

# **CARTOGRAFÍA y EVALUACIÓN DE LAS REFORESTACIONES EN LA ZONA ORIENTE DE LA CUENCA DE MÉXICO**

**Salvador Adame Martínez<sup>1</sup>  
Armando Gómez Guerrero<sup>2</sup>**

---

<sup>1</sup> Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.. Cd. Universitaria, 04510, México, D.F.

<sup>2</sup> Programa Forestal, Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 56230, Montecillo, Edo. de México

## INTRODUCCIÓN

En marzo de 1971 se creó la Comisión del Lago de Texcoco, actualmente Plan Lago de Texcoco (PLT), dependiente de la Comisión Nacional del Agua, con la finalidad de subsanar, en parte, los problemas ambientales del Ex-Lago de Texcoco y su área de influencia.

A partir de 1973 la Comisión inició un programa de conservación del suelo y agua, reforestando las áreas severamente erosionadas, con la finalidad de: 1) controlar el proceso erosivo, 2) retener agua para propiciar la recarga de acuíferos y 3) evitar las constantes tolvaneras. Para ello, realizó una serie de trabajos, entre los que destacan: obras de control de azolves, plantaciones y la construcción de terrazas.

Como antecedentes de estudios previos, se tienen los trabajos de Pedraza (1987) y Pedraza et al. (1987). El primero informa sobre la cantidad de obras y prácticas de preparación del terreno (terraceo, zanja trinchera, cepas y subsoleo) construidas, con fines de reforestación en la zona de estudio. El segundo, efectúa una investigación sobre el establecimiento de cinco especies forestales en tepetates o cancagua.

Hasta la fecha no se había efectuado una evaluación de todo el programa de reforestación, por lo que no se conocen las especies que han logrado mejor adaptación a las condiciones físicas de la vertiente oriental de la cuenca de México. A esto se suma la falta de una cartografía que permitía conocer con precisión la ubicación de las plantaciones forestales y prácticas de conservación realizadas.

Es por ello que los objetivos del presente artículo son: 1) Cuantificar las obras de conservación realizadas por el PLT en las zonas noreste, oriente y sureste de la vertiente oriental de cuenca de México, y 2) Evaluar las reforestaciones de la zona oriente, de dicha vertiente bajo diferentes materiales edáficos

Cartografía V evaluación de reforestaciones en la zona o escala 1:19.000 y 1:21.500 del

edáficos.

## MATERIALES y MÉTODOS

El presente estudio fue realizado en la zona oriente de la vertiente de la cuenca de México que geográficamente se ubica entre los 19°23'00" y 19°28'28" de Latitud Norte y 98°47'25" y 98°51'30" de Longitud Oeste. Geopolíticamente queda comprendida por los municipios de Texcoco, Chicoloapán e Ixtapaluca, cubriendo una superficie de 70 km<sup>2</sup>.

Es una región que se caracteriza por presentar una configuración topográfica irregular representada por lomeríos y cañadas, corrientes torrenciales, suelos delgados muy erosionados y con afloramiento de tepetate. Miehlich (1992), Zebrowski (1992) y Flores et al. (1996) señalan que los tepetates son suelos volcánicos que presentan en sus perfiles horizontes endurecidos, y en América

Latina también se les conoce como "talpetate, cangahua, hardpán y cancagua", entre otros. El clima es templado subhúmedo con una precipitación entre 700 y 1.000 mm anuales y una temperatura media anual de 14,5°C con extremas entre 3 y 22°C. La vegetación y el uso del suelo, de las partes bajas y medias corresponde a: pastizales como *Distichlis spicata*, *Eragrostis obtusifolia* y *Saueda difusa*; la vegetación herbácea está caracterizada por gramíneas leguminosas, cactáceas, liliáceas y compuestas; la vegetación forestal está representada por *Pinus leiophylla*, *Pinus montezumae*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus rudis*, *Eucalyptus sp.* y *Casuaria equisetifolia*;

los cultivos principales son maíz (Zeamays), frijol (*Phaseolus vulgaris*), cebada (*Hordeum vulgare*) y haba (*Vicia faba*). En la parte alta, se encuentra el pastizal *Muhlenbergia macroura* y los bosques de *Pinus hartweggi*, *Abies religiosa* y *Quercus sp.* La altitud del área de estudio oscila entre 2.270 y 2.800 m (Ortiz y Cuanalo, 1977).

### Cartografía de la reforestación

Para cartografiar las superficies reforestadas se emplearon fotografías aéreas a informa que la construcción de terrazas tanto de absorción como de drenaje. fue con

año de 1989. La información se transfirió a un mapa base topográfico a escala 1 :50.000 para el área de influencia del PLT y a un ortofotomapa a escala 1: 20.000 para la zona oriente. En ambos casos la transferencia de la información se efectuó por medio del Instrumento fotogramétrico denominado Zoom Transfer-Scope.

### **Diseño de muestreo y toma de datos**

Debido a la escasa información con que se cuenta sobre la ubicación exacta de las reforestaciones, así como de la fecha de establecimiento, se optó por un diseño completamente aleatorio, el cual se realizó sobreponiendo una malla de puntos (equidistantes 1 cm) al mapa de las reforestaciones a escala 1:50.000

Una vez conocido el total de puntos incluidos sobre las áreas reforestadas, se seleccionaron los sitios (ecológicamente no corresponden a sitios diferentes) por medio de una tabla de números aleatorios. El número de sitios se calculó con base en la superficie de trabajo, tomando en cuenta que por la disponibilidad de recursos humanos y económicos se podría muestrear del 0,5 al 1,0% del área total reforestada. De acuerdo con lo anterior se ubicaron 120 puntos de muestreo. Los sitios establecidos en campo tuvieron una superficie de 0,1 ha y una forma circular en los casos que fue necesario se hizo la compensación por pendiente respectiva.

### **Información fisiográfica y dasométrica**

La información fisiográfica obtenida del sitio y que se refiere a la condición específica de cada uno de ellos, consistió en: localización geográfica, exposición, pendiente, tipo de material edáfico (suelo, tepetate rojo, tepetate gris y brecha volcánica), prácticas mecánicas (terrazza, zanja trinchera y cepa común) y grado de erosión.

Las prácticas mecánicas se hicieron como preparación del terreno para el establecimiento de las especies arbóreas y mejorar las condiciones físicas del suelo. En el área de estudio, Pedraza (1987).

maquinaria pesada con tractores de carril 08, ambos tipos cuentan con un ancho de 4-5 m y fueron subsoleadas a una profundidad promedio de 1.0 m y con una separación entre hileras de subsoleo de 2 m. La zanja trinchera, consiste en excavar una zanja siguiendo una línea trazada a nivel, y sus dimensiones son: 0,4 m de ancho, 0,4 m de profundidad y de 5 a 7 m de longitud. La cepa común, es un cubo que tiene 0,40 x 0,40 x 0,40 m de largo, ancho y profundidad. El subsoleo, es la roturación del terreno con un tractor 08 a una profundidad de 0,70 m.

En lo que se refiere a la Información dasométrica se colectaron los siguientes datos género o especie, altura total, edad estimada con taladro " Pressler" diámetro a la base (0,3 m) y diámetro de copa. También se registró Información de factores de disturbio como son incendios, plagas, enfermedades y aprovechamiento clandestino de las plantaciones.

### **Evaluación de las reforestaciones**

Como parámetro de crecimiento y de acuerdo con la información colectada se empleó el incremento medio anual en altura (IMAA) para las coníferas. Este parámetro resulta de dividir la altura total del árbol entre la edad del mismo. La edad se cuantificó al tomar la edad de los árboles representativos del sitio, a través de muestras de virutas extraídas con el taladro de Pressler contando el número de anillos en la última pulgada superficial. Para las especies de *Eucalyptus sp.* y *Casuaria equisetifolia* sólo se utilizó la altura total promedio como un indicador relativo de crecimiento, debido a que no se contó con la fecha de plantación de los brinzales.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Cartografía del área de influencia del PLT**

Con la metodología previamente mencionada, se elaboró el mapa de las reforestaciones y prácticas realizadas a

escala 1 :50.000, del área de influencia del PLT. En el Cuadro 1 se presenta la

superficie cubierta por cada una de ellas.

Cuadro 1: Superficies totales informadas y estimadas, de las practicas realizadas en el área de influencia del proyecto lago de texcoco.

| Práctica de reforestación | Superficie (ha) |           | % del área estimada |
|---------------------------|-----------------|-----------|---------------------|
|                           | estimada        | informada |                     |
| Terraza                   | 4.247           | 3.005     | 83,1                |
| Zanja trinchera           | 393             | 2.116     | 7,7                 |
| En cepa y subsoleo        | 470             | 2.735     | 9,2                 |
| Total                     | 5.110           | 7.856     | 100.0               |

La superficie total cuantificada (5.110 ha) difiere en 2.746 ha de aquella calculada por el PLT (1989), que era de 7.856 ha y sólo parece aproximarse a la magnitud de la superficie que implicó mayores movimientos de tierra para el control de la erosión; es decir, la suma del área de las prácticas Terraza y Zanja Trinchera (5.121 ha), informadas oficialmente.

antes del establecimiento de las especies forestales. No obstante, cabe señalar que en esta diferencia de superficie podría estar contribuyendo, además de errores de cálculo por parte del PLT, el hecho de que algunas reforestaciones se efectuaron en rodales naturales de bosque, por lo que la cobertura arbórea dificultó su ubicación.

Por otra parte, la superficie terraceada medida en este trabajo (4.247 ha) es mayor que la determinada por el PLT (3.005 ha) indicando una subestimación mayor a las 1.000 hectáreas. Sin embargo, las superficies que corresponden a las prácticas zanja trinchera (393 ha) y reforestación en cepa ó subsoleo (470 ha) son mucho menores con relación a la informada oficialmente. Las sobreestimaciones fueron de 1.723 y 2.265 ha, respectivamente.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de acuerdo a la extensión reforestada y práctica respectiva. Se puede observar que la práctica con mayor superficie corresponde a las terrazas forestales (1.553 ha) que representa el 73,5% del área detectada, mientras que las zanjas trincheras (348 ha) cubren el 16,4% y la reforestación en cepa o subsoleo una décima parte (10,1%), aproximadamente. Existen diferencias también entre el área total estimada en este estudio (2.115 ha) y aquella mencionada por Pedraza (1987). Este autor indica una área protegida de 2.521 ha, lo que significa una sobreestimación de 406 ha con respecto a los cálculos del presente artículo.

La discrepancia mayor está relacionada con prácticas de plantación en cepa y subsoleo, las cuales requieren de una preparación nula o mínima del terreno

Cuadro 2. Tipo de práctica con su respectiva área reforestada en la zona de estudio, desde 1973<sup>a</sup> 1990.

| Práctica de reforestación | Superficie (ha) | Porcentaje |
|---------------------------|-----------------|------------|
| Terraza                   | 1.553           | 73,5       |
| Zanja trinchera           | 348             | 16,4       |
| En cepa y subsoleo        | 214             | 10,1       |
| Total                     | 2.115           | 100,0      |

Es muy probable que esta extensión detectada sea menor que la trabajada por el programa, pero por falta de información específica no se incluyó en esta investigación. Por otro lado, las proyecciones de áreas trabajadas oficialmente, se hicieron con base en el número de brinzales plantados y su espaciamento. Al respecto, es importante señalar que existen áreas que fueron reforestadas en más de una ocasión, de las cuales no se tiene un registro específico. Por esta razón, en términos numéricos la superficie estimada es diferente a la superficie cubierta por las reforestaciones. También se debe tomar en cuenta que en muchos sitios se observaron evidencias de incendio, plagas y severo clandestinaje lo que hace pensar en la pérdida significativa de áreas reforestadas por estos disturbios.

## **Evaluación de las reforestaciones**

### Altura total promedio

Como se aprecia en el Cuadro 3, el valor medio de la altura total de todas las especies es de 4,59 m, sobresaliendo como especies latifoliadas de mayor altura *Eucalyptus* sp y *Casuarina equisetifolia*, con 6,47 y 4,55 m, respectivamente. Asimismo, se observa que *Pinus pseudostrobus* y *Pinus ayacahuite* son las coníferas con el mayor valor medio en altura, superando aún a las casuarinas, con valores de 5,75 y 5,70 m, respectivamente; sin embargo, la frecuencia de estas especies en el área estudiada es muy baja, ya que solo tuvieron representación en dos y tres sitios, en el mismo orden.

El crecimiento de *Pinus pseudostrobus*

ente de la cuenca de México, S. Adame, A. Gómez (7,50 m) sobre sustrato suelo, rebasa considerablemente los valores medios del resto de las especies en cualquiera de las condiciones de sustrato. Este es un dato importante, que da información sobre la capacidad de crecimiento de esta especie dentro de la zona estudiada. Es importante señalar que la especie identificada corresponde a la variedad oaxacana (Martínez, 1948) pero que posteriormente ha sido referida como *Pinus oaxacana* por Mirov (1958). Los resultados de este estudio coinciden con los de Becerra et al. (1993) quienes señalaron que la especie crece satisfactoriamente en suelos delgados y climas semisecos de la mixteca oaxaqueña, tanto en sistemas de zanja como de bordo.

Al comparar los resultados del Cuadro 3 con los resultados de Pedraza et al. (1987), se presentaron algunas similitudes, ya que estos autores encontraron que también las especies de mayor altura fueron *Eucalyptus* sp (4,50 m) y *Casuarina equisetifolia* (3,25 m), seguidas de las coníferas, representadas por *Cupressus lindleyi* (2,82 m), *Pinus radiata* (2,80 m) y *Pinus montezumae* (1,54 m).

### Relaciones altura-sustrato

La altura promedio de las plantas, por género o especie, se empleó como una referencia para conocer las relaciones con el sustrato. El Cuadro 3 muestra que la altura total promedio mayor (4,93 m) fue aquella donde las plantas crecían en el sustrato suelo, posteriormente, aquella en los sustratos tepetate rojo con 4,62 m, tepetate gris con 4,13 m y finalmente, en brecha volcánica 3,71 m.

**Cuadro 3. Altura total promedio de las principales especies forestales plantadas en relación a los cuatro sustratos muestreados.**

| Especie                        | Altura de árboles, en metros (Número de sitios) |                   |                  |                  |                   |
|--------------------------------|---|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
|                                | Suelo   | Tepetate rojo     | Tepetate gris    | B. volcánica     | Promedio          |
| <i>Eucalyptus sp</i>           | 6,31 (7)*                                       | 6,69 (28)         | 5,32 (5)         | 7,20 (1)         | 6,47 (41)         |
| <i>Casuarina equisetifolia</i> | 5,91 (7)  | 3,93 (16)         | 4,45 (2)         | 5,20 (1)         | 4,55 (26)         |
| <i>Cupressus lindleyi</i>      | 4,63 (14)                                       | 3,93 (27)         | 3,40 (1)         | 3,45 (4)         | 4,09 (46)         |
| <i>Pinus radiata</i>           | 5,10 (1)  | 4,39 (17)         | 3,90 (2)         | 3,50 (1)         | 4,33 (21)         |
| <i>Pinus montezumae</i>        | 2,75 (2)  | 4,15 (21)         | 2,73 (3)         | 2,90 (2)         | 3,81 (28)         |
| <i>Pinus michoacana</i>        | 3,70 (2)  | 3,76 (7)          | 2,90 (1)         | -                | 3,66 (10)         |
| <i>Pinus pseudostrabus</i>     | 7,50 (1)  | 4,00 (1)          | -                | -                | 5,75 (2)          |
| <i>Pinus ayacahuite</i>        | 3,40 (1)  | 6,85 (2)          | -                | -                | 5,70 (3)          |
| <i>Pinus leiophylla</i>        | 2,80 (2)  | 2,00 (1)          | -                | -                | 2,53 (3)          |
| <i>Pinus patula</i>            | -   | 2,98 (4)          | -                | 1,60 (1)         | 2,70 (5)          |
| <i>Pinus greggii</i>           | -   | 3,80 (1)          | -                | -                | 3,80 (1)          |
| <i>Acacia sp</i>               | -   | 2,10 (1)          | -                | -                | 2,10 (1)          |
| <i>Schinus molle</i>           | 2,30 (1)  | -                 | -                | -                | 2,30 (1)          |
| <b>Promedio</b>                | <b>4,93 (38)</b>                                | <b>4,62 (126)</b> | <b>4,13 (14)</b> | <b>3,71 (10)</b> | <b>4,59 (188)</b> |

\* Valores entre paréntesis indican el número de sitios

A pesar de que estos promedios son afectados por las especies y su frecuencia dentro de cada grupo, se manifiesta cierta correspondencia; así, las mejores alturas se asocian con el sustrato suelo y las menores alturas corresponden a la brecha volcánica.

Otra de las especies con mayor desarrollo en altura es *Eucalyptus sp.*, sobresaliendo el tepetate rojo como el mejor sustrato para su crecimiento. Estos resultados concuerdan con los datos presentados por Pedraza et al. (1987), y al mismo tiempo podrían considerarse como evidencia sobre las diferencias en fertilidad de acuerdo a cada material de tepetate como lo señalan Cruz et al. (1990).

*Casuarina equisetifolia* mostró mayor altura promedio al plantarse sobre suelo (5,91 m), este mismo comportamiento se observó con *Pinus radiata* (5,1 m) y *Cupressus lindleyi* (4,63 m). En este caso, los resultados del estudio y los de Pedraza et al. (1987) sólo coinciden para la tercera especie, *Cupressus lindleyi*, pero no así para las dos primeras, ya que estos autores informaron como mejores sustratos el tepetate rojo y el tepetate

gris para *Casuarina equisetifolia* y *Pinus radiata*, respectivamente. Otro aspecto sobresaliente del Cuadro 3 es la información que genera respecto al tepetate rojo como un mejor sustrato en comparación con los otros materiales endurecidos, tepetate gris y brecha volcánica. Este resultado se hace más evidente al observar el caso particular de *Pinus montezumae* y *Pinus michoacana* que lograron buenos desarrollos en altura (4,15 y 3,76 m) al establecerse sobre ese material.

#### Incremento medio anual en altura

En el Cuadro 4, se presentan las especies de árboles importantes en función de la frecuencia de aparición en los sitios de muestreo.

El incremento medio anual en altura (IMAA) promedio por sitio, fue de 0,33 m/año, para el total de las reforestaciones realizadas con coníferas, como se indica en el Cuadro 4. Las especies con mayor crecimiento medio en altura fueron: *Cupressus lindleyi* (0,34 m/año), *Pinus michoacana* (0,33 m/año), *Pinus radiata* (0,32 m/año) y *Pinus montezumae* (0,30 m/año).

**Cuadro 4. Relaciones entre el incremento medio anual en altura promedio (m/año) y sustratos.**

| Especie                    | Incremento medio anual en altura |               |               |              | Promedio  |
|----------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|--------------|-----------|
|                            | Suelo                            | Tepetate rojo | Tepetate gris | B. volcánica |           |
| <i>Cupressus lindleyi</i>  | 0,42 (10)*                       | 0,30 (17)     | 0,21 (1)      | 0,30 (1)     | 0,34 (29) |
| <i>Pinus montezumae</i>    | 0,22 (2)                         | 0,34 (15)     | 0,19 (3)      | 0,26 (1)     | 0,30 (21) |
| <i>Pinus michoacana</i>    | 0,32 (2)                         | 0,33 (6)      | 0,34 (1)      | -            | 0,33 (9)  |
| <i>Pinus radiata</i>       | -                                | 0,32 (13)     | -             | 0,26 (1)     | 0,32 (14) |
| <i>Pinus pseudostrobus</i> | 0,60 (1)                         | -             | -             | -            | 0,60 (1)  |
| <i>Pinus leiophylla</i>    | 0,43 (1)                         | -             | -             | -            | 0,43 (1)  |
| <i>Pinus ayacahuite</i>    | -                                | 0,29 (1)      | -             | -            | 0,29 (1)  |
| Promedio sustrato          | 0,39 (16)                        | 0,32 (52)     | 0,22 (5)      | 0,27 (3)     | 0,33 (76) |

\* Valores entre parentesis corresponden al número de muestras tomadas

Partiendo de la información del Cuadro 4 y relacionando el IMAA con el tipo de sustrato se deduce que el mejor de éstos es el suelo (0,39 m/año), en ese mismo orden de importancia le sigue el tepetate rojo (0,32 m/año), la brecha volcánica (0,27 m/año) y el tepetate gris (0,22 m/año). Estos resultados muestran que el sustrato que tiene menos respuesta positiva al crecimiento es el tepetate gris, del cual se tienen referencias respecto a su baja calidad nutrimental (Rey, 1979). Por otro lado, Etchevers et al. (1992) han señalado las limitaciones en fósforo y una menor capacidad de intercambio catiónico en este tipo de material. Es posible que también algunas propiedades físicas como la resistencia del material haya contribuido a este resultado; por ejemplo, Peña y Zebrowski (1992) señalan que el color del material de tepetate está parcialmente relacionado con su contenido de carbonatos de calcio, y Peña et al. (1992) encontraron una estrecha relación entre el contenido de CaCO<sub>3</sub> en tepetates y su resistencia mecánica.

Nuevamente, en la información del Cuadro 4 resalta el caso particular de *Pinus pseudostrobus* con el máximo valor de IMAA (0,60 m/año), pero en este caso la información procede de un sólo sitio de muestreo, por lo que sería poco recomendable hacer inferencias con este resultado. No obstante, el valor de acciones comerciales más que de IMAA logrado por esta especie deja activa la inquietud para un estudio más específico con propósitos de plantaciones comerciales más

que de protección, dado el excelente crecimiento observado.

## CONCLUSIONES

La fotointerpretación del material fotográfico a escala 1:20.000 no permitió detectar todos los trabajos de reforestación realizados en la región oriente de la cuenca de México. La ubicación de las prácticas de conservación como terrazas y zanja trinchera fue mas precisa.

Las reforestaciones sobre cepa y subsuelo representan un 9,2% de la superficie estudiada, pero su ubicación y cuantificación de la superficie se dificultó tanto en campo como en gabinete. Lo anterior en gran parte se explica por tratarse de reforestaciones jóvenes.

Las especies de coníferas con mayor desarrollo fueron *Cupressus lindleyi*, *Pinus montezumae*, *Pinus radiata* y *Pinus michoacana*. La mayor parte de estas especies se desarrollaron mejor sobre tepetates rojos, lo que es muy aceptable con respecto a los otros tipos de sustratos endurecidos.

## LITERATURA CITADA

Becerra, F.; Castellanos, J. y Ruiz, M. 1993. Recuperación de áreas degradadas en la Mixteca Oaxaqueña. In: Memoria del Primer Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Saltillo, Coahuila, México. 60 p.

- Cruz, J.; Cajuste, J.; Cota, E. y Osos, E. 1990. Estudio del material tepetatoso en la cuenca alta de Texcoco y su relación con la disponibilidad de nutrientes. In: Coloquio de Investigación del Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 17 p.
- Etchevers, J.; López, R.; Zebrowski, C. Y Peña, D. 1992. Características Químicas de te petates de referencia de los Estados de México y Tlaxcala. In: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Número especial de Terra. 10: 171-177.
- Flores, D.; Alcala, J.; Gonzalez, A. y Gama, J. 1996. Duripans in subtropical and temperate subhumid climate in the transmexican volcanic belt. Revista Mexicana de las Ciencias Geológicas, 13(2):228-238.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Segunda edición. Ediciones Botas. México, D.F. 361 p.
- Miehñich, G. 1992. Formation and properties of te petate in the central highlands of Mexico. In: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Número especial de Terra, 10:137-144.
- Mirov, T. 1958. Pinus oaxacana, a new species from Mexico. Madroño. 14(5):145-150.
- Ortiz, C. y Cuanalo, H. 1977. Levantamiento fisiográfico del área de influencia de Chapingo (para la cartografía de tierras erosionadas). Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 83 p.
- Pedraza, C.; Rodríguez, C. y Fierros, A. 1987. Establecimiento de cinco especies forestales en tres tipos de tepetates de la zona de Tequexquinahuac a Coatepec, Estado de México. In: Primer Simposio Nacional Sobre Uso y Manejo de Tepetates para el Desarrollo Rural. Chapingo, México. pp. 128-140.
- Pedraza, L. 1987. Síntesis del proceso de establecimiento y construcción de los trabajos de conservación de suelos, agua y reforestación en áreas erosionadas de la cuenca oriental del ex-lago de Texcoco. In: Primer Simposio Nacional Sobre Uso y Manejo de Tepetates para el Desarrollo Rural. Chapingo, México. pp. 182-191.
- Peña, D. y Zebrowski, C. 1992. Caracterización física y mineralógica de los te petates de la vertiente occidental de la Sierra Nevada. In: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Número especial de Terra, 10: 156-163.
- Peña, D.; Miranda, E.; Zebrowski, C. Y Arias, H. 1992. Resistencia de te petates de la vertiente occidental de la Sierra Nevada. In: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Número especial de Terra, 10:164-170.
- Proyecto Lago de Texcoco. 1989. Informe de actividades de la Jefatura del Proyecto de Conservación de Suelo y Agua. CNA. Texcoco, México. 36 p.
- Rey, J. 1979. Estimación de la erodabilidad de los tepetates en la cuenca del río Texcoco en base al factor K. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 147 p.
- Zebrowski, C. 1992. Los suelos volcánicos endurecidos en América Latina. In: Primer Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos. Número especial de Terra, 10: 15-23.