

## IX. HABILITACIÓN AGRÍCOLA DE LOS TEPETATES DE LOS VALLES DE MÉXICO Y DE TLAXCALA

*Hermilio Navarro Garza\**  
*Christian Prat\*\**

Elemento indispensable para la agricultura, el suelo es considerado como un recurso no renovable. En efecto, se estima que en climas templados deben pasar varios siglos para que llegue a formarse un suelo, en tanto que bastan de unas cuantas lluvias de fuerte intensidad para que, simplemente, éste desaparezca. Sin embargo, a veces es posible revertir por completo esta situación. Tal es el caso de los horizontes volcánicos endurecidos, que en México se llaman *tepetates*; estas capas estériles y particularmente duras pueden ser trabajadas para formar un suelo nuevo ¡en el lapso de unas horas!

Lo que el hombre ha deshecho puede reconstituirse en parte, siempre y cuando se tomen en cuenta ciertas precauciones. Pero antes de intentarlo es preciso conocer el pasado y el presente para comprender cómo se originaron estos suelos, cómo los procesos erosivos han provocado el afloramiento de los tepetates, así como las prácticas agronómicas, socio-culturales y económicas realizadas en estas capas duras, y cómo las comunidades campesinas pueden rehabilitarlas. Pues, en definitiva, si podemos saber cómo crear nuevos suelos, al menos hay que saber para qué y para quién.

Es por ello que, por un lado, este artículo presenta las relaciones entre la historia de las poblaciones humanas, las condiciones socioeconómicas de las sociedades y el uso de los suelos y, por el otro, las consecuencias sobre el medio, en particular la aparición de los procesos erosivos que han provo-

\* Profesor-investigador del Centro de Desarrollo Rural del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agropecuarias, Montecillo, México.

\*\* Investigador del ORSTOM (Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación) asociado al Instituto de Recursos Naturales del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agropecuarias, Estado de México, México.

cado el afloramiento y la extensión de los tepetates en los valles de México y Tlaxcala. Estos dos valles adyacentes, aunque sus historias antiguas sean diferentes, tienen hoy los mismos problemas y no por ello se resuelven de la misma manera.

### ***Tepetate, talpetate, cangahua* y otros estratos volcánicos endurecidos de América Latina**

Los horizontes endurecidos de suelos volcánicos se llaman *tepetates* en México, *talpetates* en América Central y *cangahua* en Ecuador. Los dos primeros términos vernáculos se derivan de la palabra náhuatl *tepetatl*, que a su vez proviene de *tetl* (piedra) –lo que ha dado la sílaba *te-* y de *petatl* (cama, lecho). Con este término se designaba a una capa de suelo cuya dureza era mayor que la de la tierra y menor que la de la roca. En cuanto a *cangahua*, significaría “suelo estéril”. En México, América Central y la zona andina, la parte cubierta por suelos volcánicos corresponde más o menos a un 23% de sus territorios, y los suelos endurecidos se extienden sobre áreas más pequeñas. No obstante, por lo general éstos se sitúan en zonas densamente pobladas, con una superficie que podría alcanzar de 40 a 50% de las tierras cultivables; de ahí su importancia.

En la región de México, la mayor parte de estos materiales se formaron durante los últimos 40,000 años (Peña y Zebrowski, 1992). En otros lugares, en Nicaragua por ejemplo, tienen una edad de por lo menos unos dos mil años (Prat, 1991). Son el resultado de explosiones freato-magmáticas de gran violencia, cuyos productos cubrieron miles de kilómetros cuadrados. Esto explica su distribución que se hayan dispuesto en estratos superpuestos de cenizas blandas y de materiales diversos más o menos finos, moldeados en una pasta de vidrio. En la región de México, se han contado más de 15 sucesiones de capa blanda-capa dura en varias decenas de metros de espesor. Los horizontes duros son compactos, química y biológicamente estériles. Son llamados tepetates. Por lo regular, esta capa no está a la vista porque se encuentra cubierta por cenizas finas y fértiles que forman el suelo cultivado, a menos que la erosión lo haya hecho desaparecer. En ocasiones, ciertos procesos edáficos secundarios –sobre todo

relacionados con el clima— modifican significativamente el material original: en clima seco, estas capas se alteran con lentitud y acumulan elementos calcáreos, arcilla, sílice, etc., lo que las endurece aún más; mientras que en clima húmedo se degradan y ablandan (Dubroeuq *et al.*, 1989).

Por lo general, estos suelos volcánicos endurecidos se localizan en regiones cuyo clima es de prolongadas temporadas secas (cuatro a seis meses), en los piedemontes y en las partes bajas de las sierras. Ahora bien, es en estas regiones a donde han sido desplazadas las comunidades indígenas y los campesinos mestizos con pequeñas propiedades. Y es así como una presión humana especialmente fuerte, las inadecuadas prácticas agrícolas, la irregularidad de la precipitación pluvial, las lluvias a veces muy intensas y las pendientes a menudo importantes provocan una degradación considerable del medio. Incluso, se puede llegar a una destrucción completa de los suelos, dando lugar al afloramiento de los tepetates. Estas superficies así descubiertas constituyen paisajes “lunares”, donde prácticamente nada crece, ni crecerá antes de que pasen varios siglos.

### **Del estudio de los tepetates a su habilitación**

Desde hace algunas décadas se han puesto en marcha programas de desarrollo rural en México, con resultados moderados. Paralelamente, desde la década de 1970, los investigadores del Colegio de Postgraduados de Montecillo y de la Universidad Autónoma de Chapingo han realizado muchos trabajos sobre los tepetates. A partir de 1988, se inició un programa de estudios cofinanciado por la Unión Europea (UE), y con la participación de socios mexicanos, franceses, alemanes y, más recientemente, ecuatorianos y chilenos.<sup>1</sup> Su objetivo es conocer mejor estos materiales particulares y definir las condiciones de su rehabilitación durable, tomando en cuenta las condiciones socioeconómicas de las comunidades campesinas

<sup>1</sup> CP: Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México, México. UAT: Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México. ORSTOM: Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación, París, Francia. Justus Liebig Universität, Giessen, Alemania. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador.

implicadas. Con este programa se pretende lograr el otorgamiento de paquetes tecnológicos adaptados, lo que implica un trabajo multidisciplinario, sobre todo entre agrónomos, edafólogos, microbiólogos y socioeconomistas. La mayor parte de la información aquí presentada se ha extraído de trabajos hechos desde hace más de 20 años, en especial los realizados por los equipos multidisciplinarios del programa de la UE.

Presentaremos aquí la evolución de la agricultura y del poblamiento de dos regiones contiguas: el valle oriental de México y el valle occidental de Tlaxcala; se trata de unas regiones que corresponden a las dos vertientes de la parte central de la Sierra Nevada oriental y cuya historia y situación actual son bastante diferentes. La dinámica de la erosión, y por lo tanto el crecimiento de las superficies de tepetates, nos servirá de "indicador" histórico. Esta presentación nos permitirá elaborar un diagnóstico agro-socioeconómico de la realidad actual con el objeto de prever y establecer recomendaciones aceptables para todos en el marco de un desarrollo durable.

## **LA SIERRA NEVADA ORIENTAL: UN MEDIO NATURAL DIFÍCIL**

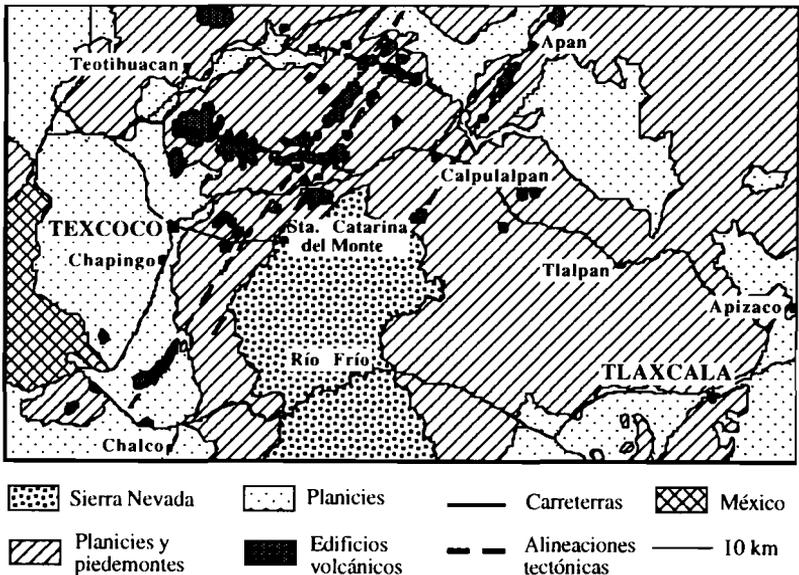
Los valles de México y de Tlaxcala se sitúan aproximadamente sobre el paralelo 19 de latitud norte y el meridiano 90 de longitud oeste (figura 1).

Estos dos valles están escalonados entre los 2,250 y los 4,000 m de altura, de un lado al otro del macizo montañoso constituido por la Sierra Nevada oriental, y en particular en la zona ocupada por los volcanes Tláloc-Telapón. De los 4,000 a los 2,800 m, la sierra presenta pendientes abruptas. El piedemonte que va de los 2,800 a los 2,400 m está formado por lomas orientadas en el sentido de la pendiente más grande, y separadas por profundos cortes. De los 2,400 a los 2,300 m se encuentra el glacis de piedemonte cuya pendiente, por lo regular suave, no rebasa el 5%. Por último, la llanura propiamente dicha, que a fines del siglo pasado tenía unos kilómetros de ancho, limitaba con una serie de lagunas y lagos endorreicos poco profundos y muy extensos (figura 2).

Figura 1. Localización del Eje Neovolcánico y de la zona de estudio.



Figura 2. Fisiografía de los valles de México y de Tlaxcala (según Peña y Zebrowski, 1992).



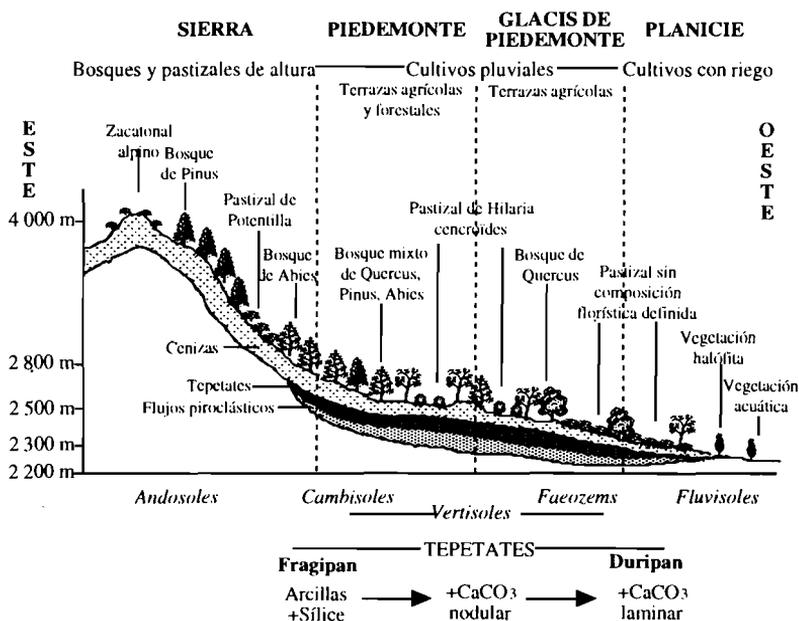
Aun cuando está situado en el paralelo 19, el clima intertropical (la temperatura media mensual no varía más que en 6 grados centígrados durante el año) es templado y frío debido a la altitud. Está distribuido en función de un gradiente altitudinal y de la orientación de las vertientes. De frío y perhúmedo (1100 mm de precipitación pluvial) en las cimas, el clima se vuelve más cálido y más seco a medida que se baja hacia las planicies. A partir de los piedemontes el clima es templado con lluvias de verano (650 mm) y seis meses de temporada seca. Asimismo, hay que observar que el clima sobre la vertiente oriental (Tlaxcala) de la Sierra Nevada es más frío y más húmedo que en el lado occidental (México).

A nivel global, la vegetación tiene la misma distribución altitudinal: praderas rasas en las cimas, y luego se presentan bosques de pinos, de abetos, mezclas de pinos, abetos y robles, después robles y por último zonas de cultivo, con una vegetación halófito a orillas de los lagos. Entre estos distintos tipos de vegetación se encuentran, intercaladas, praderas naturales o artificiales, o de ambos tipos (figura 3).

Los suelos de estas regiones se formaron a partir de materiales piroclásticos de origen volcánico y datan del Cuaternario reciente. Se trata de suelos jóvenes (ricos en minerales volcánicos poco alterados) y muy complejos. Los perfiles muestran una serie de suelos que corresponde a una sucesión de depósitos cuya edad, origen y composición físico-química pueden ser extremadamente distintos. En lo que concierne su distribución en el paisaje, los suelos se reparten también en función de la climatosecuencia (figura 3).

Los tepetates son horizontes endurecidos que se encuentran intercalados en los suelos de las zonas de piedemonte hasta las planicies, es decir, de 2,800 a 2,200 m de altitud en un régimen climático de subhúmedo a subárido. El espesor de estas capas puede variar de algunas decenas de centímetros a más de un metro. Su consistencia puede ser dura en el estado seco, y friable en el estado húmedo. Como presentan pocos macroporos —que permiten que el agua, el aire y las raíces los atraviesen—, carecen de materia orgánica, de nitrógeno y de fósforo soluble —principales nutrientes de las plantas (Etchevers *et al.*, 1992),— y prácticamente no tienen microorganismos, estos horizontes aflorados por la erosión de los

Figura 3. Toposecuencia de la parte oriental del valle de México (según Quantin, 1992, González, 1993)



suelos fértiles que solían cubrirlos son completamente estériles e incultivables en el estado natural (Peña y Zebrowski, 1992).

Las condiciones geomorfológicas, climáticas y pedológicas explican que los hombres se hayan establecido primero en las planicies, para alcanzar después poco a poco las zonas de piedemonte, donde se encuentran los tepetates.

## LA EROSIÓN DE LOS SUELOS EN MÉXICO: UNA HISTORIA TAN VIEJA COMO EL HOMBRE

En México, el mito de los "buenos indios" amigos de la naturaleza que respetaban su ambiente es tan firme como el de los "malos españoles" que, al destruir todo a su paso, generaron la erosión hasta entonces inexistente. Pero, como todo mito,

contiene un fondo de verdad entremezclado con una masa de ideas preconcebidas. Hay muy poca información sobre las relaciones entre las sociedades precolombinas y el medio natural de los valles de México y de Tlaxcala. No es sino a partir del siglo XVIII que contamos con fuentes y trabajos cada vez más abundantes y confiables.

### **La ocupación humana de la parte oriental del valle de México: una historia muy reciente**

La parte oriental del norte del valle de México, antaño llamada Acolhuacan, formaba el antiguo señorío de Texcoco. Estaba situado en una estrecha banda de tierra de 5 a 10 km de ancho a lo largo del lago de Texcoco y de una amplia zona de tierras bajas a los pies de las abruptas faldas de la Sierra Nevada. Por tanto, ahí las zonas cultivables eran limitadas. Los seis meses de sequía y la debilidad y la irregularidad de los caudales de los arroyos provenientes de la montaña tampoco favorecían el desarrollo de la agricultura. Por último, el reducido número de habitantes no permitía realizar grandes obras como las que requiere la creación de una red de irrigación. Es por ello que, hasta una época bastante tardía (siglo xv), la agricultura se limitó a la planicie costera. No es sino a partir de la caída del imperio tolteca cuando los chichimecas, guerreros cazadores-recolectores venidos del norte, empezaron a establecerse y a cohabitar con las poblaciones toltecas restantes. Se dio una repartición del territorio sin grandes conflictos: los chichimecas extraían sus recursos principalmente de la caza (en el pie de monte y la Sierra) y de la pesca; los toltecas siguieron viviendo de la agricultura en las planicies. A través de alianzas los dos pueblos poco a poco se fusionaron, pues los chichimecas progresivamente se hicieron agricultores (Palerm y Wolf, 1972). Puede suponerse que, con una presión humana débil y una agricultura poco desarrollada, la erosión debió ser limitada.

Luego de su consolidación política, tanto interna como externa, el señorío de Texcoco comenzó su ascensión a partir del reinado de Techotlalatzin. Pero es sobre todo gracias a su sucesor, Netzahualcóyotl –“coyote hambriento”– (1402-1472), y a su hijo Netzahualpilli (1460-1515), que el señorío de

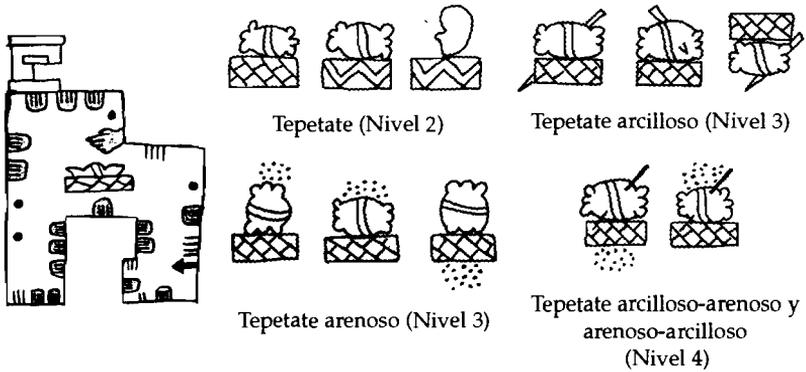
Texcoco adquirió tal poder que llegó a integrarse a la "Triple Alianza" de Tenochtitlán, Texcoco y Tacuba. A mediados del siglo xv una serie de sequías obligó a la población a abandonar la región, incluso hasta a venderse como esclavos sobre la costa del Golfo para no morir de hambre. Ante tal situación, Netzahualcóyotl emprendió la construcción de un imponente sistema de irrigación y de terrazas, del cual aún hoy una parte continúa funcionando. Aun cuando este sistema de irrigación constituye uno de los más grandes que hasta la fecha se conocen en México, es modesto en comparación con los del Perú o de la cuenca mediterránea de la antigüedad: la mayor parte de las terrazas carecían de muros de contención. Netzahualcóyotl, o al menos uno de sus ingenieros, habría desarrollado el sistema aún empleado hoy en México (pero raramente en otras partes) y que lleva su nombre (Pimentel, 1992). Está constituido por un canal cavado según las curvas de nivel, y cuya tierra extraída durante la excavación se echa más arriba para formar un talud. En éste se plantan árboles, nopales y agaves para proporcionar estabilidad. Poco a poco, por efecto de la acumulación de la tierra, la pendiente de la terraza se nivela y el talud crece en altura. En cuanto al canal, sirve menos para el drenaje que para el riego de las parcelas. Así, es evidente que este sistema, como la mayor parte de los sistemas antierosivos y de irrigación, requiere un mantenimiento permanente, pues si no se destruirá y erosionará.

Pero, en estas condiciones de alta presión humana y de rehabilitación de las nuevas tierras, ¿cómo evolucionaron los suelos? Las burocracias azteca y española nos ofrecen información sobre este punto. El señorío de Texcoco estaba particularmente bien organizado desde el punto de vista administrativo: para calcular los impuestos se realizaban censos civiles y agrícolas con regularidad. Dos de ellos, en especial, fueron registrados bajo la forma de los códigos Vergara y de Santa María Asunción. Más tarde, bajo la dominación española, se establecieron otros códigos (el de Kingsborough en particular) y relaciones a fin de justificar títulos de propiedad. En particular, tratan del municipio de Tepetlaoxtoc, situado a unos diez kilómetros de Texcoco, al noreste. Además, el código Florentino de fray Bernardino de Sahagún, titulado *Historia de las cosas de la Nueva España*, en su libro 11, da va-

lios as informaciones de orden etnológico, histórico y agrícola, en particular sobre las características de los *tepetatls*. Entre los distintos documentos que nos proporcionan un mejor entendimiento de la sociedad campesina del siglo xvi, el códice de Santa María Asunción sigue siendo el más interesante. Hecho alrededor de 1540, está formado por 80 folios y describe las características de 264 hogares, 1,505 parcelas y 1,324 individuos. Está constituido por tres “libros”: el *Tlacatlacuiloli o Tlacányotl* –es decir, el censo de la población y de las parcelas–; el *Milcocoli* –donde se dan las características de las parcelas–, y el *Tlahuelmantli* –donde cada jefe de familia está asociado a sus propiedades–. En los dos últimos “libros”: el *Milcocoli* y el *Tlahuelmantli*, cada parcela asociada al nombre del jefe de familia que la posee está dibujada en forma esquemática. Cada uno de sus lados tiene un glifo que indica su longitud. Por último, el tercer elemento corresponde a la presencia de un glifo en el centro del esquema que señala la naturaleza del suelo (figura 4). Los trabajos de Williams y de Harvey han permitido descifrar estos glifos y establecer una tipología.

Los nahuas definían al tepetate como un material cuya consistencia estaba a medio camino entre la tierra y la roca. Sin embargo, lo consideraban más bien una roca que un suelo agrícola. En cambio, los códices de Santa María Asunción y Vergara definen al tepetate como material de suelo agrícola. En efecto, Williams (1972, 1992) ha identificado cuatro niveles de descripción de los tepetates; cada uno corresponde a una clase de orden (figura 4). El nivel 1 es equivalente a la clase de suelo arable. El nivel 2 corresponde al tepetate representado por un glifo formado por un rectángulo con líneas entrecruzadas en el interior (símbolo de un estrato = *petatl*) rematado con unos “labios” cruzados por una banda en su parte media (símbolo de la roca = *tetl*). El nivel 3 está identificado por el glifo del tepetate rematado o rematando a puntos considerados como materiales de arena o de grava, o ambas cosas. Se trataría del *xaltepetatl o tepetatl xalalli*, es decir el tepetate arenoso o guijoso. La otra variante del nivel 3 corresponde al glifo del tepetate atravesado por un dardo, y representaría al *tepetatl tecoquitl*, a saber el tepetate arcilloso. Por último, el nivel 4 es una combinación de los tres precedentes

Figura 4. Representaciones de una parcela de terreno, según el Tlahuelmantli, y de los principales glifos correspondientes a los tepetates, según el Milcocoli y el Tlahuelmantli (según William, 1972, 1992)



y puede leerse como el *tepetatl tecoquitl xalalli*, es decir el tepetate arenoso-arcilloso o arcilloso-arenoso, dependiendo de la organización del glifo. La sutileza dada a las descripciones de los suelos de las parcelas muestran, por una parte, la calidad de las observaciones y de los conocimientos empíricos y, por otra, la presencia de tepetates en la superficie o muy cerca de ella, prueba de la degradación del medio.

Al analizar la frecuencia con que ocurren estos glifos en los dos códices se confirman estos datos: los glifos de los tepetates aparecen en un 52% de las parcelas. En lo que concierne a los otros niveles, el tepetate arcilloso se menciona en un 12% de los casos, contra un 8% de tepetate arenoso y algunos puntos porcentuales del tepetate arcilloso-arenoso o arenoso-arcilloso. Sin embargo, al comparar las características de los suelos presentados en el *Milcocoli* y en el *Tlahuelmantli* se observa una evolución. En efecto, se encuentra más tepetate arcilloso en el primer documento que en el segundo, mientras que ocurre lo contrario en cuanto al número de glifos de tepetate solo. Para Williams, esto indicaría que el *Milcocoli* debió ser elaborado alrededor de 1530, mientras que el segundo documento no lo fue sino hasta mediados de 1540. Por otro lado, en el espacio de unos 15 años debieron ocurrir importantes procesos erosivos en una misma zona rural.

Aun cuando las características de los suelos y de las parcelas de catastro precolombino sean particularmente detalladas, existe un impedimento que hasta la fecha no permite hacer una comparación con el estado de los suelos actuales: la ausencia total de referencias geográficas sobre la localización de estos terrenos. Además, la clasificación de las tierras hecha por los campesinos de esta región ya no se basa en la textura o en la dureza de los materiales, sino en el color. Sólo algunos términos nahuas establecen un lazo con la clasificación precolombina de los suelos (Ortiz *et al.*, 1990).

Así, desde el siglo xv, los cambios sociales que condujeron al ascenso y a la dominación de los aztecas sobre los otros pueblos de la región se tradujeron en una extensión territorial, un aumento de la población y –fenómeno nuevo– en erosión. Es probable que los sistemas de irrigación y de terrazas de la zona de pie de monte tuvieran como objetivos tanto la intensificación de la agricultura como la protección de los suelos que cubrían a los tepetates. Sin embargo, hay que subrayar que estos procesos erosivos eran puntuales, ya que, por ejemplo, existen testimonios que indican que los bosques se encontraban en ciertos lugares hasta las orillas del lago de Texcoco. En cambio, en el valle de Tlaxcala la pérdida de los suelos era un fenómeno mucho más extendido y antiguo, como veremos a continuación.

### **Tlaxcala, una civilización más antigua, más desarrollada y más agresiva en comparación con el ambiente de Texcoco**

Mientras que la parte oriental del valle de México presenta una ocupación tardía, fue en el transcurso del siglo xv cuando la presión humana empezó a afectar el medio natural en el valle de Tlaxcala; aunque esta presión ya se había dado desde varios siglos antes de nuestra era. Si las pruebas arqueológicas de los primeros indicios de ocupación humana tienen una antigüedad de 7,500 años, las relacionadas con el inicio de la agricultura se remontan a 3,700 años para el suroeste del Estado de Tlaxcala y a 1,700 para el conjunto del valle (García-Cook, 1974).

Los arqueólogos han definido el periodo prehispánico de esta región en siete fases. Las dos primeras (1700-800 a.C.)

corresponden al desarrollo de aldeas de grupos sedentarios que dependían tanto de la caza-recolección como de la agricultura. A finales de este periodo ya están presentes terrazas y sistemas de irrigación primitivos y de amplitud limitada. La presencia de numerosos pueblos –con más de un centenar de casas– indica un fuerte crecimiento demográfico en el que se pasó de una densidad de población de 0.5-0.7 a 14-15.5 habitantes por kilómetro cuadrado (Luna, 1993). Sobre todo fueron ocupados los valles y las planicies, es decir, donde prácticamente no hay tepetates.

Las dos fases siguientes (800 a.C.-100/250 d.C.) marcan el periodo Clásico de Tlaxcala. Se abren paso la urbanización con centros cívico-ceremoniales y la formación de los primeros estados teocráticos. La generalización de terrazas, de sistemas de irrigación, de chinampas (“jardines flotantes”) en los fondos de los valles ocupados por lagunas evidencian un desarrollo y un dominio cada vez mayor de la agricultura. Los estudios comparativos entre el valle de México y el de Tlaxcala indican con toda claridad que el segundo estaba más avanzado. No obstante, este desarrollo tecnológico no impide –si se le considera como una consecuencia– ni por el contrario favorece –si se le considera como una causa– los fenómenos de erosión. Así, Heine y Schönhals (1973) fecharon numerosos depósitos de sedimentos, que implican una erosión importante, entre 700 a.C. y 100 d.C. Ahora bien, esto corresponde también a un aumento de la pluviosidad en la región y a una presión humana cada vez más intensa. El crecimiento demográfico es especialmente fuerte ya que alcanza una densidad de 68 a 75 habitantes por kilómetro cuadrado, con un crecimiento anual de 0.23% (Luna, 1993).

A partir de 250 d.C. comenzó en Tlaxcala el periodo Posclásico, en el que tuvo lugar la expansión de Teotihuacán (hasta 700 d.C.) y luego la de los toltecas. Estos agitados periodos se manifiestan como un cambio social que, de teocrático, se torna señorial y militarista. La población se dispersa, disminuye un 30% y la agricultura se estanca (García-Cook, 1986). De 650 d.C. hasta la llegada de los españoles, los incessantes conflictos obligan a la población a parapetarse en sitios protegidos, a saber las colinas cuyos suelos recubren a los tepetates. En 1206 los tlaxcaltecas de lengua náhuatl tomaron

el lugar de los olmeca-xicalanca. Los trastornos persistieron durante casi tres siglos, con un estado de guerra permanente contra la Triple Alianza Azteca (que agrupaba, como ya dijimos, a Tenochtitlán, Tacuba y Texcoco) a partir de fines del siglo XIV. La población continuó disminuyendo y dispersándose cada vez más, incluso llegando más allá de los 2,700 m de altitud. A pesar de un recalentamiento y una pluviometría superior a la del periodo actual –lo que vendría a ser un óptimo climático (Lauer, 1979)–, estos periodos militares y guerreros provocaron un descenso de dos tercios en la población (densidad de población de 37 habitantes por kilómetro cuadrado), y un abandono de los pueblos y de las infraestructuras agrícolas (terrazas, desagües, irrigación). La suspensión de su mantenimiento explica, probablemente, por qué en este periodo inicia una segunda fase de intensa erosión durante la cual se formaron barrancas y los tepetates quedaron descubiertos (Luna, 1993).

### **De la Colonia al Porfiriato: tres siglos de inmovilismo**

Mientras que Texcoco fue sometido por la fuerza, los tlaxcaltecas se aliaron a los españoles, al considerar a estos últimos como un medio para deshacerse de sus ancestrales enemigos. Para su desgracia, y a pesar de los privilegios concedidos, el resultado en términos de dominación política, cultural, social y militar fue prácticamente el mismo para estos dos pueblos. A partir de la colonización, la historia de Tlaxcala y Texcoco transcurrió de manera similar hasta mediados del siglo XX.

La Conquista del antiguo México por parte de los españoles causó la caída de la civilización azteca y una modificación radical de la posesión de la tierra y de los sistemas agrarios. Los efectos “secundarios” de la aparición de hombres –y sus enfermedades– provenientes del Viejo Mundo, así como los maltratos y las penurias alimenticias, acarrearón una mortalidad brutal. Las migraciones más o menos voluntarias acentuaron el descenso demográfico. Así, en la región de Texcoco, de 1530 a 1540 se desató una terrible peste. Según Harvey (1986), habría sucumbido más de la mitad de la población. De los 100 mil tributarios existentes a la llegada de los españoles, sólo se contaban 20 mil en 1570, y 1565 en 1643,

según Gerhard (1986). En cuanto a Tlaxcala, la población pasó de 250 mil en 1531 a menos de 75 mil en 1596 (Gibson, 1967). Este despoblamiento tuvo un efecto inmediato: la destrucción de las obras antierosivas (terrazas, canales, etc.). En efecto, estas infraestructuras exigen un mantenimiento constante y una mano de obra numerosa. Ahora bien, su destrucción tuvo como consecuencia la desaparición de los suelos que aquéllas protegían. Otras consecuencias fueron cambios en las estructuras de posesión de la tierra y agrarias, con la aparición de grandes propiedades (las haciendas), la introducción de la ganadería en forma de crianza extensiva y la falta de necesidad de mantener sistemas de irrigación y antierosivos.

Los españoles, los caciques y la Iglesia se apropiaron de las mejores tierras de los valles, con provisión de agua y mano de obra. El ejemplo de la hacienda de Chapingo (Texcoco) es particularmente significativo, pues en 1699 los jesuitas compraron cuatro haciendas para formar una sola grande, cuya extensión alcanzó las 9,800 hectáreas en 1767, año en que esta congregación fue expulsada de México. El resto de la población indígena —es decir, la mayoría— debió replegarse hacia las tierras marginales de las colinas y los piedemontes, regiones a menudo boscosas o cubiertas de tepetates más o menos aflorados. La introducción de nuevos cultivos (trigo, avena, cebada, etc.), de ganado bovino, caprino y ovino, y de nuevas prácticas agrícolas, así como la transformación de los conceptos religiosos de las relaciones entre el hombre y la naturaleza, la dominación de la nueva sociedad sobre la anterior, etc., acarrearón un trastorno muy profundo en la agricultura mesoamericana. En términos globales, en estas regiones la agricultura colonial se fundaba en el sistema de haciendas donde se cultivaban cereales y se criaba ganado en forma extensiva, con la práctica de la trashumancia entre zonas bajas y zonas de montaña. Así, el antiguo señorío de Texcoco se convirtió en un centro de producción de lana, de ganadería y de cultivo de trigo, a expensas de los anteriores cultivos de maíz bajo riego. En cuanto a Tlaxcala, las zonas bajas inundables estaban reservadas al ganado mayor, mientras que en las planicies se sembraba trigo, cebada y maíz.

Desde 1536, el virrey Mendoza debió conceder las prime-

ras prerrogativas con que se autorizaba la crianza de ganado. En esta época, no era nada extraordinario que una hacienda poseyera 10 mil bovinos y mil yeguas. Si el ganado mayor pertenecía a los hacendados, las cabezas de ovinos y caprinos estaba sobre todo en manos de pequeños agricultores. Mientras que la población humana descendió dramáticamente en menos de un siglo, el número de cabras y carneros aumentó en forma proporcional. En 1536 podían dedicarse al pastoreo 14 mil hectáreas, mientras que en 1620 ya eran 192 mil, es decir un 65% de la superficie agrícola de Tlaxcala. En esta misma época se censaron más de 531 mil animales (Simpson, 1952), cifra a la que hay que agregar el ganado mayor. Este importante número de animales ante un medio natural particularmente frágil se convirtió en un problema muy grave de sobrepastoreo. Como los animales destruían la vegetación y pisoteaban el suelo, se favoreció —e incluso se provocó— una intensa erosión, más aun cuando estos pastizales correspondían a zonas frágiles (Werner, 1989). Podría suponerse que la introducción de la ganadería habría podido tener un interés desde el punto de vista de los suelos, en la medida en que la aplicación de estiércol hubiera podido compensar su degradación. Lamentablemente, en las condiciones que acabamos de mencionar, este proceso es mucho más rápido que la mejora que podría aportar.

Por otro lado, el crecimiento de la población urbana, la construcción de ciudades nuevas (México, Tlaxcala, Puebla, etc.) y los cambios arquitectónicos provocaron necesidades, siempre crecientes, de madera para la construcción y la calefacción, lo que trajo como consecuencia una deforestación progresiva de la Sierra Nevada.

Estos diferentes cambios socioeconómicos, el descenso demográfico, etc., contribuyeron al abandono y, por tanto, a la destrucción de los antiguos sistemas de terrazas y de irrigación; esto generó una erosión de gran magnitud. Numerosos testimonios históricos y arqueológicos confirman que hubo una intensa erosión durante el siglo XVI. No obstante, tras la destrucción de los sistemas antierosivos, la erosión de los suelos y el afloramiento de los tepetates, la situación puede tender a un equilibrio relativo. La generalización de la ganadería, así como los principios de trashumancia y la explo-

tación extensiva de los animales, implican el desarrollo de grandes superficies reservadas al pastoreo. En la medida en que el número de cabezas de ganado sea inferior a las capacidades del medio, la vegetación podrá proteger de manera eficaz lo que queda de suelo. Por lo tanto, es probable que durante los tres siglos posteriores a la llegada de los conquistadores la erosión se haya mantenido en niveles que no debieron ser catastróficos, lo que no impide que pudiera haber tenido repercusiones fuertes a nivel local. Disponemos de estudios sedimentográficos de una región cercana (Pátzcuaro), que muestran que en el curso de estos tres siglos hubo una lenta acumulación de sedimentos gruesos, hecho que confirma estos datos. En efecto, en el caso de una erosión de las tierras agrícolas, son los sedimentos finos los que son transportados, y no los elementos gruesos.

### **El siglo XIX: del latifundismo agrario al latifundismo industrial**

El cultivo del agave, durante el siglo XIX, generó una revolución en el uso del medio y la explotación de los seres humanos. Si desde los inicios de la Conquista a principios del siglo XIX estuvo prohibido el consumo de pulque, o severamente reglamentado, la cancelación de dicha prohibición en 1812 permitió el auge del cultivo del agave. La variedad de agave (*Agave atrovirens* Karw.) cultivada en los valles de México y Tlaxcala está destinada a la producción de pulque, bebida con baja concentración de alcohol (4 a 7 grados) y especialmente nutritiva, derivada de la fermentación de la savia (aguamiel).

Para seguir con el ejemplo de la hacienda de Chapingo (Texcoco), puede comprobarse que ocupaba 13,378 hectáreas en 1800, y que es el cultivo del agave el que predomina sobre el trigo (González, 1977). En lo que concierne a la ganadería, sigue siendo extensiva y comprende 2,541 animales (reses, caballos, mulas, asnos y carneros). Sin embargo, la mayoría (2,205 cabezas) corresponde al ganado mayor (González, 1993). La necesidad de consumir el pulque en los días siguientes a su fabricación exige que los centros de producción y de consumo estén cercanos entre sí. Y en ello la localización

de la hacienda era muy ventajosa, pues estaba a menos de 40 kilómetros de la capital.

A partir de 1866, año en que llega el ferrocarril, se da una verdadera expansión de la economía del pulque. Una línea especial –“el tren del pulque”– comunica a las haciendas pulqueras de los valles centrales, entre ellas la de Chapingo, con lo que se asegura un servicio regular de puerta a puerta. Inmensas fortunas se forman e invierten en los bancos y las amistades políticas. La oligarquía pide y obtiene del gobierno la abolición de los derechos de que gozaban las comunidades indígenas y la supresión de los tribunales capaces de defenderlos. Paradójicamente, el crecimiento de la hacienda de Chapingo en 1884 no se realiza a expensas de las tierras comunales circundantes, sino gracias al descenso del nivel del lago de Texcoco, que permite a los propietarios recibir en atribución estas nuevas tierras. En verdad, de las 9,800 hectáreas en el momento de su creación en 1699, la hacienda, en un siglo, creció cerca de 3 mil hectáreas a costa de las comunidades indígenas.

Desde el punto de vista de la conservación de los suelos, la situación es positiva. Como el cultivo del agave se hace en las orillas de los campos y de las terrazas sobre los taludes, es un excelente sistema antierosivo. En 1800 la hacienda de Chapingo no contaba con menos de 18,400 pies de agave. Ahora bien, como el espaciamiento entre dos plantas es de casi 3 m, hablaríamos de 55 km de bandas de agaves que cubrían el paisaje y lo protegían. Por otra parte, todavía no había llegado la mecanización, y los campesinos pobres –marginados y sin tierras– sólo podían sobrevivir con los recursos extraídos de los bosques (maderas para calefacción y para la construcción, hongos, plantas medicinales, caza, ganadería), con trabajos exteriores y con la intensificación de sus parcelas con irrigación y terrazas, que databan de la época de Netzahualcóyotl. La baja densidad de población (por ejemplo: 570 personas en 1746, 500 en 1900, 1,700 en 1970, contra los 3,500 que hoy viven en el pueblo de Santa Catarina, Texcoco), el arcaísmo de las técnicas utilizadas, la ausencia de buenos caminos de acceso, la pobreza de la gente que les impide capitalizar con el ganado, etc., limitan la presión sobre los recursos naturales.

En otras regiones, el desarrollo de las minas, de las vías de ferrocarril que reposan en durmientes de madera y el crecimiento de las ciudades y de las industrias que consumen madera (vidriería, ladrillería, etc.) tuvieron necesidades cada vez más grandes, lo que trajo, en consecuencia, una deforestación cada vez más importante. Así, a finales del siglo XIX, bajo el Porfiriato, la mayor parte de los bosques de la Sierra Nevada se otorgó en concesión a la empresa San Rafael, aprovechamiento que aún hoy continúa. Por la carencia de leyes —o al menos de su aplicación— estas empresas pueden desmontar sin necesidad de reforestar, pues dejan a la naturaleza este trabajo, contando con que lo hará. Lamentablemente, un saqueo del medio como éste necesariamente provoca su destrucción tarde o temprano.

En vísperas del siglo XX, el país en general, y los valles de México y de Tlaxcala en particular, atraviesan una profunda evolución de la sociedad con características antagónicas: modernidad y abandono, protección de los suelos con el agave y deforestación, haciendas inmensas y masas campesinas empobrecidas sin tierras. Las condiciones para la Revolución de 1910 ya están dadas.

### **Principios del siglo XX: nuevas sociedades, viejos problemas**

La caída de la dictadura de Porfirio Díaz a raíz del gran movimiento revolucionario iniciado por Madero, y en el que son emblemáticos Zapata y Villa, llevó a México y a sus campesinos, de lleno, al siglo XX.

La ley del 6 de enero de 1915 propuso la restitución a las comunidades campesinas de las tierras que les habían sido arrebatadas. La Constitución de 1917 estableció al ejido como nueva forma de propiedad agraria. Durante la Colonia, el ejido correspondía al conjunto de las tierras de uso colectivo. Según la nueva formulación, estas tierras tenían sus límites definidos y de ellas se podía extraer el usufructo, pero su venta estaba prohibida.

El sistema de los bienes comunales, pero también los ejidos de hoy, han heredado en parte el sistema de *calpulli*; los modos de transmisión y de atribución son similares. Las tie-

rras prehispánicas en general pertenecían a los nobles, pero las tierras estaban distribuidas entre la comunidad y su usufructo podía ser individual o colectivo. Así, los grupos de una misma estirpe llamada *calpulli*, cuyas tierras pueden identificarse en torno a los pueblos, administraban su propia sección. Las tierras ocupadas por los primeros llegados se transmitían a sus descendientes con la prohibición de cederlas a personas ajenas a su familia. Si se extinguía una línea familiar, o en caso de fuerza mayor por razones de utilidad pública, o bien aún por intercambios, las tierras podían ser retomadas, redistribuidas entre los miembros del *calpulli*. El conjunto de estas decisiones las tomaba un consejo de ancianos, el cual ha sido reemplazado durante este siglo por una comisión cuyos miembros son elegidos. Igualmente, ciertos usos tales como las tandas en el marco de la irrigación y los trabajos de utilidad pública ("faenas") son hoy en día testimonios vivos del pasado prehispánico.

Las dotaciones agrarias de las comunidades fueron tímidas al principio de las reformas. El peso de las sociedades rurales, que de hecho poseían el poder real frente a una república joven y aún inestable, explica este retraso. De hecho, había que esperar el gobierno de Plutarco Elías Calles y, sobre todo, el de Lázaro Cárdenas, para que finalmente tuviera lugar una distribución masiva de tierras a los pequeños campesinos mexicanos. (Este último repartió cerca de 18 millones de hectáreas.)

Así, de un día al otro, los pequeños campesinos de los valles de México y Tlaxcala se encontraron con algunas hectáreas de terreno bordeadas de agaves. En aquel tiempo, además de los cultivos entre hileras de agave, había que contar al menos con un centenar de plantíos de dicha planta para la subsistencia de una familia. El resultado no se hizo esperar: "Abrumado por el hambre, él (el pequeño campesino) exprime la planta de subsistencia, acumula las negligencias, efectúa demasiado pronto la castración, arruina la producción. Se encuentra entonces enteramente enfeudado al propietario del tinacal,<sup>2</sup> o bien arranca los agaves para sembrar el ances-

<sup>2</sup> Tinacal: Lugar donde se fabrica y comercializa el pulque.

tral maíz, "el que nutre" cada día, a menos que prefiera la cebada "que paga de inmediato, y que es más rentable" (Hargous y Vogel, 1993).

Varios factores provocan la caída del consumo, y de los precios, del pulque. Entre ellos, la baja del precio de la cerveza, la llegada de bebidas gaseosas acompañadas de una propaganda eficaz que denigra las cualidades del pulque y que declara su peligroso estado sanitario —en efecto, era frecuente que los vendedores de pulque lo "bautizaran" con agua que casi siempre estaba contaminada a fin de vender cantidades más grandes...— y el surgimiento de un rechazo de todo lo que pudiera evocar las condiciones de los indios y campesinos pobres. De 47 millones de agaves que había en 1930, diez años más tarde sólo se contaban 24 millones. Entre 1930 y 1970, las superficies de estas plantaciones van a disminuir un 57%. Dicho de otro modo, más de la mitad de los sistemas antierosivos naturales desaparece. La supresión de estos taludes plantados de agave provoca una erosión generalizada, inundaciones y desecamiento de los arroyos.

Paralelamente, y para permitir que un mayor número de gente viviera de la agricultura, a partir de 1927 se reparten las tierras que cubren las laderas de las montañas. La introducción del arado y el incremento de la ganadería van a favorecer que estos nuevos terrenos sean desmontados y dedicados a los cultivos; también se propicia el sobrepastoreo en zonas frágiles, en especial aquéllas en que hay tepetates. Así, en el caso de Santa Catarina (Texcoco), debido a la altitud (de 2,800 a 3,300 m) y a las frecuentes heladas son el trigo sobre todo y, en segundo lugar, la cebada y el haba los que se siembran en estas nuevas tierras. La nula aplicación de abonos orgánicos (estiércol) o minerales, así como la falta de protección de los suelos, provocan una baja en el rendimiento: de 1 a 3 t/ha de trigo en la década de 1930, se pasó a 0.5 t/ha en la actualidad (González, 1993). No obstante, estas bajas en el rendimiento también están ligadas a "prácticas oportunistas", a saber el pastoreo "salvaje" del ganado, que se mete en los campos y destruye los cultivos, así como a los robos durante las cosechas.

Las zonas de pastos eran, en principio, las que habían estado sometidas a un uso semiextensivo de pastoreo de parte

de los diferentes tipos de ganado. En lo que a esto toca, éstas poseían una cobertura vegetal tenue y a menudo estaban degradadas. Como estas tierras no fueron repartidas a título individual, eran consideradas como reserva territorial y su uso se destinaba al conjunto de la comunidad del ejido o de los bienes comunales. Aunque la gestión de los rebaños se copió de la de las haciendas, el aumento en el número de los animales, la práctica de la trashumancia y el pastoreo en estas zonas frágiles condujeron a un sobrepastoreo, lo que implicó la degradación del medio y la ampliación de las superficies de tepetates.

Otro factor que incrementó aún más el deterioro de estos terrenos es que estas zonas de pastos –a la manera de los bosques en otros lugares– no estaban regidas por ninguna norma en cuanto a su uso, intensidad de la explotación, mantenimiento, etc. Tierras de todos y tierras de nadie, se les sometió a una dura prueba, y casi siempre para el beneficio de unos cuantos solamente. En ocasiones eran arrendadas a otras comunidades que hacían pastar a sus animales en ellas, o bien eran taladas clandestinamente siguiendo la técnica de la *tala hormiga*: a cada paso del leñador, éste asesta un hachazo a los árboles con que se topa, haciéndolos morir poco a poco. Como al cabo de poco tiempo el árbol se viene abajo por sí solo, al leñador le resulta fácil recogerlo de la manera más legal del mundo, pues se trata de maderas muertas “naturalmente”. Estas prácticas –comunes aún en la actualidad– han provocado la degradación de los bosques y de las zonas marginales de la Sierra Nevada.

El conjunto de estas prácticas, la modificación de la tenencia de la tierra y el crecimiento demográfico exponencial humano y animal han hecho desaparecer el frágil equilibrio que reinaba a principios del siglo xx, dando lugar a una sobreexplotación del medio. No se espera sino que ésta se incremente, y que provoque una erosión cada vez más intensa y, en consecuencia, una extensión de tepetates más y más importante.

## **Mediados del siglo XX: modernidad, presión demográfica y TNT**

Para muchos poblados de la región, los inicios de la década de 1940 marcan la entrada de la modernidad, la cual está simbolizada por la apertura de rutas de acceso que reemplazan a los caminos de herradura, por el éxodo rural y una nueva dinámica agro-socioeconómica del mundo campesino, que adquiere cada vez más un carácter periurbano, en particular en el valle de México.

Sometida a un uso intensivo que se incrementa sin cesar –y asociada a un crecimiento demográfico galopante–, la superficie de las dotaciones ejidales se redujo como una “piel de zapa”. Así, en Tlaxcala, las primeras dotaciones que tuvieron lugar en la década de 1930 fueron de unas ocho hectáreas. Durante el periodo 1960-1970, las familias recibieron de dos a cuatro hectáreas. En el último decenio, las superficies distribuidas fueron inferiores a la hectárea (Navarro, 1992; Lepigeon, 1994). En el valle de México, la presión periurbana siempre ha sido más marcada (Banzo, 1994). Según SEDAGRO, en la actualidad la media de la superficie que poseen los campesinos del Estado de México es de 1.63 ha. En estas condiciones, las zonas marginales abandonadas, erosionadas y cubiertas de tepetates aflorados constituían las únicas reservas territoriales disponibles para el reparto agrario. Los tepetates representan la última frontera agrícola en el seno de cada comunidad campesina.

Al iniciarse la década de 1970, el lanzamiento del programa de habilitación de los tepetates –gracias a su roturación con ayuda de bulldozers– permite a las comunidades campesinas de los valles de México y Tlaxcala resolver en parte el problema de la distribución agraria.

Paradójicamente, mientras que los testimonios orales y las fotografías nos muestran una dramática erosión debida a la falta de mantenimiento de las tierras no irrigables, es también a partir de la década de 1940 que se comienza a rehabilitar los tepetates a golpes de pico –y hasta con dinamita– de manera sistemática. Este agobiante trabajo de mullir y excavar (¡50 cm de profundidad en 4 a 6 metros cuadrados diarios por hombre!) sólo puede hacerse en superficies pequeñas. Es

por ello que estas recuperaciones atañeron únicamente a tepetates situados cerca de los poblados, o dentro de ellos, y que pueden ser irrigados (Ly, 1993).

A partir de la década de 1960, aparecen actividades de sustitución de la agricultura y cada población comienza a tener su o sus especialidades. Así, en los poblados cercanos a Texcoco se encuentran músicos y especialistas en arreglos florales en Santa Catarina del Monte, floricultores en San Miguel Tlaixpan y en San Dieguito, empleados en la universidad de agricultura de Chapingo en San Pablo, etc. Por último, los campesinos permanecían en su pueblo, pero poco a poco abandonaban sus campos: la agricultura se tornó marginal, para llegar a convertirse en un recurso económico complementario.

La política pública de la década de 1960 –fin del milagro agrícola mexicano– y principalmente durante la de 1970 se vale de la construcción de carreteras y la instalación de obras antierosivas como elementos de su estrategia para abrir fuentes de trabajo en el medio rural. La Secretaría de Obras Públicas y la de Agricultura y Ganadería, por el conducto de la Comisión Nacional de Zonas Áridas, fueron los principales actores de esta política. En cuanto a nuestra zona de estudio, hay que agregar a estas instituciones la Comisión de La Malinche (volcán situado en el Estado de Tlaxcala) y para el valle de México la Comisión para el Lago de Texcoco, dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Se han puesto en marcha, para la conservación de los suelos y del agua –y con el exclusivo financiamiento federal en ambos Estados–, obras de labores de subsuelo, roturación, terrazas en curvas de niveles con plantación de agaves en los bordes, reforestación, construcción de pequeños embalses reguladores con ayuda de las colinas, cultivos en los tepetates, etc. Las tierras implicadas podían ser tanto comunales y ejidales como privadas.

## LA REHABILITACIÓN DE LOS TEPETATES O LA ÚLTIMA FRONTERA AGRÍCOLA DE LOS ESTADOS DE MÉXICO Y DE TLAXCALA

### La recuperación de los tepetates: una prioridad de la política agraria de las décadas de 1970 y 1980

Los primeros trabajos de recuperación de los tepetates con tractores y máquinas especializadas en el desfonde de los suelos (Caterpillar) se remontan a 1967. La técnica utilizada era la del desfonde del tepetate a lo largo de dos líneas con un espacio entre ellas de 2 m y que siguen una curva de nivel. Para obtener una pendiente de 1-2%, se disponían a intervalos regulares bordes de contención que conducían el agua de arroyada excesiva hacia arroyos (Pimentel, 1992). Con el impulso del gobierno federal —de 1968 hasta 1977— se puso en marcha una serie de programas, de acuerdo con esta base técnica, en la región de México y Tlaxcala. Mediante la reforestación de las zonas más erosionadas, sus objetivos eran detener el proceso de destrucción del ambiente, aumentar la infiltración de las aguas pluviales para recargar los mantos freáticos que alimentan México (y que ya bajaban demasiado rápidamente) y suprimir los riesgos de inundación en los suburbios de la capital.

De 1973 a 1990, en la parte oriental del valle de México (región de Texcoco-Chalco), se recuperaron así cerca de 9 mil hectáreas, se instalaron cerca de 1,200 microembalses y se plantaron 21 millones de árboles (pero sólo con 23% de supervivencia) en 54 mil hectáreas de terrenos erosionados que presentan afloramiento de tepetates (Llerena y Sánchez, 1992). En lo que toca a Tlaxcala, en cuyo territorio más de dos tercios están cubiertos por tepetates aflorados (Werner, 1992), a partir de 1983 se llevaron a la práctica programas similares a los del valle de México; en ese año se creó MATET, organismo especializado en la recuperación agrícola de los tepetates. De 1983 a 1991 se rehabilitaron 12,800 hectáreas mediante roturación, formación de terrazas, etc., con la ayuda de bulldozers del tipo D5 y D7. Más de 8 mil campesinos, pertenecientes a 160 comunidades de los 44 municipios del estado de Tlaxcala, han sido beneficiados por estos trabajos. Un pro-

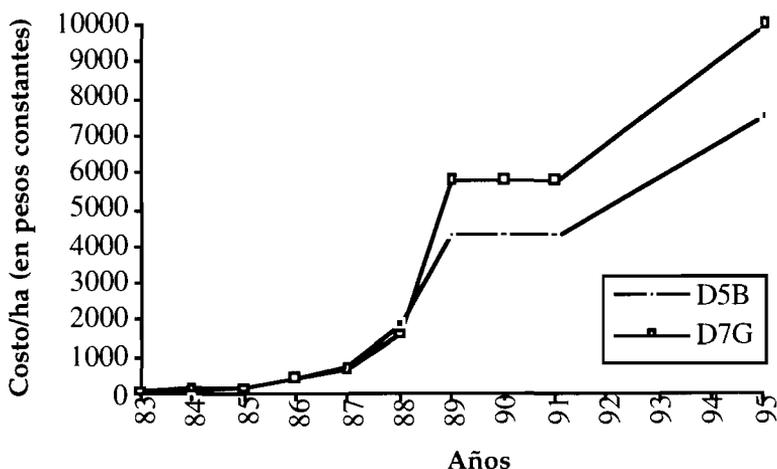
medio de prácticamente 300 hectáreas han sido habilitadas y distribuidas en el seno de cuatro comunidades de cada municipio (Calva, 1992). Habría que destacar la amplitud de la tarea cuando se sabe que, según las estimaciones, la presencia de tepetates en los suelos de la República Mexicana; ocuparían entre 31 y 130 millones de hectáreas!

Es interesante subrayar que los informes técnicos sobre estas operaciones mostraban el poco interés que los campesinos concedían a los trabajos de rehabilitación de los tepetates. Prácticamente eran los propios técnicos quienes realizaban las actividades tanto de promoción como de ejecución de las operaciones. Sin embargo, a través de los años se apreció un cambio de comportamiento entre los campesinos. La disminución de inversión pública en esta gama de actividades creadoras de empleos y la acumulación de efectos de la crisis-devaluación de 1976<sup>3</sup> contribuyeron a que los propietarios de tepetates prefirieran una estrategia de capitalización familiar, recuperando por ejemplo estas tierras marginales. En efecto, nadie ignoraba que al cabo de algunos años los tepetates cultivados se vuelven tan productivos como un suelo "normal". En consecuencia, y a causa de la demanda tanto de los pequeños como de los medianos productores para cultivar los tepetates, las instituciones federales y las que fueron creadas con fines similares al nivel de los Estados implicados establecieron tarifas para la realización de estos trabajos. De totalmente subvencionada al inicio de los programas, los Estados se deshicieron, poco a poco, de dicha carga financiera a costa de los campesinos. Así, en el caso de MATET de Tlaxcala, los datos de la figura 5 muestran la amplitud de este aumento (excepto el periodo 1989-1991), en términos reales, para la roturación y terraceo de una hectárea de tepetate.

En la actualidad, la recuperación de los tepetates para fines agrícolas se negocia en forma de programas especiales con la posibilidad de obtener un financiamiento del Estado, o a falta de éste, el uso de máquinas a un precio inferior al de una empresa privada. En febrero de 1995, en Tlaxcala, la hora

<sup>3</sup> Recordemos que el poder de compra más elevado corresponde al año de 1978. A partir de esta fecha, hasta hoy, éste ha bajado en un 50% según los periódicos *Excélsior* y *El Financiero* (febrero de 1995).

Figura 5. Evolución de los precios de roturación y terraceo de tepetates (según Calva, 1992, e informaciones de campo)



de alquiler de un Caterpillar D-7 costaba 250 pesos (40 dólares), pero con la obligación de alquilar la máquina por un mínimo de 25 horas para compensar los gastos de transportarla hasta los terrenos por recuperar. Esta cláusula es de poca importancia pues para habilitar correctamente una hectárea de tepetates hay que contar 45 o 50 horas con un D5 y 30 horas con un D7, lo que implica un costo mínimo por hectárea de 7,500 pesos, es decir unos 1,200 dólares, cifra que habría que comparar con el salario mínimo mexicano, que es de 400 pesos a inicios de 1995.

### La habilitación agrícola de los tepetates: una válvula a la falta de tierra... también una inversión territorial

La obligación de aportar una "contribución" para el mantenimiento del buldozer (combustibles y alimentación del personal que efectúa el trabajo, hasta gastos de reparación en caso de fallas mecánicas), que es financieramente pesada para los campesinos, a menudo implica que éstos se descapitalicen. Ly (1993) menciona el caso de un ejidatario que vendió su rebaño de siete reses para construir seis terrazas cuya superfi-

cie total equivale a cerca de 4 hectáreas. El hecho de que los campesinos no duden en invertir por sí mismos tal capital en la rehabilitación de los tepetates muestra que estos trabajos generan una plusvalía apreciable y que no se limita únicamente al mejoramiento agronómico de estas nuevas tierras.

El valor de las tierras agrícolas cercanas a los centros urbanos siempre ha sido superior al que tendría en términos únicamente de la producción agrícola. En el valle de México, la especulación de las tierras con tepetates o sin ellos en la zona periurbana de la capital no es una excepción a esta regla. Así, el precio de una hectárea se sitúa actualmente en alrededor de dos mil dólares. En la lógica y en la práctica de la capitalización anteriormente descrita, también hay que incluir el aumento del valor de los tepetates trabajados, a causa de su capacidad de producción agrícola. Hemos podido comprobar que el precio de un terreno cubierto de tepetates aflorados puede duplicarse, y hasta triplicarse, una vez que han sido habilitados y cultivados durante algunos años. En fin, parece claro que el hecho de trabajar la tierra –y en particular de utilizar máquinas para habilitar los tepetates por su propia iniciativa– asegura un cuasi-derecho de propiedad para el campesino que realiza estos trabajos en tierras colectivas, sean éstas ejidales o comunales.

Para un campesino de zonas cercanas a los centros urbanos, las razones para habilitar sus tierras cubiertas de tepetates son múltiples: necesidad de aumentar la superficie cultivable por falta de tierras arables, capitalizar para vender más tarde los terrenos para usos urbanos o agrícolas, o asegurar un derecho de uso particular en tierras comunes; y estas estrategias no son mutuamente excluyentes.

### **Una respuesta técnica imperfecta produce un cuestionamiento en cuanto a los programas de habilitación de los tepetates**

La presión de las comunidades rurales, junto con las dificultades financieras del gobierno, han conducido a una reorientación del programa de habilitación forestal de los tepetates hacia objetivos únicamente agrícolas. Lamentablemente, como se carece de experiencia, desde un punto de vista téc-

nico, prácticamente lo que se hace es reproducir lo que se ha realizado para la reforestación. Además, la ausencia en México de coordinación y de ayuda técnica en torno a los agricultores hizo que estos trabajos a menudo fracasaran. Las consecuencias socioeconómicas de ello son inversiones perdidas y el abandono de estas tierras, pudiéndose dar el caso de que el campesino implicado se vaya a la ruina y deje el lugar. Desde el punto de vista ambiental, se observa una activación de la erosión aún más severa que si nada se hubiera hecho. En otras palabras, se obtiene exactamente lo contrario de lo que se había deseado; de ahí la importancia de estos trabajos de habilitación y de hacerlos rentables rápidamente.

Las grandes operaciones de habilitación de los tepetates de la década de 1970 se realizaron con una óptica exclusivamente forestal. Poco a poco, los campesinos empezaron a interesarse en estos programas que les permitían recuperar de su abandono, a buen precio, estas tierras. A finales de la década de 1980, el cese de las subvenciones masivas del gobierno y la obligación de un apoyo financiero cada vez más importante por parte de los campesinos para asegurar estos trabajos se tradujo, especialmente, en una mayor exigencia en la calidad de los trabajos efectuados. En efecto, hasta entonces, se habían realizado muy pocas investigaciones agronómicas y socioeconómicas con las cuales se pudiera garantizar las condiciones óptimas para los cultivos sobre suelos formados a partir de tepetates. Esta falta de conocimientos muy a menudo produjo resultados muy por debajo de lo que normalmente se podía esperar.

## **SIN EMBARGO, LA HABILITACIÓN AGROPECUARIA DE LOS TEPETATES ES FACTIBLE E INDISPENSABLE**

Ante estos resultados especialmente moderados, se decidió lanzar un programa de investigación entre Francia, México, Alemania y la Unión Europea —que lo cofinancia—. Teniendo sus inicios en 1988, este programa se prolongó en 1993 y concluirá su segunda fase en 1997.

Luego de un trabajo de investigación fundamental destinado a caracterizar los tepetates desde un punto de vista bio-

físico-químico y a mapear su distribución en los valles de México y de Tlaxcala, desde hace tres años está en marcha una segunda fase más aplicada. Aun cuando los trabajos todavía no han concluido, hemos llegado a cierto número de resultados y de conclusiones que ahora vamos a presentar.

### **Una habilitación agropecuaria de los tepetates es técnicamente factible y es una necesidad ecológica**

Convertir estos terrenos estériles que son los tepetates en suelos arables representa un costo económico muy elevado, como acabamos de ver (unos 1,200 dólares por hectárea), que no siempre está al alcance de un pequeño agricultor. Sin embargo, nuestras investigaciones en el campo muestran que existe todavía un interés muy fuerte por recuperar estas tierras. En efecto, la roturación de estas tierras multiplica su valor inmobiliario en forma considerable y, por lo tanto, constituye un aumento de capital. Desde el punto de vista agrícola, se pasa de cero a rendimientos normales desde el primer año para ciertos cultivos, si es que se toman algunas precauciones, fáciles de realizar.

La roturación de los tepetates consiste en pasar de un material duro y compacto a un material blando y poroso. Este cambio físico tiene como consecuencia la creación de huecos a los que pueden llegar el agua, el aire y las raíces, y el desarrollo de los microorganismos (Ferrera-Cerrato, 1992). Además, esta agua puede acumularse y crear así una reserva que alimentará a las plantas según sus necesidades, en la medida en que las lluvias sean suficientes, ya que en la mayor parte de los casos los terrenos habilitados no son de riego. Por lo tanto es necesario roturar el tepetate con la suficiente profundidad como para aumentar otro tanto la capacidad de reserva en agua del "suelo" y para evitar que éste, al comprimirse en el transcurso de los años, se vuelva demasiado delgado. Es por ello que recomendamos una pasada cruzada de dientes a un metro de distancia entre sí y a unos 60 cm, como mínimo, de profundidad durante la roturación, seguida de dos o tres pasadas de un tractor equipado con discos que circule a velocidad media, a fin de quebrar los bloques grandes sin por ello reducirlos a polvo, pues esto facilitaría la erosión.

Con respecto a los procesos de destrucción de los suelos se pasa, en el caso de tepetates en el estado natural, de 12-35 t/ha/año (en función de la pluviometría) de tepetates arrasados y transportados a menos de unas cuantas toneladas (de 1 a 5 t/ha/año) en el caso de tepetates trabajados, cultivados y nivelados. En estas condiciones, se puede estimar que la habilitación de los tepetates en estos términos detiene prácticamente por completo la degradación de los suelos y del medio natural. La infiltración de agua en el suelo pasa de 10% a más de 70%. Como ya no hay escurrimientos, también se detiene el transporte de partículas en suspensión. Como éstas pueden estar cargadas de contaminantes, la contaminación de las aguas superficiales disminuye otro tanto. Por otra parte, es posible cubrir las necesidades de agua de los cultivos en el caso de una pluviometría normal con las cantidades infiltradas. En cambio, ésta no irá seguramente a recargar los mantos freáticos, pues se evapora o es consumida antes por las plantas. De hecho, la alimentación de los mantos de estas regiones se realiza gracias a los ríos y lagos, y no a través de los suelos.

### **La habilitación agropecuaria de los tepetates es agronómicamente factible**

En cuanto a la fertilidad, como los tepetates están desprovistos de materias orgánicas, de nitrógeno y de fósforo soluble, así como de microorganismos, es necesario aportar nutrientes para compensar su deficiencia. Esto puede hacerse según varios esquemas: abonos minerales, orgánicos (estiércol), u orgánicos con un complemento mineral a principios del ciclo. Las aplicaciones efectuadas son fraccionadas, y las dosificaciones se adaptan a las estrictas necesidades de las plantas. La solución orgánica asociada al inicio del ciclo a un abono mineral es la mejor en términos de rendimiento así como desde un punto de vista biológico (el desarrollo de microorganismos es especialmente productor de nitrógeno). El problema es que es materialmente imposible generalizar esta posibilidad por falta de estiércol. Por otro lado, si los campesinos deben comprarlo y transportarlo, los costos sobrepasan por mucho la compra de abonos minerales. En efecto, en el

primer año, se requiere un mínimo de 40 t/ha de estiércol húmedo, y luego más de 10 a 20 t/ha por año, contra algunas centenas de kilogramos de abonos químicos, que se encuentran en cualquier pueblo. En lo que se refiere a los efectos a mediano y largo plazos, es probable que la solución orgánica sea también la mejor, en la medida en que permite formar agregados de suelos estables que detienen temporalmente los nutrimentos y el agua, y que son resistentes a la erosión. La aplicación de los residuos de cultivos tal vez podría permitir que se aumente este abastecimiento orgánico sin que necesariamente haya que recurrir al estiércol. No obstante, en este caso nos encontramos con prácticas campesinas, en particular cuando se trata del maíz, donde casi todo se utiliza como forraje para los animales (aún más indispensable cuando los antiguos agostaderos se convierten cada vez más en campos de tepetates cultivados), para la construcción (aunque el cemento reemplaza al adobe) o para envolver ciertos alimentos como los tamales. De acuerdo con nuestras experiencias prácticas y nuestras investigaciones, pensamos que los campesinos seguirán nuestras recomendaciones de enterrar los residuos molidos de sus cultivos, al menos los tres primeros años de cultivo, ya que los resultados son muy claros en términos de rendimiento.

A partir de una cuidadosa preparación de la roturación del tepetate (lo que implica un sobrecosto medio de casi el 30%, pues es necesario pasar un poco más de tiempo), de una fertilización racional (mineral u orgánica, pero fraccionada) y de una rotación adecuada (no cultivando maíz el primer año, sino una leguminosa o cereal de pequeños granos, como trigo, cebada, avena, etc.), se obtienen desde el primer año resultados que rebasan los rendimientos normales de los suelos tradicionalmente cultivados (pero muy arcillosos) y las medias regionales y nacionales (tabla 1).

Están en proceso de experimentación otras plantas, asociaciones y rotaciones, y algunos resultados son prometedores; un ejemplo es la utilización de una alfalfa local (*Medicago polymorfa*) que hasta el presente es considerada por los campesinos como una maleza, aunque sus capacidades de resistencia a las sequías y de desarrollo correcto desde el primer año hacen de ella una planta de protección de los suelos, un

|  | <i>Ensayos (1000 m<sup>2</sup>)</i> |                |                 | <i>Media regional</i> |
|--|-------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------|
|  | <i>1er. año</i>                     | <i>2o. año</i> | <i>3er. año</i> |                       |
| Trigo o cebada en asociación con arveja o medicago | 3.0                                 | 3.0            | 3.0             | 2.0                   |
| Maíz local en monocultivo (85,000 pies)            | <0.25                               | 2.0            | 3.0             | 3.0                   |
| Maíz local en asociación (50,000 pies)             | <0.25                               | 2.5            | 3.5             |                       |
| Haba en monocultivo (85,000 pies)                  | 1.2                                 | 1.5            | 1.5             | 1.2                   |
| Haba en asociación (50,000 pies)                   | 1.0                                 | 1.0            | 1.0             |                       |

*Tabla 1. Rendimientos de tepetates cultivados en comparación con los rendimientos medios regionales.*

cultivo forrajero y una productora de nitrógeno para otros cultivos con los cuales se puede asociar sin que haya competencia. Las cualidades del haba, otra leguminosa, también son indiscutibles. La asociación maíz-haba, aunque poco utilizada en la región, no debería presentar ninguna dificultad para su generalización en la medida en que, por razones culinarias, económicas y agrícolas, los resultados son particularmente positivos.

### **La habilitación agropecuaria de los tepetates es económicamente rentable**

Desde el punto de vista económico, la rentabilidad de cultivar en los tepetates es positiva a partir del tercero o cuarto año. Este balance se fundamenta a la vez sobre los beneficios extraídos de los cultivos, pero también de la plusvalía de la tierra ligada tanto al aumento de las capacidades agronómicas del nuevo terreno como de su revalorización periurbana o rural. Aun cuando los cambios incesantes de la política agrícola y económica del país pueden volver a poner en entredicho nuestros cálculos, de todos modos se puede estimar que estos cambios no conducirán, en el peor de los casos, más que a retrasar algunos años la rentabilidad de estos trabajos.

Sea como sea, nuestras investigaciones muestran que muchos pequeños propietarios, individuales o agrupados en ejidos, no dudan en invertir en la roturación de los tepetates, aunque ignoren cuáles son las condiciones idóneas para obtener la mejor rehabilitación posible y sepan que hay riesgos financieros importantes. Por tanto, es indispensable proponer rápidamente soluciones para garantizar un uso adecuado de estos tepetates.

### **La habilitación agropecuaria de los tepetates es socialmente indispensable**

En la medida en que los precios de los productos agrícolas son ridículamente bajos y que el cultivo de los tepetates no tiene que ver más que con superficies relativamente pequeñas para cada productor, es obvio que no son estas rehabilitaciones las que permitirán a los campesinos quedarse en sus tierras o volver a ellas. No obstante, la habilitación asegura un complemento significativo que puede ser del orden de 20 a 30% en el caso de las comunidades periurbanas (Ly, 1993) y de más del 60% en las que son más rurales (Lepigeon, 1994). Estas cifras no incluyen elementos de orden cualitativo como es el placer de comer su propio maíz ¡y de producir mazorcas más bonitas que las de los vecinos! El aumento del valor predial del terreno, la posibilidad de construir una casa para sus hijos y de acondicionar un solar (jardín y huerta), cuya producción es particularmente importante (Navarro y Zebrowski, 1992) en la economía familiar, son datos a tomar en cuenta, incluso si a veces es difícil contabilizarlos desde un punto de vista monetario.

Por otra parte, la conversión de los tepetates en suelos fértiles y productivos implica cambios en las estructuras agrarias. Como ya no hay tierras de agostadero, se hace imperativo prever cultivos forrajeros. Si no, y en la medida en que las comunidades disponen de bosques (lo que está lejos de ser una generalidad en el valle oriental de México y en el de Tlaxcala), se presenta el riesgo de observar un desplazamiento de los rebaños hacia estas zonas boscosas, con consecuencias inmediatas: sobrepastoreo, bosques que no se regeneran más, erosión y, por lo tanto, aparición de nuevas superficies

de tepetates aflorados. Lo que una mano mejora, ¡la otra lo vuelve a deshacer!

## CONCLUSIONES

En el curso de los siglos, la erosión –indicador de las evoluciones sociales, económicas y políticas de las sociedades– ha evolucionado por saltos. Prácticamente ausente hasta el siglo xv en la parte oriental del valle de México, mientras que ya había aparecido siglos atrás en el valle de Tlaxcala, siempre ha causado que en estas regiones afloren capas duras y estériles de origen volcánico, denominadas tepetates. La llegada de los conquistadores y todos los cambios que la han seguido provocaron una reactivación de la erosión durante el siglo xvi, pero que probablemente disminuyó su paso –o hasta se detuvo– en los dos siglos siguientes. El siglo xix fue a la vez protector y devastador del medio: se protegieron los suelos con el cultivo de agaves en curvas de niveles, pero se talaron los bosques por las necesidades industriales. La Revolución de 1910 con sus leyes de reforma agraria, asociadas a una población cada vez más grande, una ausencia de control sobre el uso de la tierra, un cambio de los cultivos y el aumento del ganado mayor, todo ello provocó una considerable erosión de las zonas de pie de monte de estos dos valles. A pesar del éxodo rural a partir de la década de 1960, la tierra ha seguido siendo una fuente de trabajo, de ingresos y un capital. El cultivo de los tepetates, que fueron zonas abandonadas, permite mejorar los ingresos directos e indirectos de los campesinos, a la vez que se protege el ambiente al detener la destrucción de los suelos y del medio natural. Sin embargo, para que esta mejora sea efectiva, rentable y durable, es indispensable seguir unas cuantas recomendaciones. De no seguirlas, existe el riesgo de ser contraproducente y de arruinar no sólo al campesino que ha emprendido estos trabajos, sino también de permitir que la erosión de los suelos abarque una amplitud mayor que antes.

Si bien desde hace 30 años la población rural disminuye proporcionalmente con respecto a la urbana, en cifras absolutas ha aumentado en un 32% y llega hoy a cerca de 9 millo-

nes de personas económicamente activas y dependientes de la agricultura. Ahora bien, como hemos visto, los tepetates representan a menudo la última frontera agrícola de las comunidades campesinas de los valles de México y de Tlaxcala. Por lo tanto, está claro que cultivar en los tepetates deberá ser uno de los elementos de la política agraria del país. Aun más cuando nuestros trabajos, así como los de otros equipos, subrayan que la habilitación agropecuaria de los tepetates es posible desde los puntos de vista agronómico, económico, social y ecológico. En estas condiciones es indispensable poner en marcha un programa de divulgación técnico para difundir los resultados de nuestros trabajos. Asimismo, es necesario que el gobierno federal y los de los estados en donde hay tepetates faciliten el alquiler de maquinaria pesada para minimizar los gastos de roturación y de establecimiento de terrazas y garantizar la calidad de los trabajos efectuados. Por último, sin una política de acceso a los créditos y de mantenimiento de precios de los productos agrícolas, al menos en estas regiones –como el plan “montaña” en Europa–, los trabajos se limitarán a algunos centenares de hectáreas, cuando de lo que se trata es de abrir a la agricultura millones de hectáreas. Ahora bien, la actual política de privatización salvaje, de abandono de la agricultura en favor de las importaciones a “bajos precios” de los Estados Unidos, la ausencia de estructura de divulgación agrícola y la reducción de los apoyos a los más desprotegidos hacen pensar, lamentablemente, que estas recomendaciones no se aplicarán sino en algunos sitios... en el mejor de los casos.

Es probable que dentro de algunos decenios un investigador escriba un artículo sobre la erosión y los tepetates; en él mostrará que a finales del siglo xx todavía era posible detener el proceso de degradación del medio natural que habría de provocar que en 2050 la Sierra Nevada estuviera cubierta de tepetates y de algunos arbustos raquíuticos, pobres testigos de la vegetación del pasado... En esos tiempos, la población de México, sedienta y hambrienta, maldecirá a los políticos causantes de sus males, por haber tenido una visión a corto plazo, que se detenía al término de su mandato.

En efecto, habilitar tierras erosionadas es bueno; impedir que hoy ya no se erosionen más es mejor.

## Bibliografía

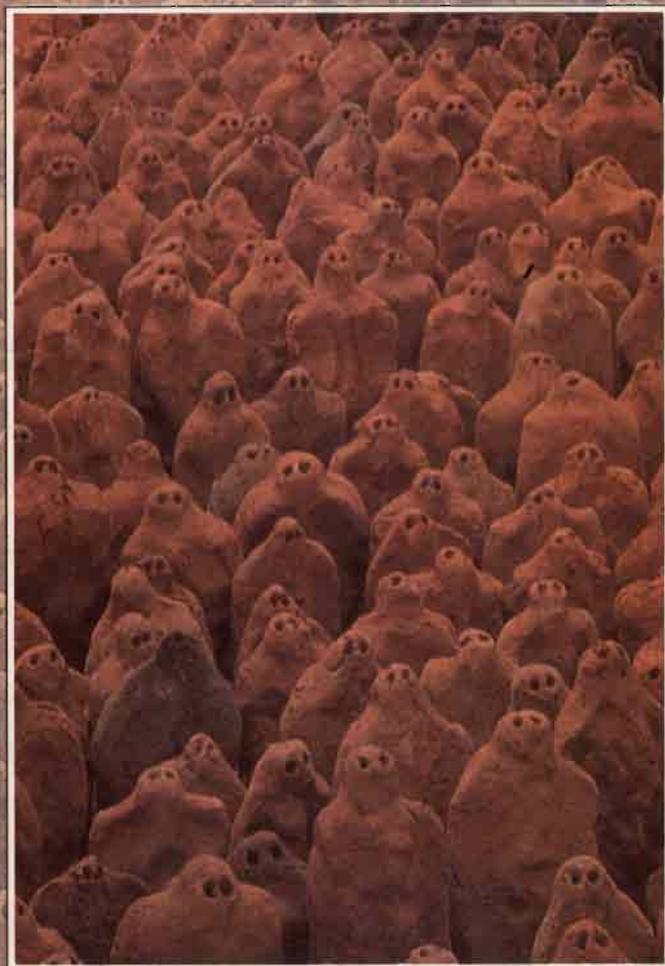
- Banzo, M.T (1994), *Dynamique de l'espace périurbain et stratégie des producteurs. La périphérie sud-est de Mexico*, tesis de doctorado, Université Toulouse II-Le Mirail, 325 pp.
- Calva Orduño, D. (1992), "Rescate de tierras tepetatosas erosionadas en Tlaxcala", en Zebrowski *et al.* (ed.), *Terra 10* (vol. especial), 557-560.
- Dubroeuq, D., P. Quantin y C. Zebrowski (1989), "Los tepetates de origen volcánico en México. Esquema preliminar de clasificación", *Terra 7* (1), 3-12.
- Etchevers, J., D.L. Cruz, H.J. Mares y C. Zebrowski (1992), "Fertilidad de los tepetates I y II", en Zebrowski *et al.* (ed.), *Terra 10* (vol. especial), 379-391.
- Ferrera-Cerrato, R. (1992), "Papel de los microorganismos en la recuperación de suelos marginales", en Zebrowski *et al.* (ed.), *Terra 10* (vol. especial), 408-414.
- García Cook, A. (1986), "El control de la erosión en Tlaxcala: Un problema secular", *Erdkunde 40*, 256-261.
- , (1974), "Una secuencia cultural para Tlaxcala", *Comunicaciones Proyecto Puebla-Tlaxcala 10*, 5-22, Puebla, México.
- Gerhard, P. (1986), *Geografía histórica de la Nueva España, 1519-1821*, UNAM, México.
- Gibson, C. (1967), *Los aztecas bajo dominio español, 1519-1810*, Ed. Siglo XXI, México.
- González M., S. (1977), "Tres estudios sobre el desarrollo histórico de la gran propiedad de la tierra: Chapingo", en Semo, E. (ed.), Ed. INAH, col. Científica 55, México, pp. 19-37.
- González R., J. (1993), *Santa Catarina del Monte. Bosques y hongos*, col. Tepleaostoc, núm. 3, Universidad Iberoamericana, México, 115 pp.
- Hargous, S., y T. Vogel (1993), *L'homme et l'agave*, L'Harmattan, París, 142 pp.
- Harvey, H.R. (1986), *The population of Tepetlaoxtoc in the 16th century*, *Mexicon 8* (5), 107-111.
- Heine, K., y E. Schönhals (1973), *Entstehung und Alter der "Toba"-Sedimente in Mexiko*, Eiszeitalter u. Gegenwart, Band 23/24: 201-215, Öhringen, BRD.

- Lauer, W. (1979), "Medio ambiente y desarrollo cultural de la región Puebla-Tlaxcala", *Comunicaciones Proyecto Puebla-Tlaxcala*, 16: 29-54, Puebla, México.
- Lepigeon, I. (1994), *Etude d'une communauté paysanne (Tlalpán) de l'Etat de Tlaxcala (Mexique). Evolution de l'utilisation du milieu et de l'impact des tepetates sur les systèmes de production*, informe de ESAT 1, CNEARC, Montpellier, Francia, 70 pp.
- Llerena F., A., y B. Sánchez B. (1992), "Recuperación de tepetates en la vertiente oriental del valle de México", en Zebrowski et al. (ed.), *Terra 10* (vol. especial), 302-308.
- Ly, B.-T. (1993), *Evolution d'un système agraire périurbain et études des systèmes de production de la commune de Santa Catarina del Monte*, informe de ESAT 1, CNEARC, Montpellier, Francia, 70 pp.
- Luna M. César del C. (1993), *Cambios en el aprovechamiento de los recursos naturales del suroeste de Tlaxcala, México*, tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 256 pp.
- Navarro Garza, H. (1992), "Metodología para análisis de sistemas de producción en el manejo de tepetates", en Zebrowski et al. (ed.), *Terra 10* (vol. especial), 515-523.
- Navarro Garza, H., y C. Zebrowski (1992), "Análisis agronómico comparativo en tepetates", en Zebrowski et al. (ed.), *Terra 10* (vol. especial), 451-459.
- Ortiz S., C., A.D. Pájaro H. y V.M. Ordaz C. (1990), *Manual para la cartografía de clases de tierras campesinas*, Serie Cuadernos de Edafología, 15, Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, México.
- Palerm, A., y E. Wolf (1972), *Agricultura y civilización en Mesoamérica*, Ed. Guernika, México, 218 pp.
- Peña H., D., y C. Zebrowski (1992), *Estudio de los suelos volcánicos endurecidos (tepetates) de las cuencas de México y de Tlaxcala (México)*, informe del mapa morfopedológico de la vertiente occidental de la Sierra Nevada, CEE #TS-0212.
- , (1992), "Los suelos y tepetates de la vertiente occidental de la Sierra Nevada, México", en Zebrowski et al. (ed.), *Terra 10* (vol. especial), 151-170.
- Pimentel B., L. (1992), "Cómo hacer productivos los tepetates", en Zebrowski et al. (ed.), *Terra 10* (vol. especial), 293-301.

- Prat, C. (1991), *Etude du "talpetate" de la région Centre Pacifique du Nicaragua*, tesis para la Univ. Paris VI, París, Francia, 320 pp.
- Quantin, P. (1992), *Etude des sols volcaniques indurés (tepetates) des bassins de Mexico et de Tlaxcala, en vue de leur réhabilitation agricole*, informe final #TS-2-0212.
- , (1992), "L'induration des matériaux volcaniques pyroclastiques en Amérique Latine: processus géologiques et pédologiques", en Zebrowski *et al* (ed.), *Terra* 10 (vol. especial), 24-33.
- Simpson, L.B. (1952), *Exploitation of land in Central México in the sixteenth century*, *Ibero-americana*, 36: 1-92, Berkeley & Los Ángeles (Univ. Calif. Press).
- Werner, G. (1989), *Los suelos en el estado de Tlaxcala, Altiplano Central Mexicano. Investigaciones relacionadas con su desarrollo, extensión, erosión y su utilización bajo la influencia de actividades agrícolas en 3,000 años (con aportaciones de G. Miehllich)*, Gobierno del Estado de Tlaxcala-UAT, Tlaxcala, México.
- , (1992), "Suelos volcánicos endurecidos (tepetates) en el Estado de Tlaxcala: distribución, rehabilitación, manejo y conservación", en Zebrowski *et al.* (ed.), *Terra* 10 (vol. especial), 318-331.
- Williams, B.J. (1992), "Tepetate in 16th century and contemporary folk terminology. Valley of Mexico", en Zebrowski *et al.* (ed.), *Terra* 10 (vol. especial), 483-493.
- Zebrowski, C. (1992), "Los suelos volcánicos endurecidos en América Latina", en Zebrowski *et al.* (ed.), *Terra*, vol. especial, núm. 10, pp. 15-23

# EL CAMPO MEXICANO

una modernización a marchas forzadas



Philippe Bovin

COORDINADOR

MISCELÁNEAS

**Philippe Bovin**  
**(coordinador)**

**EL CAMPO MEXICANO:  
UNA MODERNIZACIÓN  
A MARCHAS FORZADAS**

**CENTRO FRANCÉS DE ESTUDIOS MEXICANOS Y CENTROAMERICANOS  
INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE  
DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION  
(ORSTOM)**

**1996**

## *Campo*

La obra de Antony Gormley, que aparece en la cubierta de este libro, se titula *Field* (campo). En Cholula, estado de Puebla, el escultor británico realizó, con la ayuda de la familia Texca, más de treinta y cinco mil figurillas de terracota modeladas a mano y cocidas en un horno de ladrillos. "La mirada de expectación muda y de súplica contenida de las figurillas nos recuerda nuestra función de custodios de la Tierra y arquitectos de su destino" (Thomas McEvilley).

Primera edición 1996

Derechos reservados conforme a la ley

© Centro Francés de Estudios Mexicanos y Centroamericanos  
Sierra Leona 330

Lomas de Chapultepec, 11000 México, D.F.

© Institut Français de Recherche Scientifique pour le  
Développement en Coopération (ORSTOM)

Cicerón 609

Col. Los Morales, 11530 México, D.F.

Portada: Natalia Rojas Nieto

Fotografía de portada: cortesía de Antony Gormley

Textos de Poilly, Marchal, García Barrios, Navarro y Prat,  
traducidos por Abdiel Macías Arvizu

ISBN 968-6029-49-4

Impreso y hecho en México/*Printed and made in Mexico*

\* El CEMCA no se hace responsable de las opiniones de los autores.