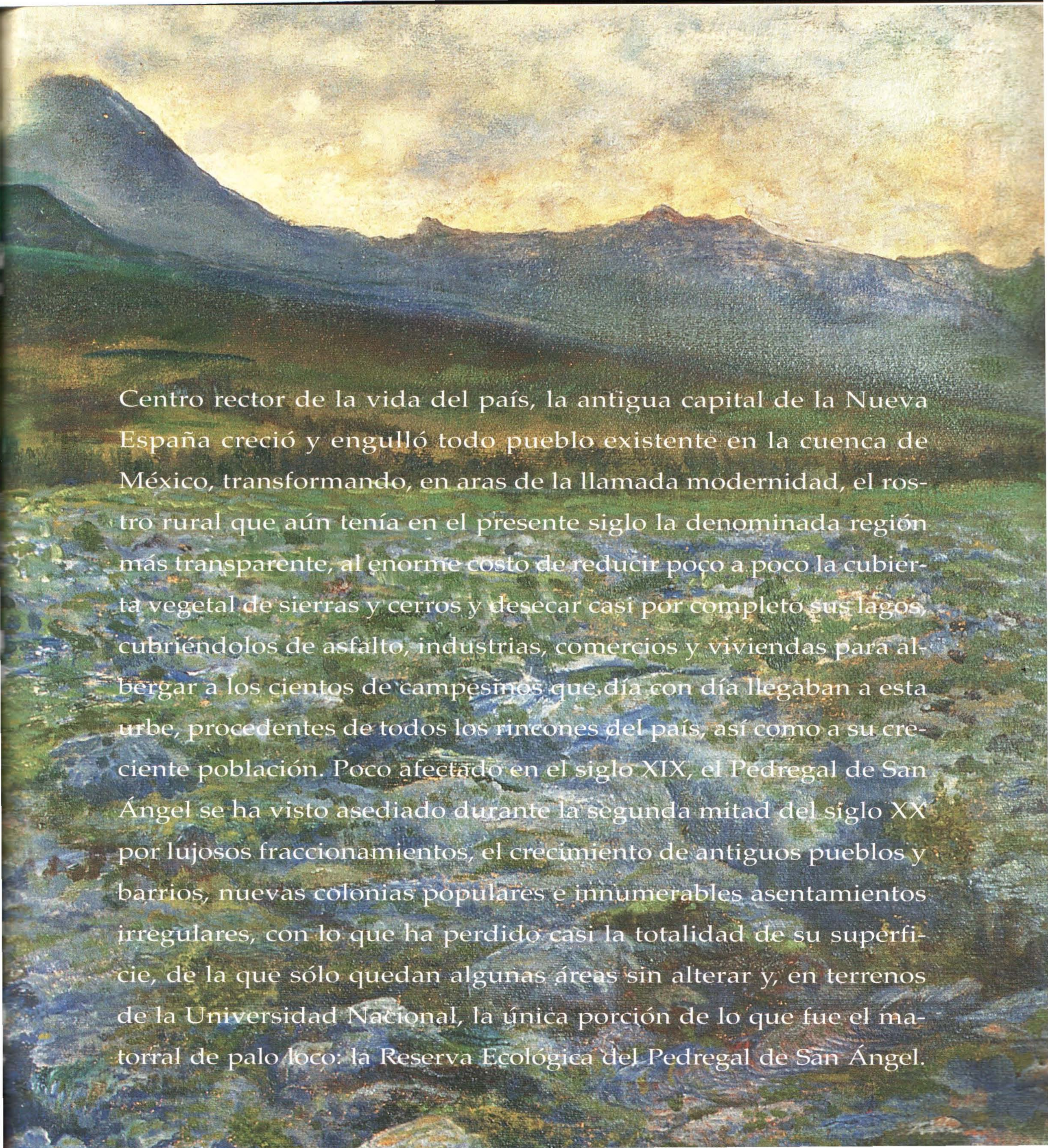
rápidamente, principalmente la de cerdo, mientras que los mestizos dieron rienda suelta a su fantasía creando una gran diversidad de moles, quesadillas, tostadas y demás delicias, sin por ello dejar de lado los altos vuelos de la cultura, como lo muestran la arquitectura, la pintura, la escultura y la literatura barrocas, y demás ramas del arte de influencia española de aquella época.

Sin embargo, estos procesos de creación, fusión, recreación y resistencia que confluían en la conformación de nuevas y distintas formas de vida y daban al territorio de la Nueva España la apariencia de un mosaico de paisajes y culturas, con partes aún completamente indígenas y el resto con un mayor o menor grado de influencia española y mestiza, nunca estuvieron exentos de contradicciones y enfrentamientos.

Durante casi tres siglos el Tribunal de la Santa Inquisición no dejó de velar por el cumplimiento del orden colonial con la misma regularidad que marcaba el repicar de las campanas de las iglesias, mientras la nueva nobleza, que había comprado sus títulos gracias a las fortunas amasadas con la conquista, se preocupaba poco del desarrollo de este territorio, satisfecha de sí misma, haciendo todas sus compras en la madre patria y sin percatarse de las intrigas que los criollos urdían para conseguir una mayor independencia de la Corona. Las órdenes religiosas —muchas de las cuales aceptaban únicamente clérigos de origen peninsular, como los carmelitas de San Ángel—, se peleaban entre ellas las almas de indios y demás habitantes de la Nueva España, ignorando el creciente resentimiento del clero secular que buscaba obtener mayores privilegios. El desprecio de los españoles hacia las llamadas castas y los indios, el llamado "vulgo", acrecentaba el descontento que producían las ínfimas condiciones de vida de la mayor parte de la población, del mismo modo que el poder ilimitado de los hacendados alimentaba la inconformidad de los indios. La quema del Palacio Nacional durante la rebelión de 1692 quedó clavada en la memoria de las clases altas como una muestra de lo que podría ocurrir de no cambiar el orden de las cosas, mas quienes siguieron gozando de sus privilegios a lo largo del siglo XVIII nunca imaginaron que el fin de este orden llegaría con el nuevo siglo.

Las diferentes razas establecidas después de la conquista española. L. de Mena, siglo XVI. *Página anterior:* acuarela de Plorriager, 1792.

Los estragos de la modernidad



Centro rector de la vida del país, la antigua capital de la Nueva España creció y engulló todo pueblo existente en la cuenca de México, transformando, en aras de la llamada modernidad, el rostro rural que aún tenía en el presente siglo la denominada región más transparente, al enorme costo de reducir poco a poco la cubierta vegetal de sierras y cerros y desecar casi por completo sus lagos, cubriéndolos de asfalto, industrias, comercios y viviendas para albergar a los cientos de campesinos que día con día llegaban a esta urbe, procedentes de todos los rincones del país, así como a su creciente población. Poco afectado en el siglo XIX, el Pedregal de San Ángel se ha visto asediado durante la segunda mitad del siglo XX por lujosos fraccionamientos, el crecimiento de antiguos pueblos y barrios, nuevas colonias populares e innumerables asentamientos irregulares, con lo que ha perdido casi la totalidad de su superficie, de la que sólo quedan algunas áreas sin alterar y, en terrenos de la Universidad Nacional, la única porción de lo que fue el matorral de palo loco: la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

Caudillos, bandoleros y patriotas

La guerra de Independencia mantuvo en zozobra durante más de diez años a la población de la cuenca de México, desde aquel 30 de octubre de 1810 en que el cura Hidalgo, seguido de 80 mil insurgentes, la cercó y, por razones aún desconocidas, se retiró de allí en vez de tomar la capital, para morir unos meses después fusilado en Chihuahua. Su seguidor, José María Morelos, no tuvo mejor suerte con la capital, ya que a pesar de sus prodigiosas hazañas militares, sólo la pisó para morir, tras ser capturado en el cerco a Valladolid, hoy Morelia. Hizo su última parada en San Agustín de las Cuevas el 21 de noviembre de 1815, donde pernoctó en una torre conocida como de Santa Inés, desde la que pudo observar el Pedregal al amanecer, para ese día llegar a su destino final y comparecer ante el Tribunal de la Santa Inquisición. Seis años después, el 27 de septiembre de 1821, el Ejército Trigarante entraba a la capital, consumando el triunfo de los independentistas.

El clima de violencia prevaleciente en la Ciudad de México durante esa época hizo que muchos españoles virtualmente se tapiaran en sus casas o que huyeran con sus riquezas hacia algunos poblados cercanos, como San Ángel y San Agustín de las Cuevas, con la esperanza de que el orden se restablecería, aunque la suerte no los favoreció. Tal vez fue ésta la época de toda su historia en que el Pedregal alojó, ocultos en sus hoyas y cuevas, al mayor número de bandoleros y prófugos de la justicia, entre los que sobresale un acérrimo enemigo de los realistas, azote de la región y cuya cueva-guarida aún lleva su nombre: Pedro el Negro. En 1826 la nueva República decretó la desaparición de los títulos de nobleza, dejando que las masas enardecidas se encargaran de destruir escudos de armas y blasones de casas y edificios, destrucción que aún se aprecia en algunas casonas de San Ángel; al año se dictó la ley de expulsión de los españoles, desapareció la Santa Inquisición, y un par de años después, durante el gobierno de Vicente Guerrero, se consumó la abolición de la esclavitud. Nuevos vientos soplaban en la joven nación.

Sin embargo, en ese siglo de constantes levantamientos, pronunciamientos y cuartelazos, de encendidas pugnas entre federalistas y centralistas, entre oficiales del ejército y entre liberales y conservadores, en el campo mexicano el régimen de las

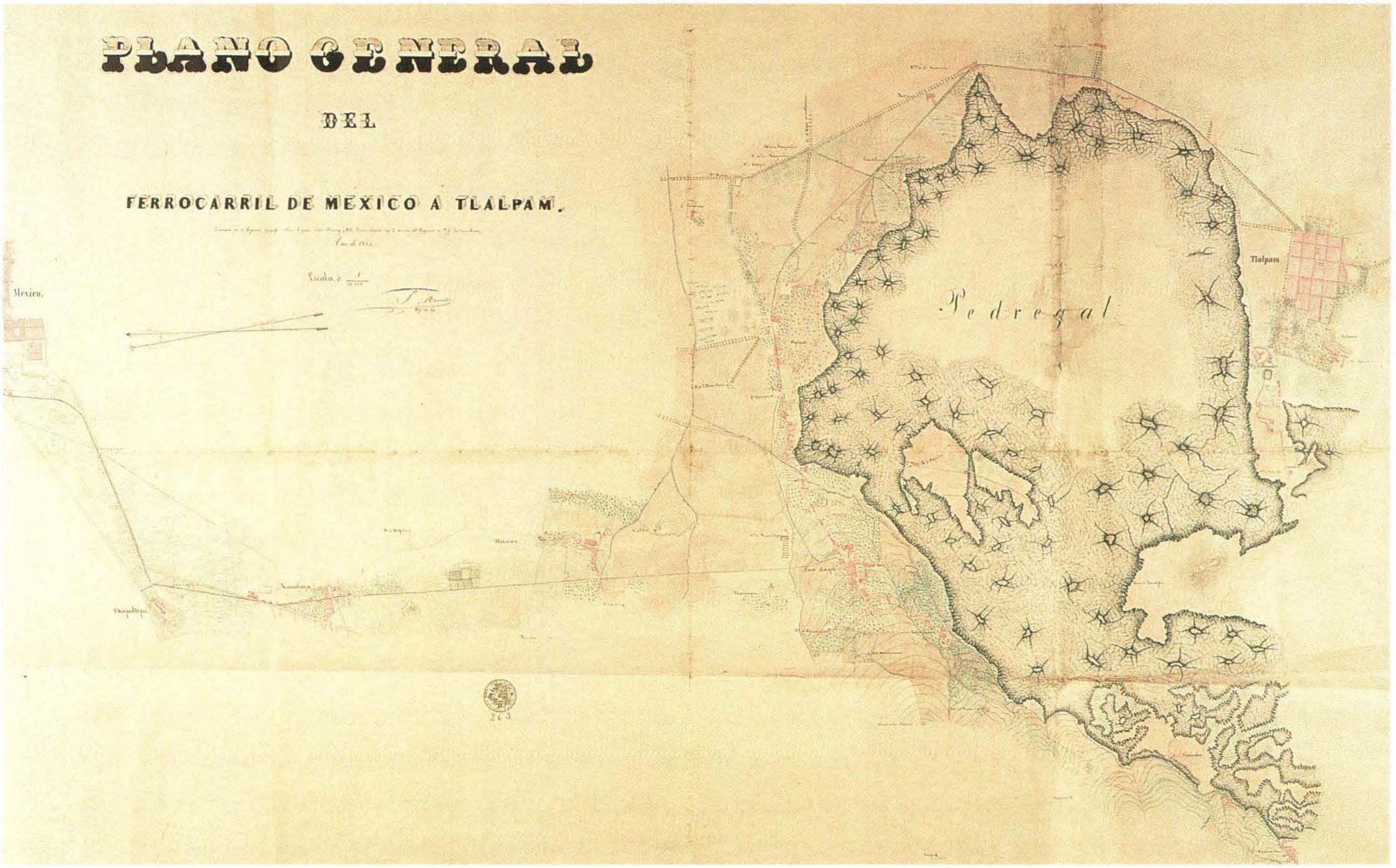
Antonio López de Santa Anna. *Páginas anteriores: El Pedregal*, óleo de Joaquín Clausell, 1912. *Página siguiente: San Agustín de las Cuevas en tiempos de feria*. Litografía del barón de Gros, siglo XIX.

haciendas se mantuvo intacto —aun cuando éstas pasaran de unas manos a otras—, quedando sin resolver la disputa por la tierra que las comunidades indígenas no estaban dispuestas a olvidar. Quizá el único intento de atacar este problema fue el que realizó a principios de la década de los treinta el liberal Valentín Gómez Farías, vicepresidente de Antonio López de Santa Anna, y que fue rápidamente invalidado por el mismo Presidente en uno de los arranques que caracterizaron su caótico e intermitente gobernar, y de quien se dice vivía despreocupado de los grandes problemas que aquejaban al país y pasaba la mayor parte de su tiempo en las peleas de gallos y otros juegos en los que se apuesta, por lo que su presencia nunca faltaba en las célebres ferias que tenían lugar en San Ángel y

en lo que fuera San Agustín de las Cuevas —que con la Independencia había recobrado su antiguo nombre, pero con una eme al final, Tlalpam—, donde incluso tenía una casa. A lo largo del siglo XIX, estos lugares no sólo fueron residencia de verano de la nobleza y de la nueva burguesía capitalina, sino también de juego y diversión durante las ferias que en ellos se celebraban; principalmente en Tlalpan, donde, durante las pascuas, año con año se congregaban cientos de personas de todas las clases sociales con la ilusión de hacer fortuna en las cartas, la ruleta, los dados, la lotería y demás juegos de azar, o simplemente para divertirse, emborracharse, hacerse de un buen partido, enamorar a alguna moza o ser simple espectador de aquel desplumadero.

Si la afición de Santa Anna por las fiestas quedó registrada en las páginas de la historia, su pasión por el juego no fue menos inmortalizada; se cuenta que en 1847, cuando el Ejército mexicano libraba la famosa batalla de Padierna contra los invasores yanquis, el Presidente se encontraba en San Ángel jugando una partida de billar. De haber hecho caso al general Valencia, la historia podría haber sido otra, ya que los norteamericanos tuvieron la ocurrencia de cruzar por el Pedregal, a la altura del cerro de Zacatépetl, para llegar a San Ángel, por un terreno que el mismo general Allen describió como "impracticable" y que le dejó una viva impresión: "...la roca volcánica que encontramos por todas partes es terrible para las patas de los animales y para nuestras carretas. El territorio que nos rodea es hermoso y sublime, pero nuestra situación no nos permite un estado de ánimo adecuado para apreciar el escenario". En contra de las órdenes de Santa Anna y en un acto que éste calificó de "temerario", el general Valencia tendió a los yanquis una emboscada en el mismo Pedregal, cerca de lo que hoy es Padierna, pero la superioridad numérica de éstos se impuso sobre el Ejército mexicano. Tras ocupar San Ángel, los norteamericanos se dirigieron a Churubusco, después tomaron Chapultepec y avanzaron hasta Palacio Nacional, donde hicieron firmar al gobierno de México la cesión de casi la mitad de su territorio.

Plano de San Ángel, 1834. *Página siguiente:* Plano general del ferrocarril de México a Cuernavaca, *c.*1870.



El auge de las haciendas o el México bárbaro

No fue sino hasta 1859, al ocupar Benito Juárez la Presidencia de la República, cuando se retomó el problema de la tenencia de la tierra y se promulgaron las Leyes de Reforma que, además de decretar la expropiación de los bienes del clero, establecían la fragmentación de las comunidades indígenas con el propósito, muy acorde con la ideología liberal, de convertir a sus integrantes en propietarios individuales. Sin embargo las pugnas entre los conservadores y el gobierno se acentuaron, lo que dio origen al breve imperio de Maximiliano, quien, contra lo que esperaban sus partidarios, resultó ser un liberal, ya que no se opuso a las Leyes de Reforma, introdujo los primeros tranvías de mulas, hizo traer de Europa máquinas de coser y llenó la capital de fresnos, árbol nativo de América, que desde entonces se emplea mucho como planta de ornato en calles, avenidas y parques. El

regreso de Juárez en 1864 consolidó estas medidas, lo que generó una nueva clase de propietarios en el campo y favoreció, a pesar de la tenaz resistencia de las comunidades indígenas, el crecimiento de ranchos y haciendas, la mayoría de ellos en manos de criollos encumbrados tras la Independencia.

Así, en la zona del Pedregal, mientras el rancho Tochihuitl, propiedad de la parroquia de Tlalpan, pasaba a manos de la sociedad Mendoza y Sabino, dueña de una fábrica de hilados de algodón vecina al rancho, la hacienda de Mipulco se convertía en la más extensa de la región, con 46 km^2 de bosques de pino y encino del Pedregal que incluían al Xitle —lo que constituía más de la mitad de la superficie del Pedregal de San Ángel— dedicados a la explotación forestal, y algunos comerciantes y pequeños propietarios de la región adquirían tierras de las recién fraccionadas comunidades indígenas, formándose así una capa de la sociedad de propietarios medios que buscaba invertir su dinero en algo estable y aspiraba a codearse con los hacendados de rancio abolengo.

Más tarde el gobierno de Porfirio Díaz aplicó con mayor rigor las Leyes de Reforma, haciendo obligatorio el fraccionamiento de las comunidades indígenas, y promulgó nuevas leyes que permitían la ocupación de todo terreno que estuviera "ocioso", previa denuncia del mismo, lo que hizo posible adjudicar a particulares, durante la primera década de su gobierno, casi 50 millones de hectáreas —es decir, una cuarta parte del territorio nacional—, la gran mayoría de ellas expropiadas a las comunidades, aumentando con ello la concentración de la propiedad de la tierra y el descontento de los campesinos, que cada vez se veían más orillados a emplearse en las haciendas como peones acasillados, con frecuencia en condiciones de virtual esclavitud, como las que describe John K. Turner en su *México bárbaro*. Asimismo, estas leyes contribuyeron en gran medida a la formación de una clase pudiente muy reducida, conformada por banqueros, comerciantes, industriales, hacendados y funcionarios que controlaron durante más de tres décadas de "paz porfiriana" la economía del país, mientras el resto de la población veía empeorar su condición. Así ocurrió en el Pedregal en esta época, en

donde, por ejemplo, el propietario de la hacienda de Mipulco, Nicolás de Teresa, era consuegro de Porfirio Díaz y subdirector del Banco de México, y estaba emparentado con los dueños de la hacienda del Arenal —que se encontraba también en terrenos del Pedregal—, con los de la hacienda de Peña Pobre —a la que vendía madera extraída de los bosques del Pedregal para la fabricación del papel—, así como con los de la fábrica de La Fama Montañesa, que se había hecho adjudicar parte del agua de los manantiales para el funcionamiento de su rueda hidráulica, y abusaba de ello sin respetar los acuerdos, ocasionando constantes enfrentamientos con los pobladores de Tlalpan.

Resulta difícil precisar el daño que causó a los bosques del Pedregal la extracción de madera que llevaban a cabo las haciendas, así como la tala para autoconsumo que realizaban los habitantes de sus alrededores, pues, dado el régimen de propiedad que existía sobre toda la parte boscosa del Pedregal, estos últimos sólo tenían acceso a ciertas zonas y la leña que lograban obtener de manera ilegal no era mucha. En cuanto al daño producido por el ganado, no se sabe con certeza si las reses y los borregos eran llevados a pastar a estas áreas, mientras que las cabras, que se desplazaban por doquier, no parecen haber sido muy abundantes en esta zona. Algunas descripciones de mediados del XIX hablan de la existencia de una rica fauna en la zona del Pedregal, lo que permite suponer un buen estado de la vegetación natural. "Coyotes, venados, zorrillos, liebres, conejos, ardillas, hurones y tuzas" son mencionados en los Anales del Ministerio de Fomento en el caso del "Partido de Tlalpam", mientras que en los de San Ángel y Coyoacán a los de la lista anterior se añaden "tlacoachis, gavilanes, tecolotes, auras, cuervos, tordos, quebrantahuesos y cacomistles", y "fresnos, ailes, encinos, chopos, perús, ocotes, tepozanes, oyameles y madroños" figuran entre las "maderas" de todos estos "partidos" que en esa época se caracterizaban por sus huertos ricos en diversas variedades de peras y perones, duraznos, "chabacanos", capulines, manzanos, aguacates, "guindos", naranjos, membrillos, tejocotes, zapotes blancos, higos y "uvas de mala calidad", y por la abundancia de cultivos de varios tipos de cereales y magueyes pulqueros.

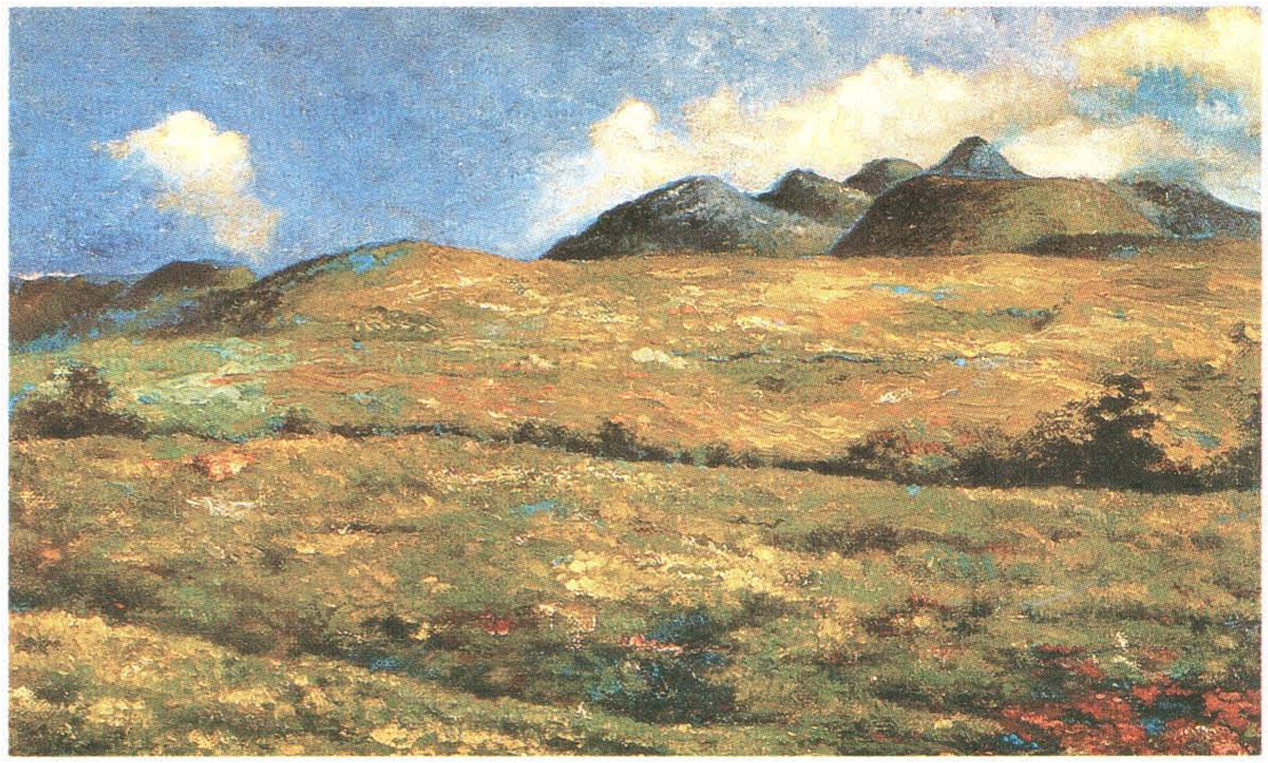
Camino de San Ángel a Padierna y vista de Padierna. *El Mundo Ilustrado*, 1907. *Página anterior:* mapa del sur de la cuenca de México. Francisco Díaz Covarrubias, 1898.

Un remanso de pureza y tranquilidad

Si a principios del siglo XX los bosques de la parte sur del Pedregal ya comenzaban a resentir el efecto de las actividades humanas, en cambio la parte norte, el llamado malpaís, se mantenía casi intacta. Los bandidos que en él merodeaban no animaban mucho a los habitantes de sus alrededores a aventurarse en su interior, por lo que la leña que de allí se extraía era muy poca —"el leñador prefiere ir a buscarla a localidades mucho más lejanas debido a las dificultades que ofrecen los pedregales para extraer la que poseen y a la poca cantidad de ésta"—, y las terribles historias sobre brujas y demonios que lo habitaban, así como los casos de personas que desaparecían para siempre entre sus innumerables grietas y hondonadas, bastaban para hacer desistir a cualquiera de una incursión más allá de sus orillas, aunque nunca faltaba algún naturalista, como Cyrus G. Pringley, quien en 1897 recorrió esta parte del Pedregal, que era la que comenzaba a llamar la atención de los estudiosos de la naturaleza, o de un arqueólogo atraído por los numerosos objetos prehispánicos hallados en sus cuevas y los relatos acerca de las extrañas figuras grabadas en la piedra.

Fue quizá también esta parte del Pedregal la más idealizada por el bucolismo parisiense que inundaba la vida de la aristocracia porfiriana, que veía en el malpaís un sitio de pureza que invitaba a entrar en contacto con la naturaleza y que frecuentaba con este fin sus alrededores y algunos de sus caminos, como el que llevaba al Cabrío, así como las "casas de salud" que había en sus poblados. Con esta idea en mente fueron muchos los pintores que caminaron por sus alrededores con pinceles y lienzo en mano, y no menos los escritores que visitaron sus poblados, llenando sus cuadernos de anotaciones acerca de la vida de los lugareños y de descripciones de este agreste paisaje. Entre los primeros destaca, al lado del gran paisajista José María Velasco, Joaquín Clausell, seguidor de la escuela impresionista que dedicó numerosos óleos a esta parte de la cuenca de México, mientras que en las letras sobresale el ferviente discípulo de Émile Zola, Federico Gamboa, quien en su novela *Santa* relata la historia de una mujer bella e inocente, llena de vida, que es seducida por un oficial en el mismo Pedregal, un lugar "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, [con] arroyos clarísimos de ignorados orígenes, que serpean y se ocultan y reaparecen á distancia, ó sin ruido se despeñan en oquedades y abras que la yerba disimula criminalmente; cavernas y grietas profundas, negras, llenas de zarzas, de misterio, de plantas 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, que se remontan por los aires, muy alto, en amplias espirales lentas". Abandonada por su amante y rechazada por su familia, Santa se ve orillada a la mala vida y a un trágico final.

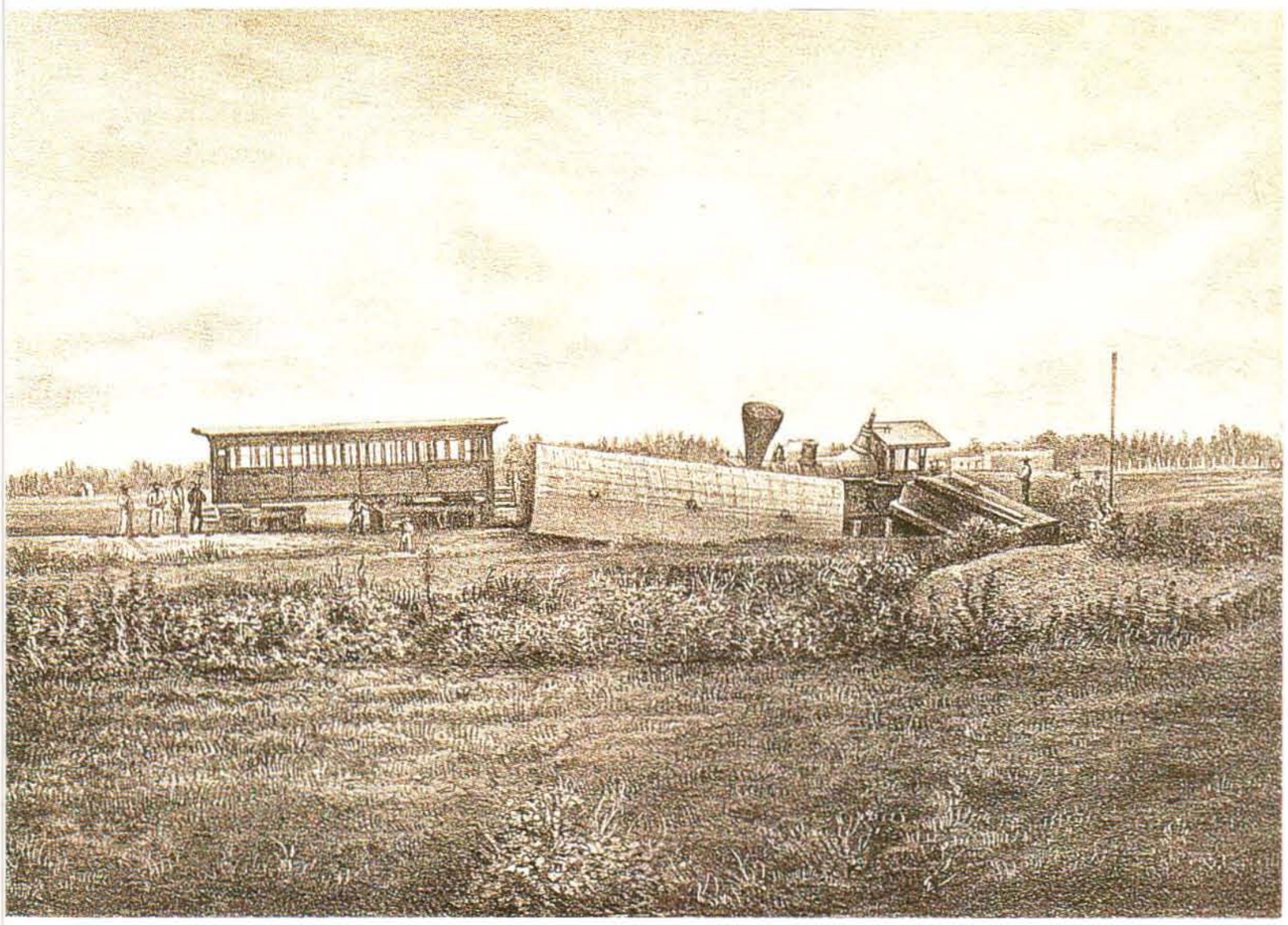
Este bucolismo que atraía al campo a la aristocracia capitalina contrastaba fuertemente con la terrible realidad de los habitantes de las zonas rurales del país, y se puede decir que era la contraparte del espíritu modernizador que prevaleció a lo largo de la época porfiriana en las ciudades, donde los tranvías eléctricos, las bicicletas y más tarde los automóviles, circulaban por las calles sustituyendo poco a poco la tracción animal, al igual que



Paisaje, óleo de Joaquín Clausell (sin fecha), con el Pedregal en primer plano y el Ajusco al fondo. *Página anterior: San Antonio Chimalistaca. Entrada de San Ángel.* Litografía de C. Castro y J. Campillo, siglo XIX.

las máquinas de vapor sustituían las ruedas hidráulicas y los ferrocarriles extendían su red por el territorio mexicano, convirtiendo en anacrónicos y lentos los antiguos caminos y los transportes que por ellos transitaban. Esta profusión de medios de transporte facilitó el crecimiento de la Ciudad de México —que de 1858 a 1910 creció casi cinco veces—, al reducir el tiempo de desplazamiento del centro a sus alrededores, lo que permitió a buena parte de la aristocracia cambiar sus residencias permanentes a lugares más exclusivos que el fraccionamiento de tierras había hecho accesibles, haciendo que, por primera vez en la historia de la ciudad, existiera una tajante separación espacial entre las clases sociales. Así, en las 40 hectáreas de lo que fuera el huerto de los carmelitas de San Ángel, en 1906 se terminó de construir "una pintoresca colonia, habitada por gente escogida" que vivía en "risueñas y elegantes mansiones", al tiempo que Coyoacán salía del letargo en que había quedado tras su época cortesiana, al mudarse allí varios personajes de la aristocracia y crearse nuevas colonias, entre la que se encuentra la apadrinada en 1890 por el mismo Porfirio Díaz y su mujer, y que fue bautizada en honor a esta última como Colonia El Carmen, que hasta la fecha guarda su nombre.

Todos estos cambios ganaron entre la aristocracia y buena parte de la clase media acomodada una gran cantidad de adeptos a la causa del "progreso" que pregonaba en todos los cafés y reuniones la intelectualidad porfiriana, llena siempre la boca de citas de Auguste Comte, en francés, por supuesto. Esta idea de acercarse cada vez más al modo de vida europeo era experimentada con más intensidad por estas clases gracias a los almacenes franceses del centro de la ciudad que exhibían en sus aparadores la última moda de París, las casas estilo europeo del Paseo de la Reforma y sus colonias aledañas, los nuevos automóviles, las novedades literarias procedentes de Francia y la llegada del primer cinematógrafo en 1895, entre otras cosas, viviendo así ignorantes de que en el campo, 95% de los jefes de familia carecían de tierra que sembrar, las comunidades indígenas y campesinas poseían sólo 1% de las tierras útiles del país, mientras que 97% pertenecían a ranchos y haciendas y el restante 2% a pequeños propietarios. Cien años después de su visita a este país, la imagen que Alexander von Humboldt se hiciera de México parecía no haber cambiado, pues a pesar de su independencia, México seguía siendo "el país de la desigualdad".



Descarrilamiento del tren de Tlalpan, fines del siglo XIX. *Página siguiente:* grabado de José Guadalupe Posada.

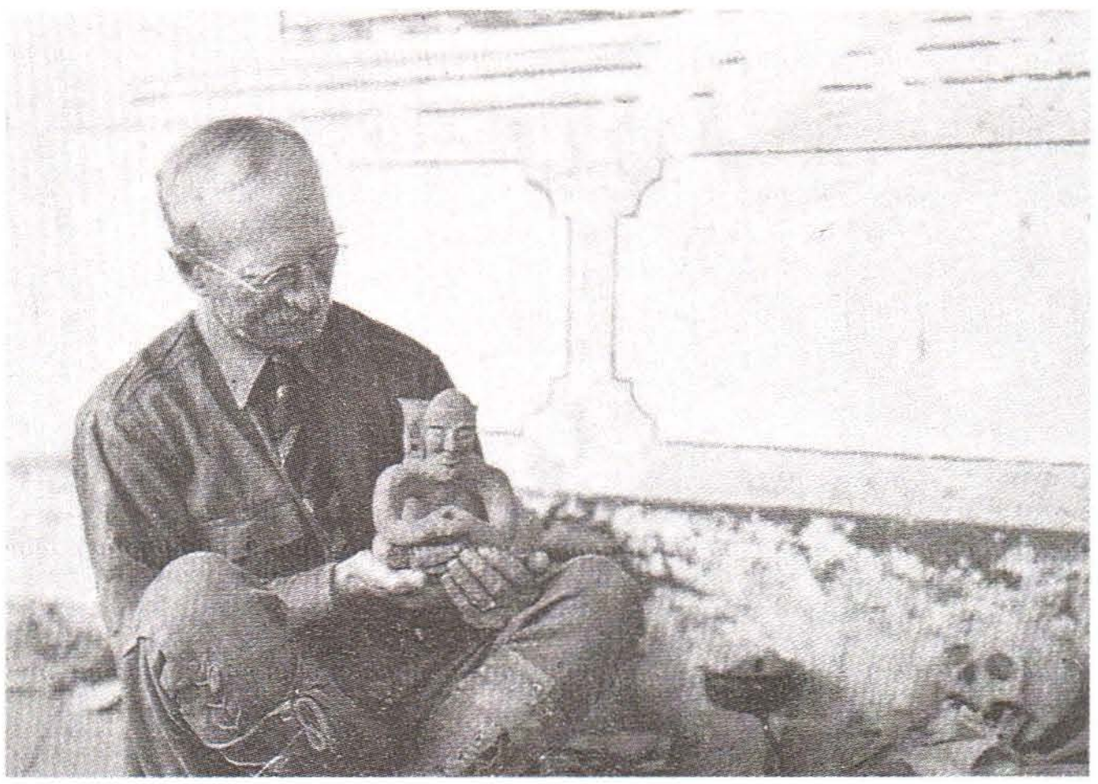
La revuelta de las comunidades

Aunque iniciado por un reclamo democrático, el movimiento armado de 1910 fue principalmente la revuelta de las comunidades campesinas, cuyas demandas fueron resueltas en el papel en la nueva Constitución; sin embargo, para hacerlas realidad, cada comunidad, en cada región del país, tuvo que librar una batalla legal por la restitución de sus tierras desempolvando los documentos antiguos que respaldaban sus derechos y haciendo eternas antesalas a lo largo de varios años —un promedio de siete en la zona del Pedregal—, encomendados a la buena disposición del gobierno en turno, que cambió varias veces durante los inicios del nuevo régimen, y frente a la resistencia que siguieron oponiendo los hacendados que buscaban congraciarse con el gobierno revolucionario.

En la zona del Pedregal los primeros trámites de restitución de tierras comunales, también denominadas ejidos, comenzaron en la década de 1920, con éxito para algunos, como el caso de los pobladores de San Jerónimo y Padierna, quienes recuperaron parte de sus tierras de manos del rancho de Copilco —ubicado en la porción centro-occidental del Pedregal—, y los de San Andrés, San Nicolás Totolapan, San Bartolo Ameyalco y Padierna, cuyas tierras les fueron restituidas por la inmensa hacienda de Mipulco, que quedó reducida a la mitad; mientras que otros, con menos suerte, se vieron obligados a continuar su interminable peregrinar por juzgados y oficinas, enfrentando a los ha-

cendados y sufriendo los incesantes vaivenes del gobierno.

La década de 1930 resultó más favorable para las comunidades, principalmente durante el gobierno de Lázaro Cárdenas, quien en seis años repartió más de 17 millones de hectáreas en el país, mientras que todos los gobiernos anteriores sólo habían entregado siete y medio millones. En el Pedregal, la hacienda del Arenal quedó reducida a 153 hectáreas, y a 500 hectáreas la de Mipulco, al tiempo que, con el renuevo de la organización comunitaria, algunos ejidatarios de esta zona, como los de Magdalena, crearon cooperativas forestales con el fin de explotar la riqueza de sus bosques. Sin embargo, no todo fue concordia en las relaciones con el gobierno de Cárdenas, pues la creación en 1936 del Parque Nacional Cumbres del Ajusco, que comprendía el extremo sur del Pedregal, donde se encuentra el Xitle, impedía la dotación de más tie-



rras, lo que produjo cierto descontento entre algunos ejidatarios de esa zona.

Al mismo tiempo que el reparto de tierras tenía lugar en esta zona, en el extremo norte del Pedregal, entusiasmado por el hallazgo de restos humanos en una cantera de Coyoacán realizado por Zelia Nuttall a principios de siglo, Manuel Gamio realizó las primeras investigaciones arqueológicas entre las lavas del Pedregal de San Ángel, cerca de Copilco. En 1922, seguro de haber encontrado algo interesante, Gamio hizo venir a Byron Cummings, quien en 1925 sacó a la luz la pirámide circular de Cuicuilco, que perdió su revestimiento al usar explosivos para despejar la lava que la cubría, lo que ha dado pie a una larga serie de especulaciones acerca de su verdadero aspecto exterior.

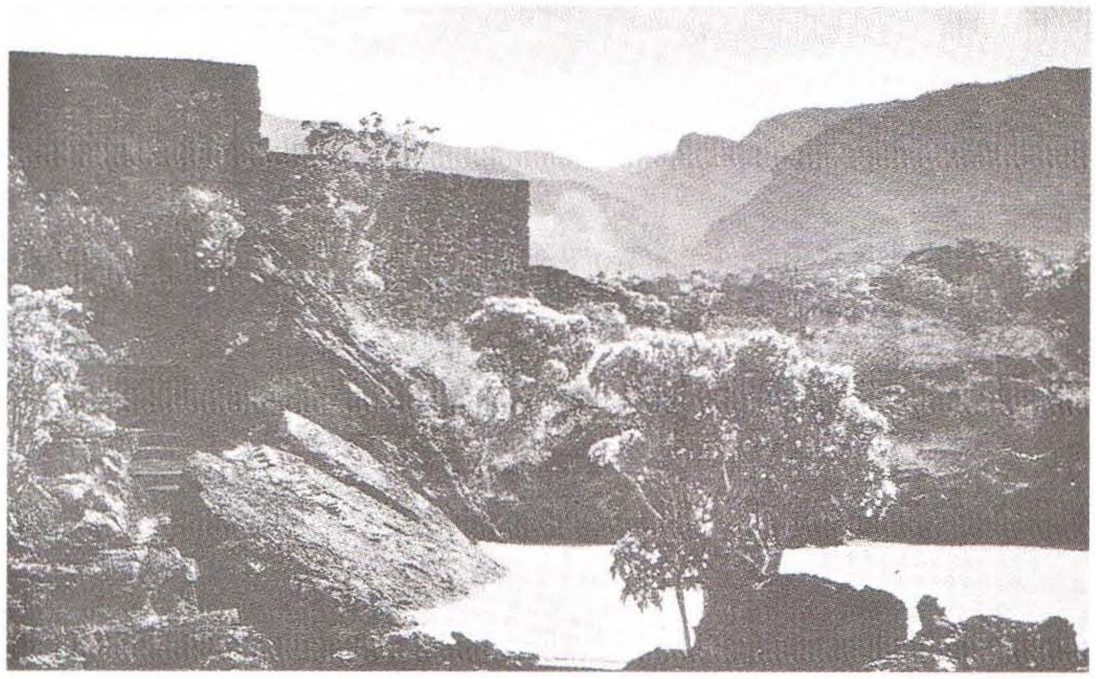
Sin embargo, antes de Manuel Gamio, ya se habían hecho varios hallazgos en esta zona. En las cuevas del Pedregal se habían encontrado algunas figuras y tepalcates de la época mexica, un adoratorio en la cima del cerro de Zacatépetl y, en diferentes sitios, diversos petroglifos que también pertenecen a la época mexica. Entre estos últimos sobresale una serpiente de casi 12 m de largo que se encontraba cerca del barrio de la Candelaria, descrita por Hermann Beyer en 1917, y que lamentablemente parece haber terminado en piedra de construcción.

Los arqueólogos no fueron los únicos en interesarse por este malpaís, pues, junto con ellos, geólogos, botánicos, zoólogos y una gran cantidad de naturalistas aficionados comenzaron a frecuentar el Pedregal de San Ángel y a realizar estudios formales, muchos de los cuales fueron pioneros.

La irrupción de la modernidad

La década de los cuarenta se caracterizó por su "espíritu moderno", lo que se manifestó por la introducción de nueva maquinaria en la industria, la apertura a empresas extranjeras, la revolución verde en el agro, la proliferación de electrodomésticos y plumas "atómicas", el debut de la televisión y el ocaso del nacionalismo en las artes, así como por las transformaciones del paisaje urbano con sus nuevos edificios, sus páneles publicitarios en inglés —el cambio de Dulcereal de Trigo a Sugar Smacks— y las tiendas llenas de cajas de Coca Cola y cigarros Lucky Strike.

Así, en esta época de modernidad, de "adiós a la imagen nacional de charro y china poblana", el reparto agrario disminuyó vertiginosamente y se retomó la idea liberal de hacer de todo ejidatario un pequeño propietario, al dictar una serie de medidas en pro del fraccionamiento del ejido y del pequeño propietario, lo que permitió a muchos antiguos terratenientes disimular sus grandes propiedades poniéndolas a nombre de algún familiar o "prestanombre", así como la acumulación de tierras por medio de la compra, no siempre legal. Las modificaciones del artículo 27 realizadas por el gobierno de Miguel Alemán impulsaron esta forma de obtención de tierras, principalmente en los límí-



Durante los años cincuenta y sesenta, el paisaje del Pedregal cambió con la construcción de varios fraccionamientos y de la Ciudad Universitaria. Atrás quedaban el aire rural que retratara Hugo Brehme (*página anterior, arriba*) y los hallazgos científicos de Hermann Beyer (*en el centro*) y Byron Cummings (*abajo*) en el agreste Pedregal.

tes de la creciente mancha urbana de la capital, lo que generó una ola de fraccionamientos y nuevas colonias.

De este modo, a principios de la década de los cincuenta el número de ejidos disminuyó, al tiempo que el de pequeños propietarios aumentó hasta llegar a ser mayoritarios en muchas regiones del país, como la zona sur del Pedregal de San Ángel que, inmersa en los problemas agrarios del país, sufrió la reducción de su superficie boscosa por la tala inmoderada, que se agravó al decidirse la disminución del área del Parque Nacional Cumbres del Ajusco, de 7 774 hectáreas que tenía a menos de 920, circunscrita ahora al cerro del Ajusco y sus alrededores. Mientras tanto, en la parte norte —todavía un malpaís que apenas era frecuentado por

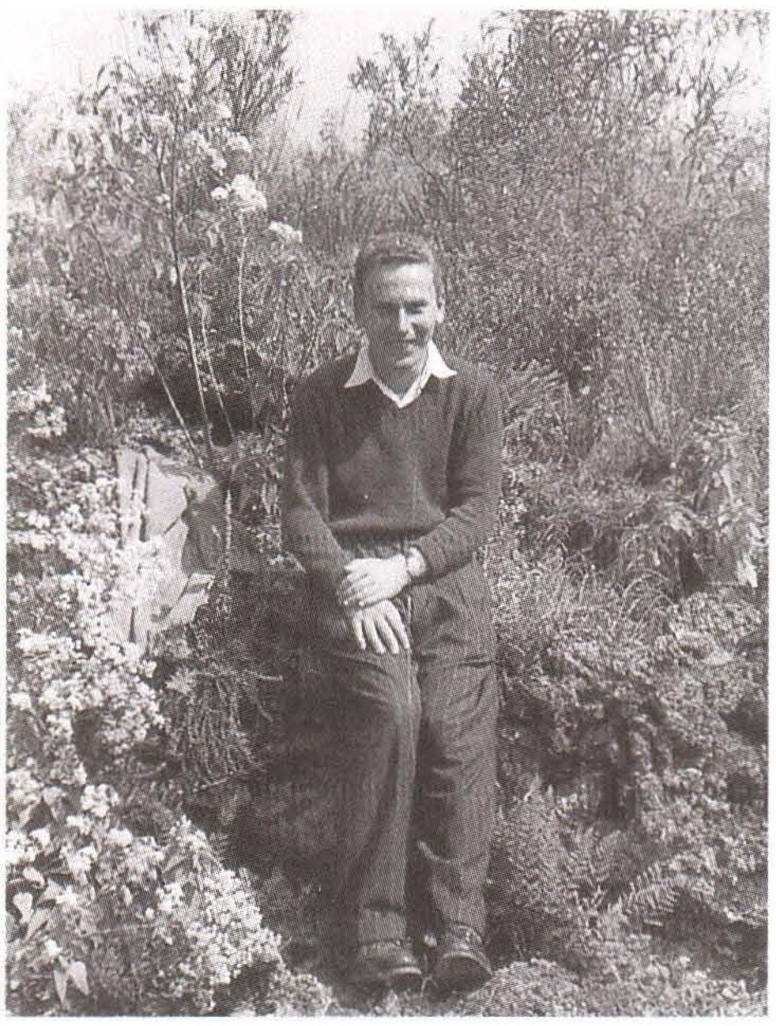
A fines de los cuarenta comenzaba la urbanización del lóbulo nor-oriental del Pedregal de San Ángel. Unos años después, desde el aire se podía distinguir el fraccionamiento Jardines del Pedregal y, un poco más al centro, el trazo de la Ciudad Universitaria. Cuarenta años más tarde, apenas se podía ver la parte de vegetación que quedaba en el interior de la Ciudad Universitaria y algunas áreas de bosque dispersas en la zona sur (*página siguiente*).

algún pintor como el Dr. Atl, un fotógrafo como Armando Salas Portugal o un botánico como Jerzy Rzedowski, quien a fines de esa década comenzó el primer estudio serio acerca de la vegetación del Pedregal de San Ángel— se iniciaban los trabajos de construcción del primer fraccionamiento de esta zona, Jardines del Pedregal, diseñado por el arquitecto Luis Barragán, quien buscó integrar las construcciones al agreste paisaje rocoso del Pedregal. Posteriormente, a su alrededor otros siguieron sus pasos, casi siempre con menos fortuna, provocando una acelerada contracción del área occidental del Pedregal.

Al mismo tiempo, entre lo que era el río Magdalena y el nuevo tramo de la avenida de los Insurgentes, se construía la Ciudad Universitaria, proyecto que se inició en 1947 como parte del gran programa de obras públicas lanzado por el gobierno de Miguel Alemán, quien dotó a la Universidad Nacional de un terreno de 7 km^2 sobre las lavas del Xitle. Allí, bajo la dirección del arquitecto Carlos Lazo, cientos de trabajadores laboraron sin cesar

para levantar esta magna obra que terminaría con la vida universitaria del centro de la ciudad y congregaría a miles de estudiantes en medio de este imponente paisaje. Para no romper con éste, con piedra extraída del mismo Pedregal circundante se construyeron bardas, escaleras y algunos detalles de los edificios, en cuyo acabado quedó plasmada la mano de los grandes muralistas de México.

Tal vez uno de los desaciertos que más repercusiones tuvo sobre la vegetación natural de esta parte del Pedregal fue la siembra de árboles de eucalipto (*Eucalyptus resinifera*), especie nativa de Australia que llegó a América a fines del siglo pasado y que en aquel entonces causaba sensación por su resistencia y rapidez de crecimiento, sin sospechar que al cabo de unas décadas se convertiría en una plaga. Plantados en 1951 a lo largo del circuito interior de la Ciudad Universitaria, los eucaliptos aumentaron su población durante estos años en casi 10% anual debido a su rápido crecimiento, su resistencia a la escasez de agua, las heladas y los incendios, su capacidad para absorber grandes cantidades de agua y crecer incluso en suelos muy pobres, así como su abundante producción de semillas de gran resistencia y su considerable tamaño, remplazando a los árboles nativos de esta zona. Además, sus flores son tóxicas para algunos insectos polinizadores nativos, por lo que es común ver durante la época de floración de estos árboles numerosos cadáveres de insectos esparcidos en el suelo alrededor del tronco.



De 1950 a 1960 la población de la Ciudad de México aumentó de 3 300 000 habitantes a más de 5 millones, concentrando en la todavía denominada región más transparente 15% del total de la población del país; en 1970 este número se duplicó, y llegó a casi 15 millones de habitantes en 1980. Su tamaño continuó aumentando, engullendo pueblos enteros, bosques, ríos... y pedregales. Las porciones oriental y sudoriental del Pedregal de San Ángel se vieron gravemente afectadas por el establecimiento de numerosos barrios que poco a poco ganaron terreno a la lava, destruyendo su flora y fauna.

Así, a principios de los ochenta la superficie del Pedregal se encontraba prácticamente cubierta de concreto, con excepción de algunas porciones aisladas de bosque de encino, los alrededores del Xitle, y una extensión nada desdeñable de matorral de palo loco en terrenos de la Universidad. Las pérdidas habían sido grandes, pues además de terminar con la diversidad topográfica y de tipos de vegetación que había en el derrame de lava, se estima que de las 36 especies de mamíferos que allí llegaron a existir hoy sólo quedan 22, y únicamente 226 de las 345 especies de plantas con flores identificadas por Jerzy Rzedowski en 1954.

Jerzy Rzedowski, en el Pedregal a fines de los años cuarenta, cuando realizaba su trabajo de tesis de licenciatura, el primer estudio completo de la vegetación del Pedregal de San Ángel.

La creación de la Reserva del Pedregal de San Ángel

Preocupados por la acelerada destrucción del Pedregal, e imbuidos por una nueva conciencia acerca de los problemas ambientales, en 1983 un grupo de universitarios de la Facultad de Ciencias inició un movimiento para que se protegiera el último reducto de una de las comunidades vegetales del Pedregal, el matorral de palo loco, que para entonces sólo existía en los terrenos de la Universidad, justo donde se planeaba construir nuevos edificios y avenidas. Conscientes de la importancia biológica de las áreas amenazadas por haber realizado en ellas durante años diversos trabajos de investigación y prácticas de campo, profesores y estudiantes, principalmente de biología, elaboraron una propuesta para desviar el trazo del nuevo tramo del circuito exterior y proteger las zonas mejor conservadas. Varios fueron los meses de negociaciones con las autoridades universitarias que se requirieron para llegar a un acuerdo y declarar "zona ecológica inafectable" una superficie de 1.24 km^2, dividida en cinco áreas distintas. El decreto, firmado el 30 de septiembre de 1983 por el entonces rector de la Universidad, doctor Octavio Rivero Serrano, constituyó un primer paso en el reconocimiento de la importancia que posee el matorral de palo loco del Pedregal y las especies que allí viven. El reordenamiento y ampliación de esta zona protegida que tuvo lugar en 1990, consolidó la anterior medida. Se amplió su superficie de 1.24 a 1.46 km^2, y se redefinió el área, estableciendo una división entre la llamada zona núcleo, que es inafectable, y una zona de amortiguamiento, cuyo fin es "moderar de manera natural los efectos negativos ocasionados por la presencia de las instalaciones existentes dentro de la zona de Reserva". En esta última zona se incluyeron, entre otras, las áreas aledañas al Centro de Ecología, el Jardín Botánico y el Espacio Escultórico. La UNAM se convertía así en responsable de lo que es quizá el área natural protegida más extensa del mundo ubicada dentro de una ciudad, a su vez quizá también la más grande del planeta, con todos los problemas que esto implica.

La Reserva Ecológica del Pedregal depende directamente de la Coordinación de la Investigación

Científica, y está dirigida por un Comité Ejecutivo compuesto por profesores e investigadores de la Facultad de Ciencias, el Instituto de Biología, el Centro de Ecología, el Jardín Botánico y el Programa Universitario del Medio Ambiente. Cuatro son los propósitos fundamentales de esta área protegida: conservación, investigación, docencia y difusión. La Reserva constituye un verdadero laboratorio donde estudiar la dinámica de las poblaciones de los organismos, sus interacciones, el proceso de sucesión, los efectos de la flora y la fauna introducidas y muchos otros temas más; al ser parte integrante del campus universitario, permite realizar seguimientos con gran detalle y facilidad, y hace de ella un lugar idóneo para las prácticas de campo que se llevan a cabo en varios de los cursos de la carrera de biología.

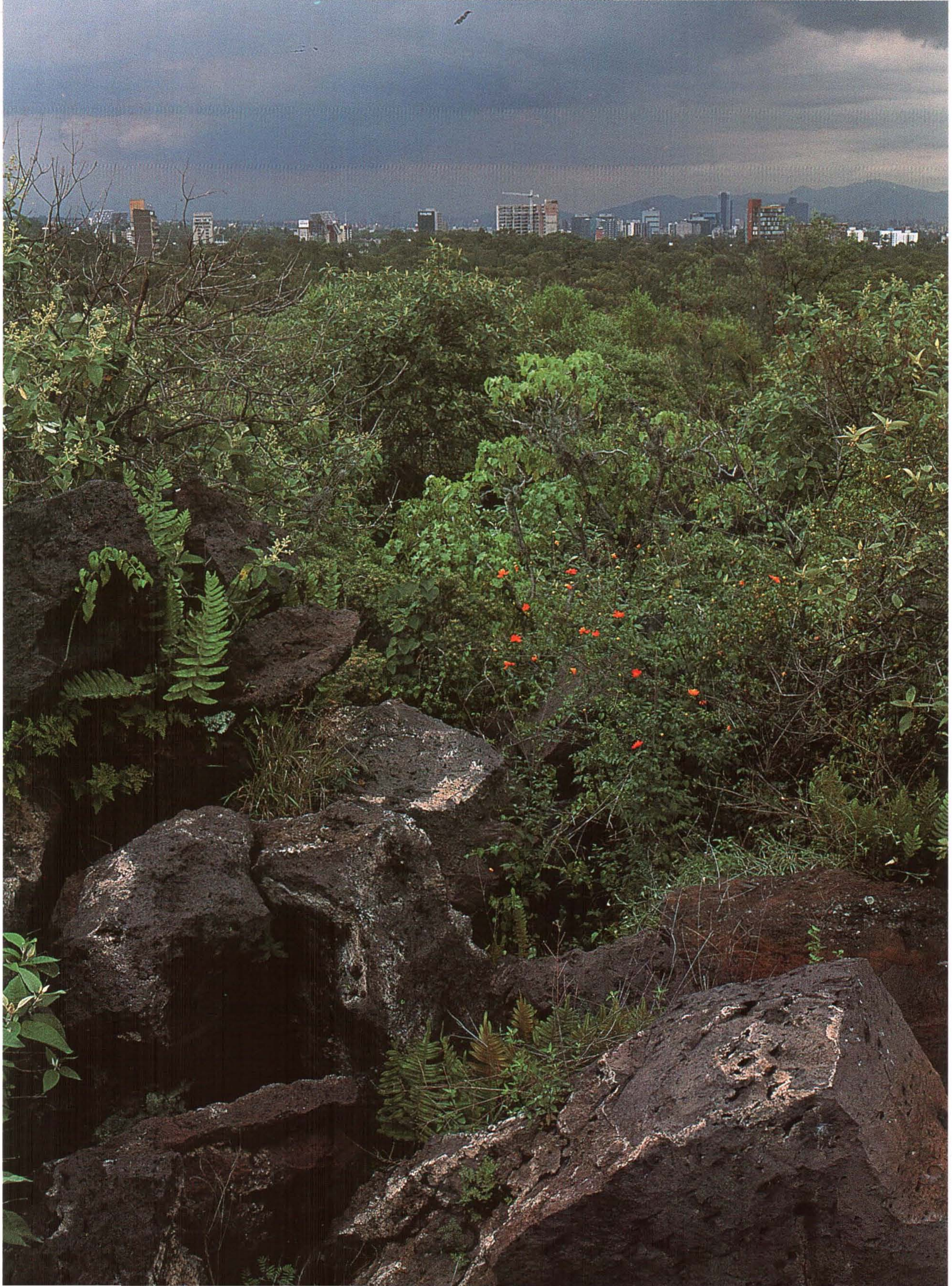
Entre los programas de investigación y restauración de la Reserva Ecológica se encuentra la propagación de la biznaga de chilito (*Mammillaria sanangelensis*), una cactácea que crece exclusivamente en el Pedregal de San Ángel y que hace algunos años estaba a punto de desaparecer de la faz de la Tierra debido a la intensa colecta que de ella se hace para uso ornamental. Unos cuantos ejemplares de esta especie fueron encontrados en la Reserva y, mediante la técnica de cultivo de tejidos llevada a cabo en los laboratorios del Jardín Botánico de la UNAM, se ha logrado propagar una gran cantidad de plántulas. Esta técnica consiste en colocar en un frasco con una solución que contiene una alta concentración de nutrientes y hormonas, a temperatura, luz y humedad controladas, células de biznaga que se multiplican formando una nueva planta que puede después trasplantarse a su medio natural: las rocas del Pedregal de San Ángel.

Otro de los programas de restauración ecológica es el de revertir los efectos extremadamente nocivos que siguen causando los árboles de eucalipto a la vegetación original del Pedregal, mediante el cual se busca remplazarlos por especies de árboles nativos con el fin de restituir el paisaje original y evitar los daños que causa esta especie a otros árboles y plantas, así como a algunos insectos. Debido a la ubicación de la Reserva Ecológica dentro de la Ciudad Universitaria, este programa se ha extendido a todo el campus, por lo que en este momento se lleva a cabo el remplazo de los árboles de eucalipto que han crecido en los camellones de las avenidas del mismo campus, por especies de árboles nativos de México. Esto ha propiciado la elaboración de un programa ecológico que intenta recuperar el agua de lluvia, dirigiéndola hacia las zonas con vegetación natural para que ésta sea captada por los mantos acuíferos.

Asimismo, y para evitar la extracción de plantas, que se usen algunos puntos como depósitos de basura, que pululen los grupos de perros que llegan a atacar la fauna silvestre y que se provoquen incendios en su interior —intencional o accidentalmente—, se decidió levantar una barda alrededor de la Reserva. Sin embargo, se obtienen pocos resultados con este tipo de medidas si no se cuenta con el apoyo de los profesores, estudiantes y trabajadores universitarios, así como de los habitantes de las colonias aledañas, por lo que es necesario elaborar un programa de difusión que logre crear una conciencia acerca de la importancia de la Re-

Vista aérea del Jardín Botánico exterior.

serva Ecológica y de la necesidad de protegerla. Con este fin se ha abierto un sendero de cerca de 180 m de longitud, conocido como "senda ecológica", que parte de *Universum*, Museo Universitario de las Ciencias, y a lo largo del cual los visitantes pueden apreciar el paisaje del Pedregal, conocer algunas de las especies de plantas más características de la zona y, por medio de las representaciones colocadas en algunas rocas, hacerse una idea de los animales que aún viven allí. Un guía suele acompañar a los grupos, en su mayoría de niños, con el propósito de ilustrar el recorrido y responder a sus preguntas, con el fin de crear en los visitantes una mayor conciencia acerca de la importancia que tiene la conservación y el buen uso de la diversidad biológica de nuestro país y, sobre todo, de la necesidad de preservar la pequeña superficie que queda de la larga y compleja historia narrada en estas páginas, de ese espacio que tanto tardó en llenar el tiempo y que llegó a ser la zona de mayor diversidad de la cuenca de México, y que aún es una de las más atractivas y de gran belleza: el Pedregal de San Ángel.



Epílogo

Aunque el término "biodiversidad" ha cobrado particular vigencia de unos 10 años a la fecha y en la actualidad resulta ser una de las palabras clave en el lenguaje de los conservacionistas y de muchos biólogos, el concepto en sí dista de ser nuevo. Así, por ejemplo, se sabe desde hace más de un siglo que el territorio del país da abrigo a una de las floras y faunas más variadas del planeta. También se diagnosticó desde la década de los cincuenta que el estado de Oaxaca es biológicamente el más diverso de la República y desde hace tiempo se estima que alberga aproximadamente la mitad de las especies de plantas y de animales que existen en México.

Pero, preguntará el lector, ¿qué tiene que ver tan pomposa introducción con nuestro Pedregal de San Ángel? Sigamos, pues, a partir de otro cabo.

Uno de los naturalistas importantes que exploraron esta corriente de lava fue el norteamericano Cyrus G. Pringle, quien conoció muy bien nuestro país, pues se dedicó a recorrerlo a lo largo y ancho durante 25 años. En 1897 visitó por primera vez lo que acostumbraba llamar el "pedrigal" y las impresiones que recogió del lugar fueron publicadas en forma de notas, parte de las cuales traduzco a continuación: "Aún persiste y debe permanecer para siempre como una reserva natural e indomablemente silvestre, en cuyos protegidos e inaccesibles recovecos se perpetúa de manera segura un sinnúmero de especies. [...] Aparecieron aquí plantas que conocí en regiones alejadas, plantas de picos de montañas, de planicies y de valles. [...] El 'pedrigal' es un vasto y singular parque natural ubicado cerca de una populosa ciudad y sería deseable que se le declare parque público, que se le proteja de destrucciones ulteriores y que se abra extensamente a los visitantes".

En 1954 se dio a conocer la primera aproximación al inventario de la flora del Pedregal de San Ángel y de tal fuente sabemos que en estos 80 km^2 existe, o más bien existía aún a mediados del siglo XX, algo menos de la mitad de las especies de plantas registradas en toda la cuenca hidrográfica conocida como Valle de México, que tiene más de 7 500 km^2 de extensión.

En otras palabras, cabe señalar que en cuanto a la variedad de la flora (e incuestionablemente también de la fauna) se refiere, el Pedregal llegó a desempeñar en el Valle de México el papel de un reservorio de una magnitud similar a la de Oaxaca frente a la de todo nuestro país, y a la de México con respecto a toda la corteza terrestre.

Tal concentración de diferentes formas de vida en un área relativamente reducida, obedece en parte al hecho de que la corriente de lava que nos ocupa se extendió a lo largo de un intervalo altitudinal de cerca de 1 000 m, y por consiguiente las condiciones de humedad y de temperatura que imperan en los alrededores del volcán Xitle son profundamente diferentes de las registradas cerca de Coyoacán o de Churubusco.

Sin embargo, es de mucha mayor trascendencia la extraordinaria diversidad de microambientes o pequeños nichos ecológicos que ofrece la superficie de la roca, llena no solamente de rugosidades, sino de fracturas someras y profundas, oquedades, grietas de todos tipos y tamaños, montículos, pozos, depresiones, paredes y explanadas.

Una de las notables características de los "malpaíses" basálticos es la permeabilidad, de suerte que su superficie no tiende a desarrollar vías de drenaje y el conjunto pétreo, con los materiales subyacentes, actúa como una esponja que absorbe rápidamente el agua de lluvia y la libera poco a poco a través de manantiales —muchos de ellos ubicados en sus propios márgenes— que han sido los principales responsables del establecimiento del rosario de poblados que entornan el lóbulo inferior del Pedregal de San Ángel desde hace cientos de años. Cabe señalar que la influencia que ejercieron estos poblados sobre la integridad, la flora y la fauna de la corriente de lava, resultó insignificante hasta fines del siglo pasado.

El primer gran embate a la fortaleza fue la construcción del ferrocarril de Cuernavaca, que rasgó las porciones media y alta de la corriente de lava entre las paradas de Eslava y Ajusco. De consecuencias mucho más hondas, no obstante, resultó la comunicación directa por carretera entre San Ángel y Tlalpan que, en los años cuarenta, abrió la puerta a la invasión masiva de la creciente capital de la República.

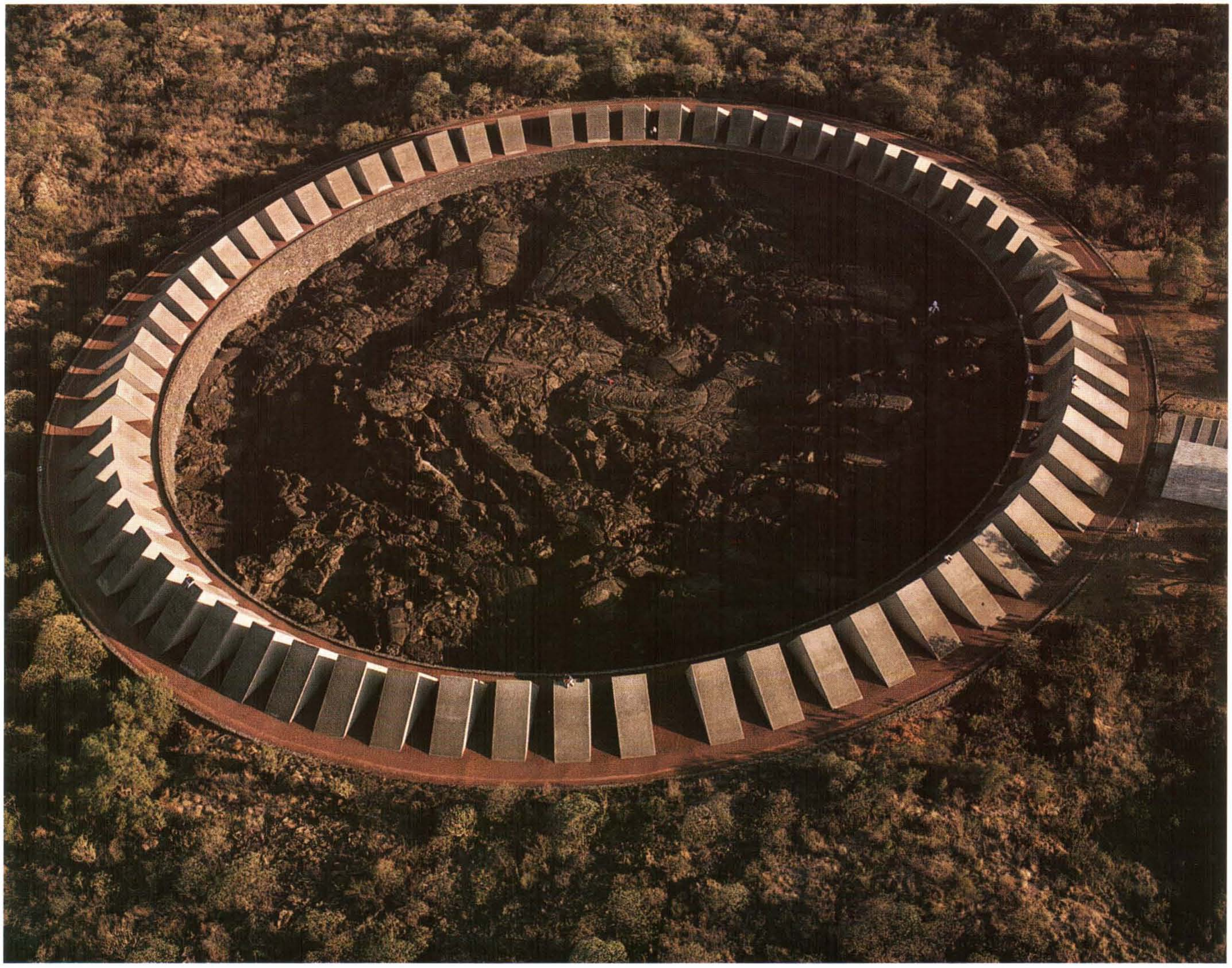
Al principio de la década de los cincuenta comenzó la edificación de la Ciudad Universitaria. De poco valieron las protestas y las sugerencias de ubicar nuestra gran Casa de Estudios en otro sitio, pues

la decisión política ya estaba tomada. Hoy, el grueso de lo que era el Pedregal forma parte de la urbe más grande del mundo y no hay ninguna esperanza de recuperar esta pérdida. En tales condiciones debemos sentirnos particularmente afortunados de que se haya logrado la conservación de un fragmento del mismo, gracias a los esfuerzos de estudiantes y profesores de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional.

El daño está hecho y todos somos culpables. Empero, más que lamentarnos lo que procede es hallar, destacar y poner en práctica los aspectos positivos de los acontecimientos. Uno de ellos, sin duda, es la creación misma de la Reserva, hecho que en definitiva atestigua un cambio diametralmente opuesto en la manera de pensar, no sólo de la comunidad universitaria, sino de la opinión pública en general y en la mentalidad de los individuos responsables de las decisiones. Es imperativo proteger la integridad y espontaneidad de esta Reserva de todos los posibles embates, pues si no logramos defenderla habremos perdido una batalla formidable en la lucha por la conservación del patrimonio natural de México.

Todo ello nos lleva al otro punto que me parece de particular significación y que concierne a la enseñanza que hemos de extraer de esta experiencia y a la búsqueda del establecimiento de mecanismos eficaces que impidan que en otras partes se repita lo que aquí ha sucedido. El gran reto del futuro de nuestro país consiste en alcanzar el equilibrio adecuado entre el aprovechamiento sostenido y la conservación perpetua del suelo, del agua, de las plantas y de los animales.

Así, después de dar toda la vuelta, regresamos al tema de la biodiversidad.



El Espacio Escultórico, en la Ciudad Universitaria, es una escultura circular de 120 metros de diámetro, con 64 módulos colocados simétricamante sobre un anillo de piedra dentro del cual está la lava del Xitle despojada casi por completo de vegetación —"la verdadera escultura"—, según la propuesta de sus propios autores: Helen Escobedo, Manuel Felguérez, Mathias Goeritz, Hersúa, Sebastián y Federico Silva, qe colaboraron en este proyecto de 1978 a 1980 como un "homenaje abierto a la Naturaleza".

Agradecimientos

Bibliografía

Fotografías e ilustraciones

Agradecimientos

En primer lugar deseo externar mi más profundo agradecimiento a Fulvio Eccardi, con quien inicié este proyecto, como otros tantos ya, con muchas ideas y entusiasmo, y que, por diversas circunstancias, no pudo continuar. A él, que junto con Jorge Soberón fraguó la idea de hacer un libro acerca de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, debe mucho este libro. Y, en el mismo orden, agradezco a Gerardo Suárez y al mismo Jorge Soberón el apoyo brindado.

Cuando de ciencia se trata, es raro encontrar un corrector de estilo que realmente entienda lo que está leyendo. En la elaboración de este libro yo tuve el privilegio de ver mis textos corregidos por Teresa Segovia y por Antonio Bolívar. Aquí hago público mi agradecimiento a su atención y sus enseñanzas. Extiendo este agradecimiento a Adriana Canales, quien, con empeño y paciencia, resolvió las dificultades de diseño que surgían cual cabeza de hidra, y al apoyo técnico que le brindó Eduardo González.

A Miguel León-Portilla y Jerzy Rzedowski agradezco su participación especial, que mucho enriquece este libro; a Juan Manuel Espíndola, Patricia Ochoa, Ana Lillian Martin del Pozzo, Ken Oyama, Zenón Cano-Santana, Héctor Arita, Luis Eguiarte, Jorge Meave, Alma Orozco y Carlos Vázquez Yanes, sus textos especializados.

Agradezco también la colaboración de Román Álvarez, director del Instituto de Geografía; de Roberto Bonifaz Alfonzo y Alma Luz Cabrera Sánchez, del Laboratorio de Cómputo del Instituto de Geografía; del Instituto Nacional de Bellas Artes; de la Fototeca del Instituto de Investigaciones Estéticas; del Museo Nacional de Arte; del Museo-Casa Diego Rivera, en Guanajuato; del Centro de Investigaciones de Historia de México Condumex; de Alfonso Valiente, Coro Arizmendi, Gerardo Ceballos y Ariel Rojo, del Centro de Ecología; de Abisaí García, del Jardín Botánico; de Beatriz González y Nelly Diego, de la Facultad de Ciencias; de Santiago Zaragoza, Manuel Balcázar y Harry Brailovsky, del Instituto de Biología; de Ramón Mena, del Instituto de Geofísica; de José R. Romero, del Instituto de Investigaciones Históricas; de Patricia Magaña, Ruan Almeida y Silvia Torres, de la revista *Ciencias*, y de Roxana Acevedo, Rosalba Becerra, Hugo Vargas, Jacinto Barrera y Thalía Iglesias.

De entre los asesores, un agradecimiento especial merecen Zenón Cano-Santana y Jorge Meave, quienes revisaron cuidadosamente el manuscrito y lo enriquecieron con sus sugerencias y comentarios, respondiendo a mis incesantes preguntas con inmejorable disposición. Víctor Castillo, quien siempre tiene la paciencia de contestar mis preguntas de neófito, hizo lo mismo con la parte de historia.

Finalmente, quiero mencionar aquí a Karina Santos del Prado, quien leyó y releyó el manuscrito, haciendo innumerables sugerencias y correcciones, y opinó acerca de todos los pasos que llevaron a la elaboración de este libro; sin ella, como se ha vuelto lugar común decir en estos casos, hacer este libro no hubiera sido lo mismo.

Bibliografía

Abellán Mora, Eusebio. *El eucalipto: cultivo y aprovechamiento*, Síntesis, Barcelona.

Aguirre Beltrán, Gonzalo. *Regiones de refugio. El desarrollo de la comunidad y el proceso dominical en Mestizoamérica*, Instituto Nacional Indigenista, México, 1973.

Agustín, José. *Tragicomedia mexicana 1: la vida en México de 1940 a 1970*, Planeta, México, 1990.

Agustín, José. *Tragicomedia mexicana 2: la vida en México de 1970 a 1982*, Planeta, México, 1992.

Almanaque Bouret para el año 1897, Colección Facsímiles, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, México, 1992.

Alvarado Tezozómoc, Fernando. *Crónica Mexicáyotl*, Primera Serie Prehispánica 3, Instituto de Investigaciones Históricas, unam, 1949.

Arámbula, Ivonne y Gabriela Dena. "San Agustín de las Cuevas, Tlalpan", en *Boletín de Monumentos Históricos*, núm. 4, pp. 53-70, 1980.

Archivo General de la Nación. Ramo Alcaldes Mayores, vol. 5, f. 132.

Archivo General de la Nación. Ramo Tierras, vol. 1486, exp. 3, f. 10.

Archivo General de la Nación. Ramo Ayuntamientos, vol. 195.

Arróniz, Marcos. *Manual del viajero en México* [1858], Colección Facsímiles, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, México, 1991.

Atlas de la Ciudad de México, Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México, México, 1987.

Badilla Cruz, Ramón R. "Estudio petrológico de la lava de la parte noreste del Pedregal de San Ángel, D.F.", en *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, XXXVIII(1), pp. 40-57, 1977.

Báez M., Eduardo. *Obras de fray Andrés de San Miguel*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1992.

Baz, Gustavo. *Historia del Ferrocarril Mexicano*, Gallo y Compañía, México, 1874.

Benítez, Fernando. *Historia de la Ciudad de México*, vols. 4, 5 y 6, Salvat, México, 1984.

Benítez Badillo, Griselda. *Árboles y flores del Ajusco*, Universidad Nacional Autónoma de México-Museo de Historia Natural de la Ciudad de México, México, 1986.

Beyer, Hermann. "Sobre antigüedades del Pedregal", en *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, vol. 37(1), pp. 1-16, 1917.

Cardoso, Ciro (coord.). *México en el siglo XIX (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*, Nueva Imagen, México, 1983.

Cano-Santana, Zenón y Ken Oyama. "Variation in leaf pubescence of *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) and its implications for herbivory", en *Oecologia*, núm. 92, pp. 405-409, 1992.

Cano-Santana, Zenón. *Flujo de energía a través de* Sphenarium purpurascens *(Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófita*, Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1994.

Cano-Santana, Zenón y Ken Oyama. "*Wigandia urens* (Hydrophyllaceae): un mosaico de recursos para sus insectos herbívoros", en *Acta Botánica Mexicana*, núm. 28, pp. 29-39, 1994.

Ceballos, Gerardo y Carlos Galindo. *Mamíferos silvestres de la cuenca de México*, mab/unesco-Limusa, México, 1984.

Códice Ramírez. Relación del origen de los indios que habitan en la Nueva España según sus historias, Secretaría de Educación Pública, México, 1975.

Córdova, Carlos, Ana Lillian Martin del Pozzo y Javier López. "Paleoland forms and volcanic impact on the environment of prehistoric Cuicuilco Southern Mexico City", en *Journal of Archaeological Science* (en prensa).

Crosby, Alfred W. *Imperialismo ecológico*, Grijalbo, Barcelona, 1988.

Crosby, Alfred W. *El intercambio transoceánico. Consecuencias biológicas y culturales a partir de 1492*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1991.

Cummings, Byron. "Cuicuilco and the Archaic Culture of Mexico", en *University of Arizona Bulletin*, vol. IV(8), pp. 1-56, 1933.

Cummings, Byron. "Ruins of Cuicuilco may revolutionize our history of ancient America", en *National Geographic*, pp. 202-220.

De la Cruz, Martín. *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis* (traducido al latín por Juan Badiano), Fondo de Cultura Económica-Instituto Mexicano del Seguro Social, México, 1964.

De Gortari Rabiela, Hira y Regina Hernández Franyuti (comps.) *Memoria y encuentros: la Ciudad de México y el Distrito Federal (1824-1928)*, tomos I, II y III, Departamento del Distrito Federal-Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, México, 1988.

De la Maza Ramírez, Roberto. *Mariposas mexicanas. Guía para su colecta y determinación*, Fondo de Cultura Económica, México, 1987.

Denno, R.F. y M.S. McClure (eds.). *Variable Plants and Herbivores in Natural and Managed Systems*, Academic Press, Nueva York, 1983.

Durán, Fray Diego. *Historia de las Indias de Nueva España e islas de tierra firme* [1867-1880], 2 tomos, Banco Santander, Madrid, 1990.

Espinasa Pereña, Ramón. "Tubos de lava y formas asociadas en el Pedregal del Xitle", en *Memorias del XIII Congreso Nacional de Geografía, "México ante el siglo XXI"*, tomo I, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, México, 1992.

Espíndola, J.M. "Las catástrofes geológicas", en *Cuadernos del Instituto de Geofísica*, núm. 3, 1990.

Ezcurra, Exequiel. *De las chinampas a la megalópolis. El medio ambiente en la cuenca de México*, Colección La Ciencia desde México, núm. 91, Fondo de Cultura Económica, México, 1990.

Fernández del Castillo, Francisco. *Apuntes para la historia de San Ángel y sus alrededores*, Porrúa, México, 1987.

Friederici, Georg. *El carácter del descubrimiento y de la conquista de América. Introducción a la historia de la colonización de América por los pueblos del Viejo Mundo*, Fondo de Cultura Económica, México, 1987.

Gamboa, Federico. *Santa*, Fontamara, México, 1993.

Gamio, Manuel. *Las excavaciones del Pedregal de San Ángel y la cultura arcaica del Valle de México*, Publicaciones de la Secretaría de Educación Pública, vol. XXII(2), pp. 1-21, México, 1929.

García Cubas, Antonio. *Diccionario geográfico, histórico y biográfico de la República Mexicana*, tomo V, Antigua Imprenta de las Escalerillas, México, 1897.

García Cubas, Antonio. "Fiestas del azar en Tlalpan", en *Artes de México*, núm. 13, pp. 47-52, 1991.

Gemelli Carreri, Giovanni Francesco. *Le Mexique à la fin du XVIIème siècle*, Calmann-Lévy, París, 1968.

Gibson, Charles. *Los aztecas bajo el dominio español 1519-1810*, Siglo XXI, México, 1967.

Gruzinski, Serge. *El destino truncado del imperio azteca*, Aguilar, México, 1992.

Gruzinski, Serge. *La guerra de las imágenes. De Cristóbal Colón a "Blade Runner" (1492-2019)*, Fondo de Cultura Económica, México, 1994.

Hallam, A. *Une révolution dans les sciences de la Terre*, Éditions du Seuil, París, 1976.

Heizer, Robert F. y James A. Bennyhoff. "Archeological excavations at Cuicuilco, Mexico, 1957", en *Research Reports*, National Geographic Society, pp. 203-220.

Hermosa, Jesús. *Manual de geografía y estadística de la República Mexicana* [1857], Colección Facsímiles, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, México, 1991.

Hernández, Francisco. *Historia natural de Nueva España*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1959.

Holmes, Arthur. *Geología física*, Omega, Barcelona, 1987.

Kirchhoff, Paul, Lina Odena Güemes y Luis Reyes García. *Historia tolteca-chichimeca*, Fondo de Cultura Económica, México, 1989.

León-Portilla, Miguel y Carmen Aguilera. *Mapa de México Tenochtitlan y sus contornos hacia 1550*. Celanese Mexicana, México, 1986.

Libby, W.F. *Radiocarbon Dating*, Chicago, 1951.

Libby, W.F. *Geoquímica y paleomagnetismo de la Sierra Chichinautzin*, Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1990.

López Austin, Alfredo, Edmundo O'Gorman y Josefina Vázquez de Knauth. *Un recorrido por la historia de México*, Sepsetentas, México, 1975.

López Austin, Alfredo. *Los mitos del tlacuache*, Alianza Editorial, México, 1990.

López Austin, Alfredo. *Tamoanchan y Tlalocan*, Fondo de Cultura Económica, México, 1994.

Lozano García, María del Socorro *et al.* "Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments of Chalco Lake, Central Mexico", en *Quaternary Research*, 40, pp. 332-342, 1993.

Manzanilla, Linda y Leonardo López L. (coords.). *Atlas histórico de Mesoamérica*, Larousse, México, 1990.

Marquina, Ignacio. *Arquitectura prehispánica*, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Martin del Pozzo, Ana Lillian. "Monogenetic vulcanism in Sierra Chichinautzin, Mexico", en *Bulletin Vulcanologique*, 45(1), pp. 9-24, 1982.

Martin del Pozzo, Ana Lillian. "Morfoestratigrafía volcánica del campo monogenético de Chichinautzin", en *Memorias del XIII Congreso Nacional de Geografía, "México ante el siglo XXI"*, tomo I, pp. 1-4, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, México, 1992.

Martin del Pozzo, Ana Lillian, Carlos Córdova y Javier López. "Paleoland forms and volcanic impact on the environment of prehistoric Cuicuilco, southern Mexico City", en *Journal of Archaeological Science*, vol. XXI, 1994.

Martin del Pozzo, Ana Lillian, Carlos Córdova y Javier López. "Volcanic impact on the southern basin of Mexico during the Holocene" (en prensa).

Martínez del Río, Pablo. "Les chasses 'Chacu' au Mexique et les ruines du Zacatepec", en *Journal de la Société des Américanistes*, núm. 26, pp. 293-300, 1934.

Martínez, José Luis. *Hernán Cortés*, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México, 1990.

Matos, Eduardo. "Un jugador de pelota en el Museo de Cuicuilco", en *Boletín del INAH*, núm. 34, pp. 30-32, 1968.

Medina, José Toribio. *Historia del Tribunal del Santo Oficio de la Inquisición en México*, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México, 1991.

Mena Bañuelos, Tania. "Las lagartijas, milagro médico del siglo XVIII", en *Epitafios*, vol. 2(5), pp. 57-58, 1993.

Mooser, Federico. "The Mexican volcanic belt: Structure and tectonics", en *Geofísica Internacional*, vol. 12(2), pp. 55-70, 1972.

Mooser, Federico. "Historia geológica de la cuenca de México", en *Memoria de las Obras del Sistema del Drenaje Profundo del Distrito Federal*, Departamento del Distrito Federal, México, 1975.

Moreno de los Arcos, Roberto. *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México, 1773-1775*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1977.

Morón, Miguel Ángel y Roberto A. Terrón. *Entomología práctica*, México, 1988.

Müller, Florencia. *La cerámica de Cuicuilco B: un rescate arqueológico*, Colección Científica, núm. 186, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 1990.

Navarrete, Carlos. "Cuicuilco y la arqueología del Pedregal", en *Arqueología*, núm. 5, pp. 69-84, 1991.

Novo, Salvador. *Breve historia de Coyoacán*, Era, México, 1962.

Nuttall, Zelia. "La cerámica descubierta en Coyoacán", en *Ethnos*, tercera época, núms. 3-4, pp. 82-86, 1925.

Orozco Segovia, Alma y Carlos Vázquez Yanes. *Especies invasoras: su impacto sobre las comunidades bióticas*, Serie Cuadernos de Conservación 2, Pronatura, México, 1993.

Palerm, Ángel. *México prehispánico. Ensayos sobre evolución y ecología*, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México, 1990.

Percheron, Nicole. *Problèmes agraires de l'Ajusco*. Colección de Estudios Mesoamericanos, núm. 8, Centro Francés de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, México, 1983.

Pérez Rosales, Laura. "Chimalistac y San Ángel durante el siglo XIX: un puente entre la tradición y la modernidad", en Manuel Ramos Medina (coord.), *Historia de un huerto*, Condumex, México, 1992.

Piña Chan, Román. *Una visión del México prehispánico*, Serie Culturas Mesoamericanas 1, Instituto de Investigaciones Históricas-unam, México, 1993.

Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution*, Oxford University Press, Nueva York, 1993.

Ramos Medina, Manuel (coord.). *Historia de un huerto*, Condumex, México, 1992.

Rivera Cambas, Manuel. *México pintoresco, artístico y monumental*, tomos I y II, México, 1882.

Robles Gil, Patricio, Fulvio Eccardi y Javier Robles Gil. *Las aves de México*, Centro de Arte Vitro, México, 1989.

Rojas Rabiela, Teresa (coord.). *La agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hasta nuestros días*, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-Grijalbo, México, 1990.

Rojo, Ariel (comp.). *Reserva ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1994.

Romano, Arturo. "Sistema de enterramientos", en *Antropología física. Época prehispánica*, pp. 85-112, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 1974.

Rzedowski, Jerzy. *Vegetación del Pedregal de San Ángel*, Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, 1954.

Rzedowski, Jerzy y Graciela C. de Rzedowski. *Flora fanerogámica del Valle de México*, vol. I, Compañía Editorial Continental, México, 1979; vols. II y III, Instituto de Ecología, México, 1985 y 1990.

Rzedowski, Jerzy. *Vegetación de México*, Limusa, México, 1988.

Sahagún, Fray Bernardino de. *Historia general de las cosas de la Nueva España*, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-Alianza Editorial Mexicana, México, 1988.

Sánchez Herrera, Óscar. "Herpetofauna of the Pedregal de San Ángel, D.F., Mexico", en *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* (16), pp. 9-18, 1980.

Sanders, W. T., M. Fletcher y Ch. Marino J. *The Formative Occupation of the Valley. The Teotihuacan Valley Project*, Department of Anthropology, State University of Pennsylvania, 2(10), 1975.

Sanders, William T., Jeffrey R. Parsons y Robert S. Santley. *The Basin of Mexico. Ecological Processes in the Evolution of a Civilization*, Academic Press, Nueva York, 1979.

Schávelzon, Daniel. *La pirámide de Cuicuilco. Álbum fotográfico, 1922-1980*, Fondo de Cultura Económica, México, 1983.

Schmitter, Eduardo. "Investigación petrológica en las lavas del Pedregal de San Ángel", en *Memoria del Congreso Científico Mexicano*, vol. III, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1953.

Serra Puche, Mari Carmen. *Los recursos lacustres de la cuenca de México durante el Formativo*, Instituto de Investigaciones Antropológicas-unam, México, 1988.

Serra Puche, Mari Carmen. "El sur de la cuenca de México durante el Formativo", en Marta Carmona M. (coord.), *El Preclásico o Formativo, avances y perspectivas*, Museo Nacional de Antropología, inah, México, 1989.

Seyfert, P. "Historical Geology", en *Cuadernos del Instituto de Geofísica*, núm. 3, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1990.

Soberón, Jorge. *Ecología de poblaciones*, Colección La Ciencia desde México, núm. 82, Fondo de Cultura Económica, México, 1990.

Sosa, Francisco. *Bosquejo histórico de Coyoacán*, México, 1890.

Stanley, Steven M. *Earth and Life Through Time*, W.H. Freeman, Nueva York, 1989.

Torquemada, Fray Juan de. *Monarquía indiana*, Porrúa, México, 1915.

Valente-Barnet, Alfonso y Efraín de Luna. "Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Ángel, México, D.F.", en *Acta Botánica Mexicana*, núm. 9, pp. 13-30, 1990.

Whitham, T.G. "Individual trees as heterogeneous environments. Adaptation to herbivory or epigenetic noise?", en R.F. Bennoy y H. Bingle (eds.), *Insect Life History Patterns: Habitat and Geographic Variation*, Springer-Verlag, Nueva York, 1981.

Wolf, Eric. *Pueblos y culturas de Mesoamérica*, Era, México, 1967.

Yarza de De la Torre, Esperanza. *Volcanes de México*, Instituto de Geografía-unam, México, 1992.

Fotografías e ilustraciones

Fotografías

Hugo Brehme: 156a, b

Michael Calderwood: 168

Gerardo Ceballos: 86a, b, 87, 100

Pablo Cervantes: 98b, c, 101b, c, 139a

Claudio Contreras Koob: 49a, b, 52a, b, 54, 55, 56b , 57a, 58, 60, 62, 64-65, 66, 67, 68a-d, 69a-d, 70a-c, 71, 72a, b, 73, 82a, 83a, 90-91, 101a, 104, 105, 107, 139b, 164

Fulvio Eccardi: 18-19, 28-29, 46-47, 50-51, 53, 56a, 57b, 59, 61, 76-77, 79, 80, 81a-c, 89, 92, 93, 94a, b, 95, 96, 97, 98a, 163

Carmen Loyola: 83b

Socorro Lozano: 30-31 (granos de polen y célula incluidos en la ilustración)

Hermanos Mayo (AGN): 157a, b

Aquiles Negrete: 86d

Armando Salas Portugal: portada, 2-3, 5, 12

Bob Schalkwijk: 40-41

Jorge Soberón: 75, 101d

Archivo Casasola, Instituto Nacional de Antropología e Historia: 10, 36a, b, 37, 38a-i, 39

Centro de Estudios Sobre la Universidad: 157c

Compañía Mexicana de Aerofoto, S.A.: 158-159

National Aeronautics and Space Administration, EUA: 20-21

Sistema de Información Geográfica, Instituto de Geografía: 42, 43

Reproducción de documentos, mapas e ilustraciones y de fotos de archivo:

Agustín Estrada

Ilustraciones y mapas

Adriana Canales: 125, 128

Susan Flaherty: 23, 26, 27a, b (basadas en Federico Mooser, con asesoría de Ramón Espinasa), 30-31 (con asesoría de Socorro Lozano y Clara Ramos), 32, 33 (basada en Mari Carmen Serra Puche), 34-35 (basada en Ignacio Marquina), 45 (basada en Ana Lillian Martin del Pozzo y Ramón Espinasa), 48 (basada en Ana Lillian Martin del Pozzo), 63 (basada en Ken Oyama y Zenón Cano-Santana), 85 (basada en Héctor Arita y Luis Eguiarte), 102a, b, 103, 109 (basada en Jerzy Rzedowski), 119 (basada en un mapa que aparece en *México prehispánico. Ensayos sobre evolución y ecología*, de Ángel Palerm)

Archivo General de la Nación: 126-127, 130

Mapoteca Manuel Orozco y Berra: 12, 148, 149, 150