

Prácticas agroforestales y especies de uso múltiple para la rehabilitación y conservación de suelos volcánicos en Adolfo López Mateos, Tlaxcala: percepción de los agricultores

Daniel Callo Concha¹

Resumen. Durante 2003 y 2004, en la comunidad Adolfo López Mateos, Tlaxcala, se caracterizaron las prácticas agroforestales predominantes en la zona para la rehabilitación y conservación de suelos; luego, con la participación de los agricultores, se identificaron las prácticas y las especies de uso múltiple más compatibles con tales prácticas. La plantación de especies suculentas y/o leñosas perennes en hileras transversales, complementada con cobertura herbácea densa y excavación de zanjas de infiltración se identificó como la práctica más extendida. Las especies usadas son clave al proveer estabilidad física y, al parecer, promover interacciones biológicas y químicas benéficas; sin embargo, su mayor limitante es la depredación humana para el aprovechamiento de subproductos.

Palabras clave: Agroforestería, Tepetates, Erosión del suelo, Especies de uso múltiple, Participación de agricultores

¹ Center for Development Research (ZEF), University of Bonn. Walter-Flex-Str. 3, 53113 Bonn, Alemania

Abstract. During 2003 and 2004 in the Adolfo López Mateos community, Tlaxcala, the agroforestry practices to rehabilitate and conserve soils were characterized, and later with farmers' participation, identified the species of multiple purpose that best fit with these practices. The plantation of succulent and/or woody species in contour hedgerows, together with dense herbaceous groundcover and excavation of infiltration trenches, was identified as the most widespread practice. Key factors are the selection of species to guarantee physical stability, and seemingly able to promote biological and chemical interactions; however, the major shortcome is the human over-utilization of these species to profit of their byproducts.

Key words: Agroforestry, Tepetates, Soil erosion, Multipurpose species, Farmers' participation

INTRODUCCIÓN

En México los tepetates son residuos volcánicos superpuestos y meteorizados, tradicionalmente convertidos en suelos agrícolas vía fragmentación y pulverización (Ramos, 1994; Acevedo y Flores, 1996; Ruíz, 1997; Oropeza y Ríos, 1998; Quantin, 1998). Estos suelos han mostrado limitaciones agronómicas: i) físicas: alta compactación, dureza, macroporosidad y gran permeabilidad; ii) químicas: bajos niveles de nitrógeno y fósforo, y elevada alcalinidad; y iii) biológicas: pobre contenido de materia orgánica (Etchevers *et al.*, 1998; Navarro *et al.*, 1998; Quantin, 1998). Sin embargo, al descomponerse generan arcillas que incrementan su capacidad de intercambio catiónico y retención de agua, con lo cual su fertilidad aumenta progresivamente (Quantin, 1998); además de responder positivamente a la adición de fertilizantes sintéticos y abonos orgánicos (Oropeza y Ríos, 1998). Así, su manejo agronómico se ha basado en el aumento de la materia orgánica a través de la incorporación de biomasa (Etchevers *et al.*, 1998).

Esquemáticamente, la habilitación/rehabilitación de tepetates como suelos agrícolas sigue las fases de roturación, labranza, abonamiento y establecimiento de prácticas de conservación de suelos (Ramos, 1994); preferentemente complementadas con obras hidráulicas y prácticas conservacionistas como cultivos en contorno, zanjas de infiltración, labranza mínima, etc. (Coca, 1999; Quantin, 1998).

La vegetación afín a los suelos de tepetate es, por lo general, secundaria, pero con un alto grado de persistencia, en las que predominan pteridofitas y espermatofitas (Vibrans, 1997). Se han emprendido intentos de repoblamiento con especies arbóreas vecindadas como casuarina (*Casuarina equisetifolia*), acacia (*Acacia retinoides*) y eucalipto (*Eucalyptus sp.*) (Ramos, 1994); forestales, como pino (*Pinus spp.*) y ciprés (*Cupressus spp.*) (Arias y García, 1992; Pedraza *et al.*, 1987); arbustivas, como tepozán (*Buddleia cordata*), cotoneaster (*Cotoneaster pannosus*), tlaxistle (*Amelanchier denticulata*) y fresno (*Tecoma stans*) (Guerra y Garzón, 1992; Guerra, 2003, comunicación personal); frutales, como el durazno (*Prunus persica*) y capulín (*Prunus serotina*); y especies suculentas, como nopal (*Opuntia spp.*) y maguey (*Agave spp.*) (Asteinza y Rey, 1987; Coca, 1999).

El Centro Mundial de Agroforestería (ICRAF) define agroforestería como: "(...) un sistema dinámico y ecológicamente sustentado de manejo de los recursos naturales que, a través de la integración de árboles en tierras agrícolas y pastizales, diversifica y sostiene la producción para aumentar los beneficios ambientales, económicos y sociales de los usuarios de la tierra" (ICRAF, 2009). Con relación a esto, el concepto de árbol de uso múltiple (AUM) se refiere a: "(...) toda planta leñosa cultivada deliberadamente, capaz de aportar más de una función o servicio a un Sistema de Uso de la Tierra" (Burley y von Carlowitz, 1984).

Con respecto a la conservación de suelos, los sistemas agroforestales han probado contribuir, vía intercepción contra la escorrentía, a la retención de suelos a diferentes profundidades, aporte a la cobertura del suelo, y la disponibilidad de nutrimentos y agua extraídos de horizontes profundos (Young, 1989; Sánchez, 1995; Nair, 1997).

Dentro de este marco, el objetivo del presente estudio fue identificar las prácticas agroforestales predominantes y las especies perennes capaces de contribuir a la rehabilitación y conservación de suelos de tepetate.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la comunidad Adolfo López Mateos localizada a 19° 30' 20 N y 98° 23' 30 W del municipio de Hueyotlipán, estado de Tlaxcala. Predominan climas subhúmedos a semifríos con lluvias en verano y heladas en invierno. La precipitación media anual es 858.7 mm año⁻¹ y más de 90% de ésta ocurre entre mayo y octubre; la temperatura media mensual oscila entre 12.6 °C (diciembre y enero) y 18.8 °C (mayo) (INEGI, 2002). El uso del suelo es mayormente agrícola y de pastoreo, con pequeños remanentes forestales; el régimen de propiedad predominante es el minifundio; la producción se orienta al autoconsumo y el cultivo principal es el maíz (*Zea mays*).

Se combinaron sucesivamente los procedimientos de colección y procesamiento de información: a) colección de información secundaria: revisión de literatura y bases de datos sobre prácticas agroforestales y especies de usos múltiples; entrevistas con expertos de las principales instituciones académicas y de investigación de la región; b) colección de información primaria: observación y documentación de prácticas locales de conservación y rehabilitación de suelos y especies utilizadas, y c) talleres participativos con agricultores locales (grupos focales y análisis de fortalezas y debilidades). Con ello, se logró: i) identificar los mayores efectos de las prácticas agrícolas en suelos de tepetate; ii) identificar las especies locales adecuadas para atenuar tales efectos, y iii) analizar las ventajas y desventajas de cada una. El muestreo de agricultores fue inicialmente dirigido a agricultores clave, y redireccionado por éstos a otros, siguiendo la lógica de la bola de nieve (Castillo, 2009); se consideraron sexos y edades al conformar los tres grupos (repeticiones).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prácticas agroforestales identificadas

a) Setos vivos, que, además de desempeñar funciones de protección física de las parcelas, cursos de agua y caminos, se usan como barrera física para frenar la escorrentía. Se componen principalmente de una o más especies perennes, como jarilla (*Baccharis salicifolia*), sabino (*Juniperus deppeana*), eucalipto (*Eucalyptus* sp.), capulín (*Prunus serotina*), maguey (*Agave* spp.), nopal (*Opuntia* spp.), etc. son plantadas en hileras a diversos distanciamientos y con frecuencia asociadas a herbáceas, generalmente poáceas, plantadas a alta densidad (Figura 1a).

b) Complejo especie perenne –faja de transición–, zanja de infiltración/desviación. En laderas de pendiente moderada (0-5%) se establecen terrazas de hasta 20 m de ancho y largo indeterminado. Entre terrazas se excavan zanjas de infiltración/desviación. A menudo se observa a ambos márgenes de la zanja una faja de transición compuesta por una sección horizontal (bordo) de entre 2 y 5 m y/o una sección vertical (talud), cuya altura varía entre 0.5 y 2 m. La sección horizontal y vertical están densamente pobladas, la primera por un compuesto de cactácea/agavácea-leñosa, y la segunda por poáceas y herbáceas rastreras que contribuyen a minimizar la pérdida de suelo superficial. En algunos casos hay árboles dispersos en el campo de monocultivo, principalmente sabino (*Juniperus deppeana*) (Figura 1b).

Figura 1. Prácticas agroforestales más comunes de conservación de suelos en la comunidad López Mateos, Tlaxcala:

- a) setos vivos con jarilla (*Baccharis salicifolia*), maguey (*Agave spp.*) y varias poáceas intercaladas;
- b) Complejo perenne con sabino (*Juniperus deppeana*) o tepozán (*Buddleja cordata*); faja de transición compuesta por maguey (*Agave spp.*) y varias poáceas, y zanja de infiltración/desviación

a)



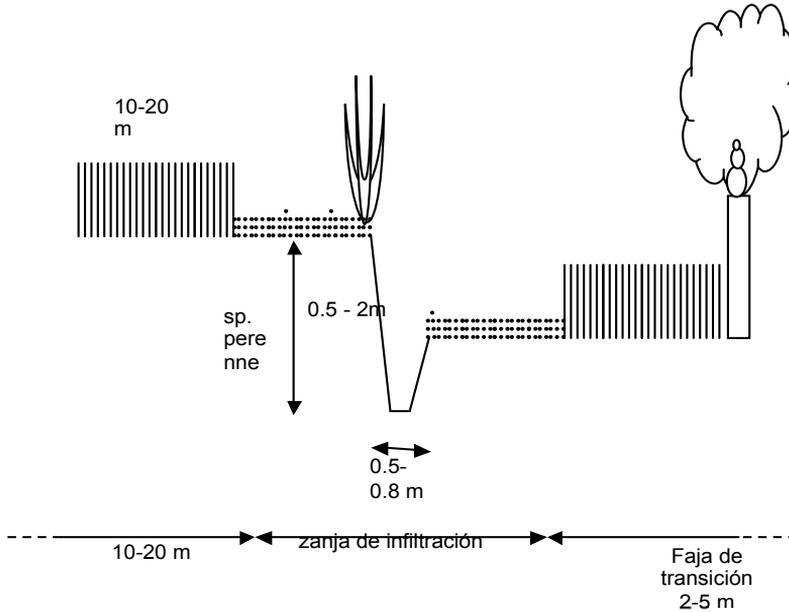
b)



Su instalación sigue la sucesión: especie perenne –herbácea– cobertura. Al instalarla antes de la época de lluvias incrementa el prendimiento de las especies componentes y estabiliza los bordos. No obstante, su mantenimiento es clave: riego para asegurar el prendimiento de las especies componentes, repoblamiento del estrato bajo para eliminar riesgos de erosión laminar (CONAZA, 1994), podas y deshierbes en el estrato bajo e intermedio para aminorar competencia y hospedaje de plagas. Finalmente, debe atenderse la ingeniería de la práctica para elegir la proporción adecuada entre la pendiente del bordo y el talud, e instalar desvíos de agua remanente.

Las numerosas variaciones de esta práctica dependen de: i) su composición: sustitución del maguey (*Agave* spp.) por el nopal (*Opuntia* spp.) o, tratándose de parcelas viejas, por tepozán (*Buddleja cordata*), capulín (*Prunus serotina*), sabino (*Juniperus deppeana*) y/o jarilla (*Baccharis salicifolia*), esta última, si la humedad es suficiente; ii) la pendiente, que determina la presencia, densidad y diversidad de componentes perennes en la faja de transición; iii) la altura del talud en sitios de mayor pendiente, en estos casos puede darse inclusive la presencia de una doble faja de transición; y iv) el ancho del área de cultivo, que determina el tamaño de la faja de transición e inclusive su eliminación (Figura 2).

Figura 2. Esquema del complejo perenne-faja de transición-zanja de infiltración en la comunidad Adolfo López Mateos, Tlaxcala



Esta práctica es físicamente estable, no se establece como tal, sino se desarrolla paulatinamente a través de la adición sucesiva de componentes. Por ejemplo, a partir de la plantación de hileras de maguey (*Agave spp.*) que, vía la retención de suelo por gravedad y laboreo continuo, generará la faja donde la vegetación se regenera continuamente por las captaciones de agua en las zanjas de infiltración.

Algunos estudios han validado su capacidad para incrementar la productividad primaria, vía diversificación de la producción, aumento de materia orgánica, nitrógeno y capacidad de intercambio catiónico (Farrel, 1983; Altieri y Trujillo, 1987). No obstante, la sostenibilidad de

esta práctica depende de su diseño y manejo apropiados, esto incluye la determinación del ancho de la faja de transición, así como la altura y/o pendiente del talud, proporcionales al ancho del área cultivada; cuidado en el repoblamiento del estrato bajo (poáceas), pues la presencia de especies invasivas como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) pueden colapsarla. Sin embargo, la mayor parte de estos riesgos se minimizan con un establecimiento progresivo y manejo individualizado de cada componente.

En general, esta práctica, así como las especies utilizadas, son bien conocidas e implementadas exitosamente por los agricultores, quienes facilitan la sucesión y acoplamiento gradual de componentes. La falta de mantenimiento incrementa su erosionabilidad y erosión, lo que recientemente se ha observado debido a la migración y diversificación de las actividades económicas en la población.

Especies de uso múltiple

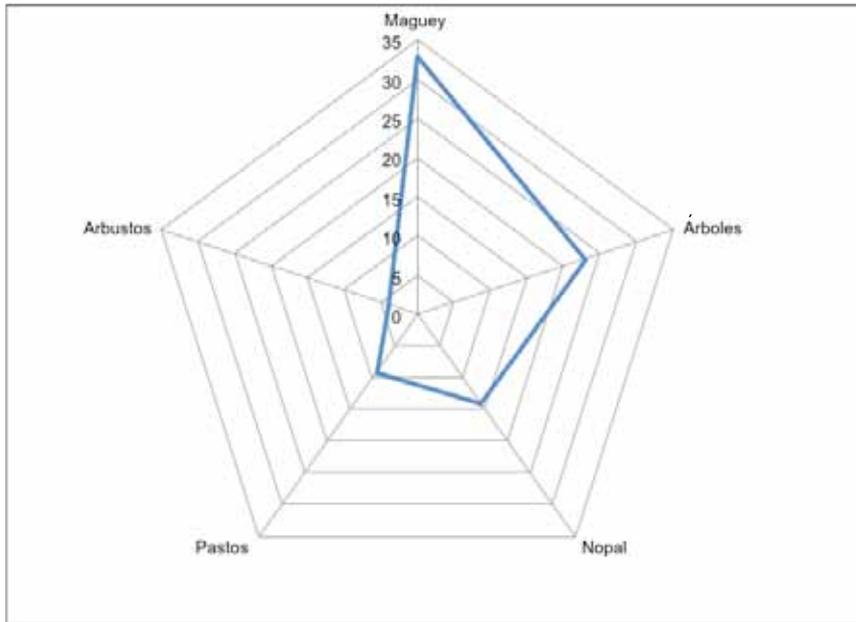
Se realizaron talleres participativos con agricultores locales (n=30) divididos aleatoriamente en tres subgrupos de diez individuos cada uno. Después de definir y empoderar el concepto de AUM, a los agricultores se les cuestionó sobre los riesgos agrícolas más importantes en sus unidades agrícolas. Éstos los identificaron, definieron y jerarquizaron en tres categorías sucesivas de mayor a menor importancia (⊕⊕⊕, ⊕⊕, ⊕). La agrupación y ponderación de las opiniones fue facilitada por miembros del equipo organizador. Ambos procesos se llevaron a cabo independientemente para cada uno de los tres subgrupos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Percepción de los agricultores: riesgos agrícolas en suelos de tepetate

Grupo 1		
Votos	Opinión literal	Riesgos: votos agrupados y ponderados
Más prioritario (3) ^(*)	<ul style="list-style-type: none"> - Tierras sin protección (zanjas, bordos, árboles, arbustos) - Erosión - Tierras erosionadas - En mi parcela la erosión es lo más malo - Problema plaga de la ecología 	Erosión hídrica: 15 ^(*) Plagas: 7 Manejo: 4 Polución: 3 Otros: 1
Prioritario (2)	<ul style="list-style-type: none"> - Plagas - Plantación de especies - Se quedó plaga dentro de mi tierra - Erosión de la tierra - Uso de químicos 	
Menos prioritario (1)	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de atención a la parcela - Deslave de tierras por falta de protección de drenaje - Rotación de cultivos - Utilización de menos agroquímicos 	
Grupo 2		
Votos	Opinión literal	Riesgos: votos agrupados y ponderados
Más prioritario (3)	<ul style="list-style-type: none"> - Laderas es el problema, deslavamiento de tierras - Deslave de tierras, no quitar bordos - Deslave de tierras - Un deslave de tierras y queda el tepetate 	Erosión hídrica: 12 Plagas: 5 Manejo: 4 Aridez: 2 Heladas: 1
Prioritario (2)	<ul style="list-style-type: none"> - Plagas como gallinas ciegas - Los animales se comen todas las plantas - Despistar - Problema de preparación de tierra 	
Menos prioritario (1)	<ul style="list-style-type: none"> - Sequía en la tierra de tepetate - Falta de agua - Plaga de cacahuatillo - Heladas 	

Grupo 3		
Votos	Opinión literal	Riesgos: votos agrupados y ponderados
Más prioritario (3)	<ul style="list-style-type: none"> - Erosión - Se está deslavando - El agua se lleva la tierra - Se está acabando la tierra por falta de árboles 	Erosión hídrica: 14 Manejo: 5 Deforestación: 3 Sobrepastoreo: 2
Prioritario (2)	<ul style="list-style-type: none"> - Tala inmoderada - Falta de zanjeo - Que los magueyes los están acabando en los mixiotes - Falta de sembrar maguey y zanjeo 	
Menos prioritario (1)	<ul style="list-style-type: none"> - Sobrepastoreo - Los animales se comen la vegetación - Las personas cortan muchos árboles - Los magueyes los cortan por los gusanos de maguey 	
<p>(*) Cada agricultor contaba con tres votos que debía asignar de acuerdo a su percepción sobre el grado de importancia de cada riesgo. Algunos agricultores/grupos no los utilizaron todos.</p> <p>La erosión de suelos fue el problema más aludido, tres de cada cinco opiniones apuntaron a éste; en segundo lugar fue el manejo y las plagas con uno de cada seis participantes; y en un tercer grupo estuvo la aridez, la deforestación, la polución, el sobrepastoreo y las heladas, con una y hasta diez opiniones cada una.</p> <p>En una segunda fase, los agricultores fueron cuestionados sobre las especies de uso múltiple más adecuadas para aminorar la erosión en suelos de tepetate. Basados en los riesgos encontrados (Cuadro 1), los agricultores propusieron las especies o grupos (Figura 3):</p>		

Figura 3. Percepción de los agricultores sobre la Importancia de las especies o grupos de especies potenciales para conservar suelos volcánicos en la comunidad Adolfo López Mateos, Tlaxcala (n=30)



Tanto el maguey (*Agave* spp.), como el nopal (*Opuntia* spp.) fueron considerados individualmente. El maguey resultó la especie preferida, siguiéndole los árboles, y en menor grado el nopal, pastos y arbustos.

Finalmente, las especies y/o grupos de especies identificados se evaluaron por medio del análisis de *Fortalezas y Debilidades*, en el cual los agricultores respondieron acerca de las ventajas y desventajas de emplear una u otra. En el caso de los árboles, los agricultores se refirieron a especies como tepozán (*Buddleya cordata*), colorín (*Erythrina americana*), sabino (*Juniperus deppeana*) y especies frutales, probablemente en función a los subproductos y servicios derivados de ellas (alimenticio, medicinal, forraje, sombra, etc.). Nuevamente, los criterios fueron generados por los agricultores y agrupados por los facilitadores (Cuadro 2).

Cuadro 2. Percepción de los agricultores acerca de las ventajas y desventajas de cada especie o grupo de especies identificadas (n=30)

Maguey	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Conservación del suelo (10)^(*): retención física, cortinas rompevientos - Subproductos comestibles (3): mixiote, pulque, hongos, aguamiel, flor de maguey - Subproductos medicinales (3): aguamiel, quite - Subproductos comerciales (3): gusano 'chinicuil'
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultades de manejo (1): hábitos de enraizamiento - Riesgo de depredación (9): desmixiote, 'mate', penca, gusano del maguey, quite - Hospedero de plagas (2): roedores
Árboles: tepozán, colorín, sabino y frutales	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Conservación del suelo (10): retención física, cortinas rompevientos - Frutos comestibles (7): frutos, jarabes, dulces mermeladas, conservas - Fertilidad del suelo (4): humedad, sombra, mulch, humedad - Subproductos medicinales (4) - Forraje (1) - Apicultura (1)
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultades de manejo (8): reducción del área de cultivo, sombra a cultivos, enraizamiento que impide el laboreo, daño a parcelas vecinas - Incrementa vulnerabilidades (2): robo de frutos, abusos - Hospeda plagas (2)

Pastos	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Forraje para el ganado (9) - Conservación del suelo (5): retención física - Fertilidad del suelo (2): abonamiento - Subproductos medicinales (2) - Subproductos comerciales (1) - Usos locales (1): techos de vivienda - Protección de parcelas (1): cercas vivas - Composta (1)
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo (5): enraizamiento que dificulta el laboreo, actitud invasiva, hospedero de plagas: víboras, reptiles- - Sustrato de incendios (2)
Nopal	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Subproductos comestibles (9): nopalitos, nopal chicles, tuna, achit - Subproductos comerciales (5): detergente, tintes - Subproductos medicinales (4) - Forraje (4) - Conservación del suelo (2): rompevientos - Manejo (1): fácil propagación, - Fertilidad del suelo (1): humedad - Subproductos medicinales (1)
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Hospedero de plagas (6): roedores, reptiles - Dificultades de manejo (5): espinos

(*) Suma de los votos de los agricultores

En tres de los cuatro casos observados, a excepción del nopal, la conservación de suelos fue considerada entre las principales ventajas de su cultivo, mas no la única; se mencionaron también usos comestibles y medicinales principalmente.

El aprovechamiento comercial de subproductos (mixiote, frutos, tintes, pulque, etc.) se ha incrementado y con frecuencia se hace a costa de la vida de la planta, lo que sumado a la pobre reposición de plantas, redundando en una amenaza a la supervivencia de las especies y sus beneficios potenciales.

Por otro lado, al citar las desventajas de las mismas, éstas se refieren esencialmente a aspectos de manejo agrícola (invasiva, hospedera de plagas, competencia, etc.) y, coincidentemente con sus ventajas, incremento de la vulnerabilidad de la parcela por su explotación indiscriminada.

CONCLUSIONES

La práctica especie perenne –faja de transición– zanja de infiltración/desviación, compuesta por especies en varios estratos instaladas progresivamente, es la práctica más utilizada para la conservación física de los suelos de origen volcánico en la zona de estudio.

Las especies preferidas por los agricultores son: el maguey (*Agave* spp.), que prospera por su alto prendimiento, buena asociación con otras especies y múltiples usos, sin embargo, su constante depredación para ser usado como materia prima de mixiotes y pulque amenaza su sostenibilidad; en segundo orden las especies como colorín (*Erythrina americana*), tepozán (*Buddleya cordata*), sabino (*Juniperus deppeana*) y árboles frutales en general.

Los resultados de la presente investigación plantean como tema para continuar la línea de investigación, que para que estas prácticas agroforestales contribuyan a la sostenibilidad de los sistemas de uso de la tierra deben lograr sucesivamente: 1) conservar y enriquecer el suelo, 2) estabilizar la producción y 3) añadirle valor agregado.

AGRADECIMIENTOS

Esta nota científica es el resultado del grupo de trabajo en agroforestería como parte del proyecto *Rehabilitación de Suelos Volcánicos* (Revolso), financiado por la Quinta Agenda de Investigación de la Unión Europea (2002-2006). Agradecemos la colaboración de los pobladores de la comunidad Adolfo López Mateos, especialmente a la familia Balderrama-Me-

neses. Así mismo a nuestros colegas Jurgen Queitsch (†) (Universidad Autónoma Chapingo), Mateo Houlon (Universidad Justus-Liebig, Gies-sen), Gustavo Flores (Universidad Autónoma de Tlaxcala), Sara Covaleda y Silvia Pajares (Colegio de Postgraduados; Universidad de Salamanca) y Blanca Gutiérrez (Colegio de Postgraduados) por su apoyo logístico.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo O. y D. Flores, 1996, "Efecto de especies vegetales en la agregación de dos tipos de tepetate del Estado de México en condiciones de invernadero", en Zebrowski, C., P. Quantin y G. Trujillo (comps.), *Suelos volcánicos endurecidos*, III Simposio Internacional, Quito.
- Altieri, M. A. y J. Trujillo, 1987, "The Agroecology of Corn Production in Tlaxcala, México", en *Human Ecology* 15(2): 189-220.
- Arias, M. y G. García, 1992, "Evaluación de la reforestación sobre tepetates en la zona oriente de la cuenca de México", en *Suelos volcánicos endurecidos. Primer Simposio Internacional*, 20-26 de octubre 1991. Terra 10, núm. especial. México.
- Asteinza, G. y J. Rey, 1987, "Evaluación de la plantación de nopal (*Opuntia ficus indica*) en la zona de tepetates de San Pedro Ixayoc, Edo. de México", en Ruíz F., J. (ed.), *Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural*: Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Burley, J. y P. von Carlowitz, 1984, *Multipurpose tree germplasm: Proceedings of a Planning Workshop*, Nairobi.
- Castillo, J., 2009, "Snowball Sampling", en Experiment-resources.com, en <http://www.experiment-resources.com/snowball-sampling.html>, consultado el 11/09/2013.
- Coca, E., 1999, *Sistema de rehabilitación y recuperación productiva de suelos erosionados: un modelo para la conservación de los recursos naturales*

- del municipio de Lázaro Cárdenas, Tlaxcala*, tesis de Licenciatura Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala.
- CONAZA, 1994, Plan de Acción para combatir la Desertificación en México (PACD-MEXICO), Coahuila, Consejo Nacional para Zonas Áridas, Programa de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación y Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, México.
- Etchevers, J. *et al.*, 1998, "La fertilidad de los tepetates del eje neovolcánico en los estados de México y Tlaxcala", en Navarro, G., H. Poupon y M. Pérez (eds.), *Aptitud productiva en suelos volcánicos endurecidos (tepetates)*, Colegio de Postgraduados-ORSTOM. Montecillo, México.
- Farrell, J., 1983, "The influence of trees in Selected Agroecosystems in Mexico", en Gliessman, S. (Ed.), *Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture*, Springer, pp 169-183.
- Guerra, V. y C. Garzón, 1992, "Crecimiento de cinco especies forestales y su relación con la recuperación de suelos de Tlaxcala, México", en *Suelos volcánicos endurecidos, Primer Simposio Internacional*, 20-26 de octubre 1991, Terra (10) núm. especial.
- ICRAF, 2009, The 2nd World Congress of Agroforestry Declaration. Agroforestry: The future of land use, Nairobi.
- INEGI, 2002, *Anuario Estadístico 2002*, Instituto Nacional de Estadística e Informática-Gobierno del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala.
- Nair, P. K., 1997, *Agroforestería*, Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Navarro, G. *et al.* (eds.), 1998, *Aptitud productiva en suelos volcánicos endurecidos (tepetates)*, Colegio de Postgraduados-ORSTOM, Montecillo, México.
- Oropeza, J. y D. Ríos, 1998, "Modelos matemáticos para la optimización de la rehabilitación de tepetates con fines agrícolas", en Navarro, G., H. Poupon y M. Pérez (eds.), *Aptitud productiva en suelos volcánicos endurecidos (tepetates)*, Colegio de Postgraduados-ORSTOM, Montecillo, México.

- Pedraza, E. *et al.*, 1987, "Establecimiento de cinco especies forestales en tres tipos de tepetate de la zona de Tequexquihuahua a Coatepec, Estado de México", en Ruíz, F. (ed.), *Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural*, Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Quantin, P., 1998, "Orientación y problemática científica para la regeneración de suelos volcánicos endurecidos y estériles. Hacia el Estado de Arte para la Regeneración y Conservación de Suelos Volcánicos Endurecidos", en Navarro, G., H. Poupon y M. Pérez (eds.), *Aptitud productiva en suelos volcánicos endurecidos (tepetates)*, Colegio de Postgraduados-ORSTOM. Montecillo, México.
- Ramos, A., 1994, *Manejo tradicional y respuesta de la asociación maíz-frijol en suelos de tepetate, en la comunidad de Santiago Tlapan, Tlaxcala*, tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala.
- Ruíz, F. (ed.), 1987, *Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural*, Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Sánchez, P., 1995, "Science in agroforestry", en *Agroforestry Systems*, 30: 5-55.
- Vibrans, H., 1997, "Lista florística mexicana de plantas vasculares silvestres en San Juan Quetzalcoapan, Tlaxcala, México", en *Acta Botánica Mexicana* 38: 21-67.
- Young, A., 1989, *Agroforestry for Soil Management*, CABI International, Wallingford.