

Usos y destinos de los suelos en la región de Cuetzalán, Puebla, México

Miguel Alvarado Cardona*
Fernando Lozano Romen*
María de los Ángeles Martínez Ortega**
J. Aurelio Colmenero Robles**

Recibido: 1 de julio de 2005
Aceptado en versión final: 15 de diciembre de 2005

Resumen. La región de Cuetzalán se localiza en la Sierra Norte del estado de Puebla. Los suelos corresponden a condiciones de montaña de carácter intertropical, factor climático favorable al desarrollo de cultivos templados y tropicales, pero que contribuyen a la erosión del suelo. El estudio tiene la finalidad de identificar las unidades o grupos de suelos representativos, sus usos actuales y su capacidad agrológica o clases de tierras, en función de su potencialidad. Se utilizó la metodología conformada por tres fases de caracterización, de diagnóstico y propositiva. La caracterización se obtuvo, de la compilación de la información bibliográfica, consulta de la cartografía temática del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), de los usos del suelo actuales y del cotejo de esta información, con las verificaciones de campo. En el diagnóstico se determina la capacidad y limitantes de uso, aplicando el método del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y el de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) por su enfoque interdisciplinario. En la última fase se determinaron las propuestas de los destinos del suelo. Se concluye que más del 60% de la región de Cuetzalán debe destinarse al aprovechamiento sustentable de los recursos forestales, a la vida silvestre, al turismo ecológico y a la recreación. Se recomiendan para la zona actividades de alfarería y cerámica, aprovechando los yacimientos de arcillas no expansivas y caolín, así como realizar investigaciones para el rescate de la diversidad biótica y social de la región.

Palabras clave: Suelos, uso potencial, Sierra Norte, Puebla.

Uses and utilities of the soils at Cuetzalán Region, Puebla, Mexico

Abstract. Cuetzalán region is localized in the Sierra Norte of Puebla State. The soils are of a climate between cold and tropical of mountain, this climatic factor is favourable to development of cultivation, but that have accelerated the erosion soils. The study identificate the representative type of soils, their uses and agrolological

*Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo Integrado (CIEMAD), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Miguel Othón de Mendizábal No. 485, Col. Nueva Industrial Vallejo, C. P. 07700, México, D. F.

**Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Edificio de Secretaría Académica 2° Piso, Luis Enrique Erro s/n, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Col. Lindavista, C. P. 07738, México, D. F.

capacities, to determinate their potentiality uses. This study has three phases of characterization, diagnostic, and propositive. In the first phase, it is examine the bibliography, thematic cartography of INEGI, search information about soils uses, and field verification.

The diagnostic included to determined the capacity and agrological limits, with the aplicating the Method of the United States Department of Agriculture (USDA) and the FAO (1976) too, and the last phase, it were determined the utilities of soils. It is concluded that more of 60% of Cuetzalán region should be destined to the sustainable useful, e. g. the forest resources, wild life, ecological tourism and recreation, and others. This study recommend the pottery and ceramics activities using the clay bed non expansives and the caolin. As well as, it is suggest realize to do research to rescue, the biotical diversity and social of the region.

Key words: Soils, potential use, Sierra Norte, Puebla.

INTRODUCCIÓN

En los momentos actuales, la humanidad afronta una crisis ambiental sin precedente, manifestada en la pérdida y agotamiento de los recursos naturales, debido al incremento de las actividades humanas que han incidido de manera directa en las actividades productivas, poniendo en peligro la convivencia de las sociedades humanas. En particular a los distintos grupos étnicos, involucrados históricamente y marcados por un nivel socioeconómico inferior, y sin apoyos tecnológicos, los obliga, al uso no planificado y desmedido de los recursos naturales a su alcance.

En la región de Cuetzalán, Puebla, se realizan de manera tradicional actividades productivas como la agricultura, ganadería, silvicultura y otras actividades que generan un impacto negativo sobre el suelo, como erosión, pérdida de nutrientes, reducción, fragmentación de la cobertura vegetal y la consecuente disminución de la capacidad productiva de los ecosistemas terrestres, que van a reflejarse en la futura migración de la población.

En el estudio se identifican los suelos predominantes, los usos actuales y se determinan los destinos de este recurso; enfocándose a diversas líneas de investigación, en el ámbito de la ecología del paisaje para el análisis territorial, evaluación de los recursos naturales y otras más. En este sentido, el territorio resulta ser un sistema donde interactúan diversos componentes ambientales como son distintas unidades geoecológicas, que detectan ciertas relaciones y diferencias que las asocian

y homologan, que permite integrar su contenido, organización, dinámica y comportamiento.

Este modelo conceptual ecogeográfico permite comprender su funcionamiento, integrado por los subsistemas: natural abiótico, natural biótico y sociocultural; en este último se consideran los usos actuales del suelo y la densidad poblacional, incluidas las organizaciones socioeconómicas, que se contemplan como eje de las actividades económicas locales a mayor escala (García y Muñoz, 2002).

Con respecto a la degradación de los subsistemas mencionados, puede concebirse como una respuesta integral de la ineficiente interacción reguladora entre los subsistemas naturales y sociales sobre una determinada unidad territorial, lo que constituye la problemática ambiental. Es el resultado de un exceso de las demandas de un consumo social no sustentable, producto de la falta de aplicación de programas de política ambiental adecuada, acerca del uso de los recursos naturales presentes que determinan el paisaje y constituyen el soporte territorial, lo que a futuro pone en riesgo la sustentabilidad de los grupos sociales implicados.

El concepto de uso potencial implica no sólo la posibilidad de garantizar determinado tipo e intensidad de uso, toda vez que su utilización no sea de impacto negativo al paisaje o que tal interacción pueda mantenerse dentro de una cierta tolerancia del subsistema natural. El uso de este potencial conlleva al cumplimiento de determinadas funciones socioeconómicas, por lo que debe entenderse

como la respuesta holística del mismo espectro y de los requerimientos de la sociedad. En este sentido, Mateo y Ortiz (2001), definen los siguientes tipos de potencial: agrícola, hídrico, recreativo, regulador del equilibrio ecológico y fuente de materia prima (minerales, arcillas y maderas, entre otros).

Dentro del marco de planificación territorial el método de "uso potencial del suelo" tiene múltiples aplicaciones; es indudable que la información sobre cada uno de los recursos naturales, suelo, clima, vegetación, análisis del uso del suelo y las actividades humanas, son indispensables para elaborar un plan de desarrollo, para localizar áreas potencialmente agrícolas, pecuarias, forestales y recreativas; con posibilidades de irrigación y otras más que requieran de un control de erosión, base para la programación de inversiones según las potencialidades reales de la zona y selección de rutas para caminos de integración socioeconómicas de las poblaciones (INEGI, 1990; Morgan, 1993).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación es identificar las unidades con capacidad agrícola, tipos de suelo más representativos, uso actuales, así como la propuesta de los destinos de este recurso, en la región de Cuetzalán.

Área en estudio

La región de Cuetzalán, integrada por 15 municipios, se localiza en la porción Centro-Oriental de la "Sierra Norte Media" y "Sierra Norte Alta" de Puebla, así denominada por Barraza, *et al.* (1992); tiene una superficie de 2 709 km², de los cuales, 786 km² corresponden a la región en estudio, misma que se caracteriza como una franja montañosa con altitudes que van de 460 a 2 100 msnm, respectivamente. Está situada al noroeste del poblado de Teziutlán (Figura 1), región conocida como Huasteca Veracruzana, donde los vientos alisios cargados de humedad entran a las partes altas y se condensan, originando pre-

cipitaciones de 1 200 a 2 800 mm, respectivamente, de manera predominante en los meses de abril a octubre. La temperatura media anual oscila entre los 16 y 18° C. El régimen de heladas se presenta durante el invierno de 5 a 10 días al año (Barraza *et al.*, 1992; Mora *et al.*, 1994).

MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento metodológico utilizado en esta investigación se integró en tres fases (Figura 2):

Fase 1. Caracterización. Se inició con la recopilación de la información cartográfica, bibliográfica, fotografías aéreas escala 1: 50 000 e imágenes de satélite Landsat escala 1: 100 000, en instituciones gubernamentales, educativas y privadas. Sobre la carta topográfica del INEGI (1987) escala 1: 50 000, se delimitó el área en estudio al trazar los límites municipales integrando el área de interés. Se realizó un inventario de las unidades edafológicas, así como la identificación de los usos actuales del suelo. Se llevó a cabo una interpretación sobre las fotografías aéreas e imágenes de satélite, complementándose con el trabajo de campo, se seleccionaron y describieron 120 puntos, de éstos, el 25% consistió en un muestreo de suelos, analizados posteriormente en el laboratorio, determinando los elementos fisicoquímicos necesarios para su clasificación; de la misma manera se tomaron muestras de rocas y vegetación.

Posteriormente se elaboró la cartografía edafológica y de los usos actuales del suelo y descripción de las unidades edáficas, tomando los criterios de la "Base referencial mundial del recurso suelo" (FAO, ISRIC y SICS, 1999), y para los usos actuales se tomó como referencia los criterios establecidos en la guía para interpretar la carta edafológica del INEGI (1992).

Fase 2. Diagnóstico. En esta fase se determinó la capacidad de uso y limitantes tanto físicas

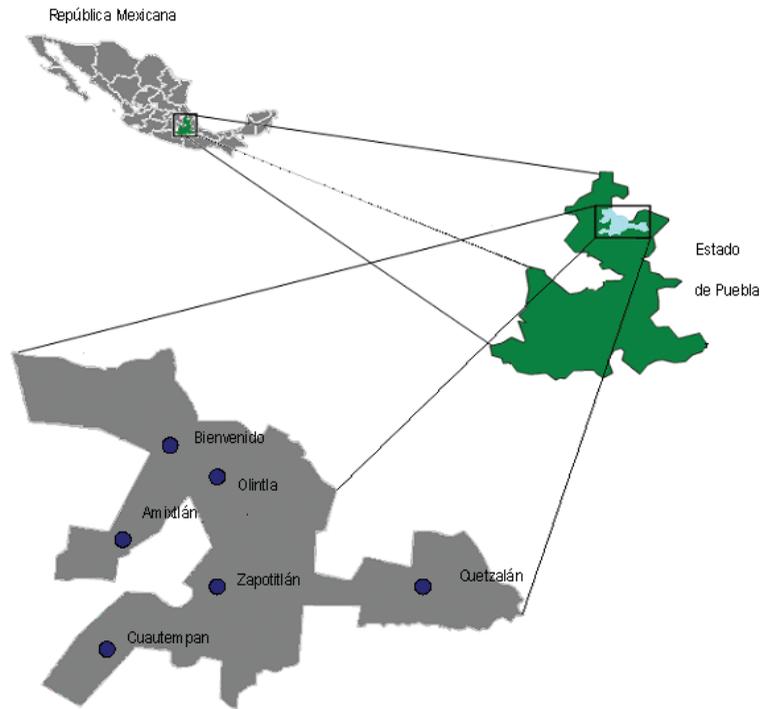


Figura 1. Localización del área en estudio.

como químicas del suelo, aplicando el método de INEGI (1990), contemplado en la guía para la interpretación de carta de uso potencial del suelo, en este punto se determinaron las Clases de Tierra en función de limitantes como: deficiencia de agua (C); pendiente del terreno (T); profundidad del suelo (P); erosión (E); obstrucción (pedregosidad) (O); salinidad (S); sodicidad (N); acidez (A); fijación de fósforo (F); inestabilidad (B); para determinar esta capacidad, se utilizó la sobreposición de las cartas de climas, topografía, edafología y geomorfología a escala 1: 50 000, obteniéndose unidades homogéneas en cuanto a las clase de uso agrícola, pecuario y forestal.

Para el uso industrial y urbano se utilizó el "árbol de decisiones" de SEMARNAT-INE (2000), para el primero se emplearon indicadores como textura del suelo, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, contenido de calcio y magnesio. En relación con lo urbano se con-

sideró la pendiente, características físicoquímicas, como profundidad, textura, estructura y cantidad de sales, fases limitantes, régimen de humedad del suelo y suelos problemáticos, desde el punto de vista de la Ingeniería Civil, como expansivos, dispersivos y colapsables, así como características arqueológicas, grutas y cavernas y, en el rubro de vida silvestre, se utilizaron indicadores de fauna y flora nativa; para el turismo, zonas de campismo y recreación; también en el desarrollo de la investigación se consideraron los aspectos culturales, religiosos y las actividades productivas llevadas a cabo como agricultura, ganadería y silvicultura, permitiendo determinar las "Clases de Tierras".

Con objeto de conocer los destinos del suelo, se determinó la capacidad y limitantes de uso, aplicando el método específico propuestos por USDA y adecuados por el Colegio de Posgraduados contemplado en el Manual de Con-

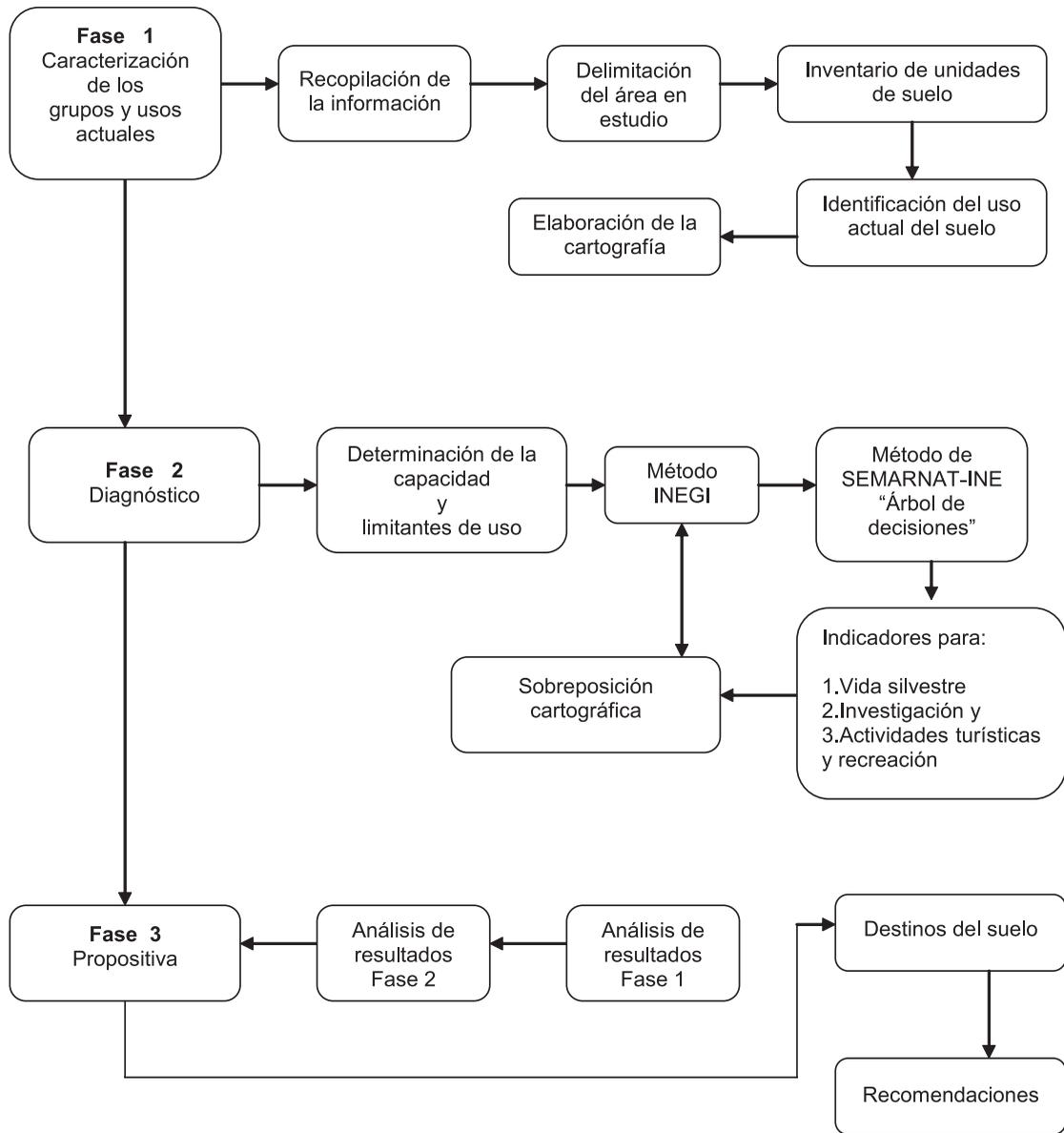


Figura 2. Procedimiento metodológico general.

servación de Suelos (CP, 1991), FAO (1976), el "árbol de decisiones" de SEMARNAT-INE (2000), estableciendo con esto la fase de Diagnóstico.

Fase 3. Propositiva. Consistió en el análisis de los resultados de la Fase 1 y 2 y de la sobreposición cartográfica de unidades de suelo, uso actual de suelo y clases de tierras. Lo anterior permitió determinar la capacidad agrológica de los suelos y las recomendaciones pertinentes para la región de Cuetzalán.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando la metodología propuesta, en el área se identificaron nueve unidades edafológicas: Acrisol férrico, Andosol melánico, Cambisol ferrálico, Cambisol crómico, Lexisol háplico, Lexisol férrico, Leptosol réndzico, Leptosol lítico y Phaeozem háplico; para el uso actual del suelo se definieron seis: agricultura, ganadería (pastizal), silvicultura, turismo, industria y uso urbano; posteriormente se determinaron siete "Clases" o "Unidades de Capacidad Agrológica" para el uso potencial del suelo, resultando las siguientes: una para el desarrollo urbano; dos para el forestal y pecuario; dos para la agricultura de riego y temporal; una para la vida silvestre, la investigación, el

turismo y actividades recreativas y una para la actividad industrial.

Unidades edafológicas

Estas unidades se clasificaron siguiendo la metodología de FAO-ISRIC-SICS (1999) y criterios adicionales de Buol (1992) y Patrich (1984). Las superficies y porcentajes de las unidades edafológicas dominantes se muestran en el Cuadro 1; a continuación se hace una breve descripción.

1. Acrisol férrico: en esta región el suelo es dominante, ya que por su extensión de 292 km², ocupa el primer lugar, suelo rojo con pequeños nódulos de hierro, perfil constituido por un horizonte A ócrico y B árgico, su estructura es de bloques subangulares de tamaño grande y buen desarrollo, es de textura arcillosa, suelo ácido, con baja capacidad de intercambio catiónico, así como saturación de bases; el contenido de cationes, el fósforo, la conductividad eléctrica y el porcentaje de sodio intercambiable son bajos.

2. Andosol melánico: unidad edáfica con material parental de origen volcánico, profundo, superficialmente de color negro, textura arcillosa, estructura granular; en los ho-

Cuadro 1. Unidades edafológicas

Unidades edafológicas	Superficie km ²	%	Observaciones
Acrisol férrico	292.00	37.20	Suelo dominante
Andosol melánico	91.00	11.60	Derivado de material volcánico
Cambisol crómico	62.00	7.90	Suelo en proceso de cambio
Cambisol ferrálico	56.00	7.12	Suelo muy rojo
Lexisol férrico	190.00	24.12	Fragmentos de roca
Lexisol háplico	85.00	10.80	Poco lavado
Leptosol lítico	2.00	0.25	Afloramientos rocosos
Leptosol réndzico	2.50	0.32	Sobre roca calcárea
Phaeozem háplico	5.50	0.69	Suelo fértil
<i>Total</i>	<i>786.00</i>	<i>100.00</i>	

rizones inferiores, mantienen el color oscuro con bloques subangulares; reaccionan fuertemente con el fluoruro de sodio de acuerdo con los criterios de Donahue *et al.* (1981) y de Pritchett (1986).

3. Cambisol crómico: presenta un horizonte A ócrico de color rojo claro y un B cámbico rojo; su estructura es en forma de bloques subangulares de tamaño grande y desarrollo moderado, la textura es migajón- arcillo-arenosa; pH ligeramente ácido, contenido de materia orgánica moderada, el porcentaje de saturación de bases es mayor del 50%, el porcentaje de sodio intercambiable, la conductividad eléctrica es baja y la capacidad de intercambio es moderada.

4. Cambisol ferrálico: suelo en proceso de cambio, su perfil está constituido por un horizonte A ócrico y un B cámbico, con intercambio catiónico bajo; estructura en bloques y textura arcilla-arenosa; pH ácido, la saturación de bases, el contenido de los cationes, la capacidad de intercambio catiónico y la conductividad eléctrica son bajas; con calcio y fósforo moderados.

5. Lexisol férrico: se caracteriza por presentar horizontes profundos con un espesor mayor de 100 cm, el color varía desde negro o rojo oscuro a rojo claro; su estructura tiene forma de bloques subangulares, es columnar o prismática; textura arcillosa en todos los horizontes; con un pH ácido; conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y contenido de cationes bajos; rico en materia orgánica, valores indicados para esta unidad en Ford (1984), Fassensbender (1987), Palmer (1990) y Ticante *et al.* (1994).

6. Lexisol háplico: presenta un horizonte A ócrico y un B árgico, textura arcillosa, estructura de bloques subangulares y pardo oscuro; el contenido de la materia orgánica en el primer horizonte es alto y en los inferiores es baja; pH

ácido, la conductividad eléctrica es baja, la capacidad de intercambio catiónico moderada, el porcentaje de saturación de bases es mayor del 50%, la cantidad de sodio, potasio y magnesio es baja, el calcio y fósforo son altos.

7. Leptosol rendízico: suelo que presenta un horizonte A mólico, descansa sobre material calcáreo, de color negro y textura arcillosa, con estructura granular; pH neutro; el porcentaje de materia orgánica y la capacidad de intercambio son altos; la saturación de bases es mayor del 50% y la conductividad eléctrica es baja; el porcentaje de sodio intercambiable; la cantidad de sodio, magnesio, potasio son bajos y el de calcio es moderado.

8. Leptosol lítico: unidad de menor superficie, que cubre un área de 2 km², con profundidad entre 10-30 cm; con un horizonte A ócrico que descansa directamente sobre la roca; textura arcillosa color negro y estructura granular, pH ligeramente alcalino; el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico son moderadas; la saturación de bases es mayor del 50%; conductividad eléctrica y contenido catiónico bajos.

9. Phaeozem háplico: suelo obscuro, con horizonte A mólico, bloques subangulares de textura arcillo-arenosa; el pH es neutro; el porcentaje de materia orgánica es alta; la conductividad eléctrica es baja; la capacidad de intercambio es moderada, el porcentaje de saturación es mayor del 50%, la cantidad de cationes y el fósforo son bajos.

Uso actual del suelo

Las características como clima, suelo, topografía y vegetación han influido para que en la región de Cuetzalán se realicen principalmente actividades como: agricultura, ganadería, silvicultura y turismo.

1. Agricultura. Constituye la actividad económica más relevante en cuanto a la generación de ingresos, impactando en los mercados estatal y local, extendiéndose con algunos productos a nivel nacional.

En la agricultura de temporal, sobresalen la siembra del maíz, frijol y cultivos perennes, como manzana, aguacate, plátano, pera, café, cítricos, nuez y pimienta silvestre.

Las zonas agrícolas se localizan entre Zoatecpac y Huahuaxtla, San Francisco Cuautempan, en los alrededores de San Miguel del Progreso y al norte de Santa Lucía Atioyán, siendo el maíz el principal cultivo y por tradición la base de su alimentación Mora *et al.* (1994).

2. Ganadería. Es importante la crianza de bovinos para producción de carne y leche, cría de ovinos y el de traspatio que involucra la cría de aves, cerdos y equinos. La participación de los miembros de la familia constituyen la fuente principal de mano de obra en las actividades pecuarias; también se contrata personal eventual para actividades especializadas como la esquila, castración y el

pastoreo de ganado de potrero. Los ganaderos suelen vender sus animales en pie y los mercados de venta se ubican en las ciudades de Huauchinango, Zacatlán, Tetela de Ocampo, Zacapoaxtla y Tlatlauqui. Otros cultivos como es el caso de los pastizales inducidos y cultivados, son de gran utilidad para la ganadería. Los principales recursos alimenticios para el ganado son gramas nativas en potreros, rastrojo de maíz y mazorcas de menor calidad llamadas "molcates". Es evidente la falta de conservación de forrajes en forma de ensilado o henificado o algún tipo de procesamiento físico del rastrojo de maíz y de granos.

3. Silvicultura. Los municipios de Cuetzalán y Huitzilán de Serdán se caracterizan por contar con mayor número de unidades de producción rural (Cuadro 2). En los bosques de pino y oyamel se obtienen tablas y postes, y en las áreas con encino, carbón; también se da la recolección de resinas y de leña, la mayor producción es de coníferas con un 93.2%, los encinares ocupan el 6.4% y otros elementos arbóreos un 0.4%.

Cuadro 2. Unidades de producción derivadas de la silvicultura

Localidad	C O N C E P T O S		
	Unidades de producción rural con actividad forestal	Unidades de producción rural con actividad forestal de productos maderables	Unidades de producción rural con actividad de recolección
Estado de Puebla	93 250	5 675	92 737
Atlequizayan	348		195
Cuetzalán	3, 644	188	3 620
Huitzilán de Serdán	1 196	42	1 191
Jonotla	351	23	350
Nauzontla	65		65
Xochitlán de Vicente Suárez	548	24	544
Zapotitlán de Méndez	414	35	414
Zongozotla	413	8	412
Zoquiapan	446	21	444
<i>Total en la región</i>	<i>7 272</i>	<i>341</i>	<i>7 235</i>

Fuente: Anuario Estadístico (INEGI, 1997).

4. Turismo. Es una actividad del sector terciario que se lleva a cabo en forma puntual, principalmente en el municipio de Cuetzalán, cerca de la cabecera municipal, donde se tienen sitios de atractivo turístico y zona arqueológica de interés, grutas, cascadas, áreas de campismo, pesca y rutas de biodiversidad, entre otras.

5. Industria. El subsector manufacturero, como se observa en el Cuadro 3, está representado por un total de 228 unidades económicas y 411 empleados, dentro de la región, Cuetzalán es el municipio de mayor número de unidades y personal empleado, le sigue Xochitlán de Vicente Suárez y en tercer lugar Zongozotla.

6. Urbano. Representa el 2% del área total, está integrado por las cabeceras municipales.

Por último, se hace un resumen de los usos antes mencionados, indicando las superficies de cobertura y porcentajes de cada una de ellos (Cuadro 4).

Clases de tierras

1. Capacidad de uso del suelo. Está definida por sus características topográficas, climáti-

cas, muy susceptibles a la erosión y los tipos de suelos con alto contenido de materia orgánica, así como por las distintas proporciones de cationes (Na, Ca, K y Mg). Considerada como la capacidad que tiene una determinada unidad del suelo para dedicarla a la actividad agrícola, pecuaria o forestal; englobando las condiciones ambientales que caracterizan el terreno y el tipo de actividad que en ella se desarrolla. La aplicación de la metodología (CP, 1990), en la región de Cuetzalán, ha permitido determinar las clases de tierras, también conocidas como capacidades agrológicas, presentadas en el Cuadro 5.

a) Descripción de las clases de tierras

Clase I. Característica de valles y llanuras con suelos profundos y ricos en materia orgánica; son de pendientes menores de 1%, favorables para la agricultura y ganadería. Esta clase no está presente en el área en estudio.

Clase II. Localizada al sur del área de interés, en los municipios de Hueytentan, Atlequizayan, Xochitlán y Zoquiapan, en laderas de lomas poco inclinadas (pendiente entre 1.0 y 3.5%), con cobertura muy reducida, suelos profundos de color oscuro, ricos en materia orgánica; es posible dedicarlos a la agricultura

Cuadro 3. Unidades económicas del sector industrial

Municipio	Unidades económicas	Personal ocupado
Atlequizayan	6	7
Cuetzalán	79	149
Huitzilán de Serdán	12	17
Jonotla	6	28
Nauzontla	17	23
Xochitlán de Vicente Suárez	5	66
Zapotitlán de Méndez	30	45
Zongozotla	41	59
Zoquiapán	12	17
<i>Total</i>	<i>228</i>	<i>411</i>

Fuente: Anuario Estadístico (INEGI, 1997).

Cuadro 4. Uso actual del suelo

Uso actual del suelo	Superficie (km ²)	% del área total	Observaciones
Agricultura	240	30.50	Se siembra principalmente maíz.
Ganadería	83	10.70	Son utilizados para la ganadería: criolla, cebú y holandés.
Silvicultura (Bosques de coníferas y bosque tropical subcaducifolio)	419	53.30	No hay una actividad productiva significativa. Elaboración de tablas, postes y fabricación de carbón.
Turismo	24	3.00	Actividad muy puntual.
Industria			Actividad muy puntual.
Uso urbano	20	2.50	Localidades bien establecidas.
<i>Total</i>	<i>786</i>	<i>100.00</i>	

Cuadro 5. Clases de tierras

Clases de tierras	Superficie km ²	% del área total	Observaciones
I		0	No se presenta en la zona.
II	14.50	1.80	Para agricultura de riego y de temporal.
III	14.10	1.70	Ocupa menor superficie. Agricultura de riego, ganadería y silvicultura.
IV	85.00	10.80	Aspectos pecuarios, con limitantes severas para la agricultura.
V	72.20	9.20	Potencial como material de construcción.
VI	94.00	12.00	No es recomendable para asentamientos humanos. Algunas actividades turísticas.
VII	447.00	57.00	Atractivos turísticos.
VIII	59.20	7.50	Limitantes severos.
<i>Total</i>	<i>786.00</i>	<i>100</i>	

de riego y temporal con limitantes ligeras a la ganadería y a la silvicultura sin limitantes.

Clase III. Está determinada por la acidez del suelo, su pendiente (3.5-15%) y por su profundidad; presenta erosión en forma de cárcavas y barrancas; localizada en Hueytenantan y Zoquiapan; es factible dedicar los suelos a la agricultura de temporal con limitantes moderadas, para la ganadería y silvicultura; las limitantes son ligeras.

Clase IV. Se localiza en Cuetzalán, al oeste de Buenos Aires, el factor restrictivo que deter-

mina esta clase es la pendiente (15-25%), los suelos son profundos o presentan una limitante física (roca) a los 90 cm de profundidad, el pH es ácido, presenta erosión en forma de cárcavas, con limitantes severas para la agricultura y moderadas para la ganadería y silvicultura.

Clase V. La pendiente (25-30%) y la pedregosidad (más del 80% de su superficie) son las limitantes rectoras para esta clase de tierras. Se localiza al norte de Olintla, Xochitlán y oeste de Mazatepec, donde los suelos son profundos (más de 100 cm), el pH ligeramente

ácido; la erosión hídrica origina formas de surcos y cárcavas, que puede dedicar a la ganadería con limitantes moderadas y a la silvicultura con limitantes ligeras.

Clase VI. Apta para las actividades de silvicultura y ganadería, con algunas limitantes severas por la pendiente de 30 a 40%; suelos profundos, erosión en forma de cárcavas y surcos. Es un área que se ubica al norte de Cuetzalán y Buenos Aires; adecuada para la actividad turística y recreativa; el área alberga variada flora y fauna.

Clase VII. Su principal limitante es la pendiente, que oscila entre 40 y 60%; la profundidad de los suelos varía de 10–70 cm, su pH ácido, erosión en forma de surcos y cárcavas. Presenta condiciones favorables para la silvicultura. Las actividades complementarias pueden ser el turismo, refugio de flor y fauna e investigación científica, se ubica al oeste de Hueytenantan e Ixtepec.

Clase VIII. Con pendientes mayores de 60%, pedregosos y con erosión en surcos y cárcavas; es recomendable su uso para las actividades del turismo, áreas recreativas y de refugio de flora y fauna. Se ubica al oeste de Cuautempan, al norte del poblado de Olintla, así como en los alrededores de Xochitlán.

b) Capacidad de uso industrial

Los suelos tienen características como textura, capacidad de intercambio catiónico, contenido de calcio y magnesio (Cuadro 6), lo cual permite que estos materiales puedan dedicarse a diferentes ramas de la industria. Como ejemplo se puede señalar que la mayoría de los suelos son de textura arcillosa, capacidad de intercambio baja, por lo que pueden dedicarse a la industria de la cerámica o alfarería.

Aunado a las características anteriores, el contenido de calcio y magnesio es suficiente para que estos suelos puedan ser utilizados como materia prima en la fabricación de productos farmacéuticos, medicinales (cataplasmas para controlar fiebres) y de cosméticos. Por sus propiedades y características de materiales gruesos a finos, también pueden ser empleados en la construcción de vías de comunicación como carreteras y vías férreas, así mismo en presas, canales y en obras de ingeniería civil, como la construcción de calles y de otros servicios municipales (Ortiz, 1990).

c) Capacidad de uso urbano

Se caracterizaron cuatro clases de uso y capacidad urbana de la región de Cuetzalán, aplicándose el método “árbol de decisiones”

Cuadro 6. Uso industrial del suelo

Unidades del suelo	Características					Usos
	Clase Textural (%)	Materia orgánica (%)	Capacidad de intercambio catiónico Cmol(+)/ kg	Calcio (miligramos/L)	Magnesio (miligramos/L))	
Lexisol háplico	69.84 arcilla	0.42	11.60	14.00	1.16	Alfarería y cerámica
Lexisol férrico	77.69 arcilla	1.12	9.25	13.00	1.00	Alfarería y cerámica
Acrisol férrico	68.00 arcilla	1.22	8.50	5.0	1.00	Farmacéutica, cosméticos
Cambisol férrico	48.70 arcilla	1.20	8.70	5.50	0.50	Farmacéutica, cosméticos

(SEMARNAT-INE, 2000), como se muestra en el Cuadro 7.

Clase 1. Favorable para el establecimiento de asentamientos humanos, localizada en Hueytentan, Atlequizayan, Xochitlán y Zoquiapan, con precipitación de 2 000 mm, distribuida en 270 días al año; con pendientes entre 0.5 y 5%, suelos color negro y rojo, que no se inundan, hunden, colapsan ni dispersan.

Clase 2. Se localiza en Hueytentan, Zoquiapan, Cuetzalán y Buenos Aires; con suelos lexisoles y andosoles, con limitantes ligeras para el establecimiento de asentamientos humanos, debido a la pendiente entre 6-15%.

Clase 3. Ubicada en los poblados de Cuetzalán, Buenos Aires, Olintla, Xochitlán y Mazatepec; con pendiente de 15-25% y los reducidos espesores de los horizontes de los leptosoles réndzicos y la cercanía de la fase lítica a la superficie, limitantes moderadas para el desarrollo de zonas urbanas, incrementándose el costo de construcción.

Clase 4. Observada en Cuautempan, Olintla, Xochitlán, Hueytentan e Ixtepec, con limitantes severas para los asentamientos humanos, como pendientes mayores de 25%; con alta precipitación (270 días al año) y exceso de humedad, factores que provocan inestabilidad en sus laderas.

Destinos del suelo

Para proponer el uso del suelo se utilizó la información generada en la primera y segunda fase de esta investigación, referente a las características de las unidades edafológicas, uso actual del suelo, y la capacidad al uso agrológico, urbano e industrial, resultando las siguientes propuestas (Figura 3 y Cuadro 8).

a) Áreas urbanas

Tomando como base los resultados del punto III-3 (capacidad de uso urbano), se estableció lo siguiente: las áreas favorables para los asentamientos humanos son las de menor pendiente, suelos que no se inundan, colapsan o dispersan como las de Hueytentan, Atlequizayan, Xochitlán, Zoquiapan, Cuetzalán y Buenos Aires. Podrían llevarse a cabo asentamientos humanos en áreas con condiciones diferentes a las más óptimas, pero esto incrementaría los costos de construcción y mantenimiento. Se recomienda que exista una armonía entre el tipo de construcción y el paisaje, es decir, que si se construye en una zona de bosque o cercana a ésta, el tipo debe ser congruente con el mismo, por ejemplo, una casa de dos o más aguas, techo rojo, muros blancos combinados con piedra. Es importante que en la construcción se apliquen ecotecnias, bioingeniería o bioclimática, tratando de llegar a una construcción sustentable.

Cuadro 7. Árbol de decisiones para la capacidad de uso urbano

Clase	Pendiente (%)	Unidad de suelo	Fase física	Régimen de humedad	Suelos problemáticos
1	0-6	Phaeozem háplico y Cambisol crómico	Suelos profundos	Ústico y údico	No
2	6-15	Andosol melánico Lexisol férrico Lexisol háplico	Suelos profundos	Ústico y údico	No
3	15-25	Leptosol réndzico	Lítica	Ústico y údico	No
4	>25	Leptosol lítico	Lítica	Ústico y údico	Deslizamiento de laderas

Cuadro 8. Destinos del suelo

Usos propuestos	Superficie en km ²	% del área total
Cabecera municipal (áreas urbanas)	27.15	4.72
Recursos forestales	434.97	54.17
Ganadería	140.69	17.90
Agricultura de riego	31.48	4.00
Agricultura de temporal	73.56	9.35
Vida silvestre e investigación, turismo y actividades recreativas	47.75	6.00
Industria	30.40	3.86
<i>Total</i>	<i>786.00</i>	<i>100.00</i>

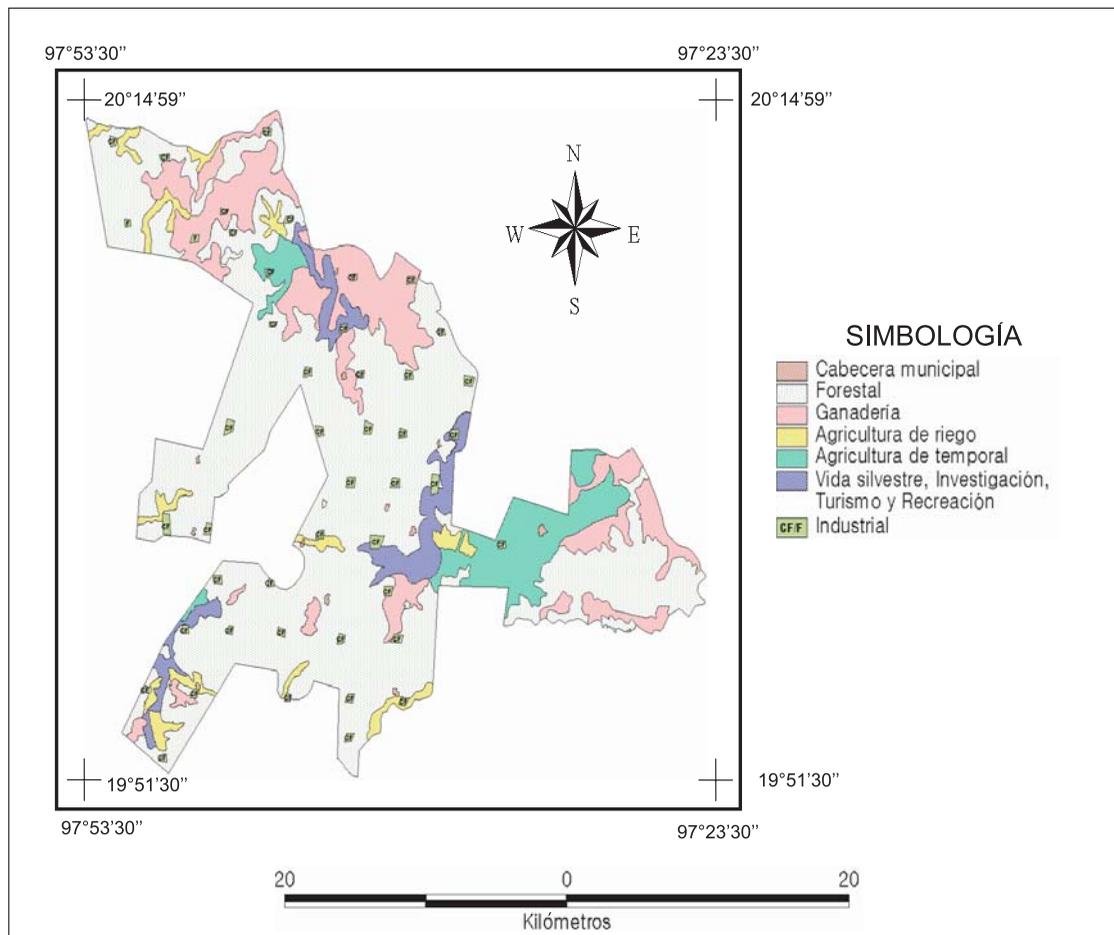


Figura 3. Destinos del suelo.

b) Forestal o Silvicultura

En el sur y el norte de la región en estudio, se tienen clases IV, V y VI localizadas en Buenos Aires, Olintla, Cuautempan, Xochitlán, Zoquiapan y Cuetzalán. Por las características edafológicas, climáticas y topográficas, más del 50% de la región podría dedicarse de manera sustentable a la silvicultura, en el bosque de coníferas y/o bosque tropical subcaducifolio.

c) Ganadería

En las clases III, IV y V, localizadas en la parte central y sur del área en estudio, en Cuautempan, Huizilán, Xochitlán y Atlequizayan, por sus características, deben dedicarse a la ganadería intensiva, particularmente con la cría de ganado vacuno de raza criolla o cebú y ganado semiestabulado. Para este tipo de ganado se recomienda el uso de pasto alemán y pasto Pará y una leguminosa forrajera (carretilla), a fin de mantener una dieta equilibrada de fibra y proteína más una ración de sal, con una rotación de potreros de 45 días/ha. En cuanto al ganado de tipo lechero, se puede manejar un programa de 365 días postparto para garantizar un excelente estado nutricional; para las condiciones higiénico-sanitarias, la aplicación de baños garrapaticidas y vacunación.

d) Agricultura de riego

La clase II, con aptitud para este tipo de agricultura, localizada en Cuautempan, Zapotitlán, sur de Huahuaxtla, Zoquiapan y norte del área en estudio; se propone incrementar los cultivos de hortalizas y frutales que pueden tener mayor derrama económica. El clima templado o cálido-húmedo característico de la región, permite el desarrollo y buena productividad de tomate, jitomate, chile, coliflor, cebollas y otras más, y en cuanto a los frutales destaca la naranja, mandarina, limón, papaya y plátano

e) Agricultura de temporal

La capacidad agrológica corresponde a las clases II y III localizadas en los poblados de Huitzilán, Hueytentan, Atlequizayan, sur de Cuautempan, Xochitlán, alrededores de Cuetzalán, norte de Olintla, Zoquiapan y Buenos Aires. De acuerdo con las características de dichas clases, es posible dedicarlas a la agricultura, principalmente maíz, frijol y cultivos perennes como los frutales y café de sombra, manteniendo los nichos para la conservación de especies vegetales y animales.

f) Vida silvestre, investigación, turismo y actividades recreativas

Las clases VI, VII y VIII cubren una superficie mayor del 60% del total del área; localizadas en la parte norte y sur de Hueytentan, Ixtepec, Cuetzalán, Cuautempan, Olintla, Buenos Aires y Zoatempan; se recomienda programar adecuadamente actividades relacionadas con investigación sobre los recursos naturales, el ecoturismo y actividades recreativas, para el rescate de la diversidad biótica y social de la región.

En la región de Cuetzalán se observan múltiples atractivos naturales, tales como selvas, bosques, ríos, cascadas, grutas, lagunas, pozas y variadas construcciones como cascos de haciendas y templos religiosos muy antiguos; además, su población es muy costumbrista. A la fecha, de manera tradicional, año con año llevan a cabo diversas actividades como la feria del café, festividades como la del huipil y encuentros de música y danza. Esta región se destaca por una gastronomía variada, frutas en conserva y vinos de frutas, elaboración de calzado y muebles; por lo anterior, se recomiendan las actividades de ecoturismo y recreativas, respetando siempre el entorno natural, conservándolo y optando su sustentabilidad permanente.

g) Industria alfarera y/o farmacéutica

En la mayor parte de la clase VII, con suelos clasificados como Lexisoles y Acrisoles, ubi-

cados en la parte central y poniente de la región de Cuetzalán, con textura arcillosa, bajo contenido de materia orgánica, baja capacidad de intercambio catiónico, alto contenido de magnesio, se recomienda destinarse a la alfarería, cerámica y como materia prima para la fabricación de cosméticos y otros productos farmacéuticos.

CONCLUSIONES

Actualmente grandes extensiones de la región de Cuetzalán y alrededores son paisajes alterados, perdiendo sus potenciales originales, principalmente por la intensa actividad del sector primario, ya que las múltiples interacciones entre los subsistemas natural y social representan fenómenos de interdependencia inevitable entre ambos.

La base de la economía regional la constituye la agricultura de temporal, la ganadería y la explotación forestal, por lo que se considera recomendable implementar medidas adecuadas para conservar el suelo como un recurso prioritario y sustentable para mantener su productividad. Para lo anterior, se recomienda llevar a cabo las siguientes acciones.

Para la agricultura de temporal, en los terrenos de pendientes pronunciadas, deberán construirse terrazas de base angosta y a nivel, realizar la siembra en franjas en contorno, en curvas de nivel y cercas vivas; la agricultura de riego deberá llevarse a cabo en los terrenos de pendientes moderadas a suaves; no excederse en las actividades de labranza mínima, aplicando la rotación de cultivos, disminuyendo el riego excesivo para evitar el lavado de los nutrientes y mantener un buen drenaje agrícola (Foster, 1991).

El alto contenido de materia orgánica en el horizonte superficial de los suelos de la región, que constituye la buena productividad de éstos, debe protegerse de la degradación, con medidas protectoras de la erosión, como

las terrazas, cortinas rompevientos, presas de gavión, utilizando y optimizando el empleo de los sistemas de riego.

Con respecto a las zonas de los bosques, deberá aplicarse un sistema selectivo de la explotación, a fin de evitar la tala inmoderada; también deberá considerarse el aprovechamiento alternativo del producto forestal, mediante la industrialización y comercialización de muebles y enseres, que además de darle un valor agregado, permitirá fomentar la creación de fuentes de empleo.

Para la alfarería, se recomienda que la explotación de materia prima se realice de manera adecuada, tratando de evitar la formación de cavernas, disminuyendo así la probabilidad de riesgos de colapsos; en la porción norte de la región de Cuetzalán se observó la presencia de arcillas caolinitas y rocas, susceptibles de establecer yacimientos comerciales de materiales con alto contenido de magnesio y aluminio, para la utilización en la fabricación de productos medicinales y cosméticos. Se considera de interés aplicar en estas áreas algunas técnicas de conservación de suelos, y realizar estudios de impacto ambiental y de costo-beneficio.

AGRADECIMIENTOS

A la SIPI-IPN por el apoyo del proyecto 961201, a los M. en C. Miguel Jesús Torres Ruíz y Marco Antonio Moreno Ibarra del CIC-IPN, por la elaboración del mapa.

REFERENCIAS

Barraza, R. M., I. Carranza C., S. Escobedo G., A. Huerta P., A. López E., M. Mora P., R. Núñez T., J. Ocampo M., A. Ruiz B. y M. Valadéz R. (1992), "Diagnóstico general agropecuario de las regiones indígenas del estado de Puebla (Semblanza de las siete regiones socioeconómicas del estado de Puebla)", Instituto Nacional Indigenista (INI), Centros de Enseñanza, Investigación y Capacitación para el Desarrollo Agrícola Regional

- (CEICADAR) y Unidad Puebla del Colegio de Postgraduados (CP), Puebla, México.
- Buol, S. (1992), *Génesis y clasificación de suelos*, Trillas, México.
- CP (1990), *Manual de la metodología para evaluar la aptitud de las tierras para la producción de cultivos básicos en condiciones de temporal*. Montecillos, Estado de México, México.
- CP (1991), *Manual de conservación del suelo y del agua*, 3ª. ed., Montecillos, Estado de México, México.
- Donahue, R. L., R. W. Miller y S. C. Schickluna (1981), *Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas*, Prentice-Hall International. Madrid, España.
- Fassenbender, H. W. (1987), *Química de los suelos, con énfasis en América Latina*, Instituto de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica.
- FAO (1976), "A framework for land evaluation", *FAO Bulletin* 32, Roma, Italy.
- FAO-ISRIC-SICS (1999), *Base referencial mundial del recurso suelo*, Roma, Italia.
- Ford, N. (1984), *Dinámica mineral del suelo*, Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México.
- Foster, A. (1991), *Métodos aprobados de conservación de suelos*, Trillas, México.
- García, R. A. y J. Muñoz J. (2002), *El paisaje en el ámbito de la Geografía*, Colección Temas Selectos de Geografía de México (III.2), Instituto de Geografía, UNAM, México.
- INEGI (1990), *Guía para la interpretación de la cartografía. Uso potencial del suelo*, México.
- INEGI (1992), *Guía para interpretación de la cartografía edafológica*, México.
- INEGI (1997), *Anuario estadístico del estado de Puebla*, México.
- Mateo, R. J. M. y M. A. Ortiz P. (2001), "La degradación de los paisajes como concepción teórico-metodológica", *Serie Varia*, núm. 1, Nueva Época, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Mora, P. M., R. Núñez T., A. E. Ruiz B., M. Valadéz R., J. Ocampo M. y A. Huerta de la Peña (1994), *Diagnóstico de los sistemas de producción agropecuaria de la Sierra Norte de Puebla Media*, Proyecto Indigenista de Desarrollo (FIDA), Instituto Nacional Indigenista (INI), Puebla, México.
- Morgan, R. P. C. (1993), "Implicaciones", en Kirckby, J. y R. P. C. Morgan, *Erosión de suelos*, Limusa, Noriega Editores, México, pp. 307-362.
- Ortiz, V. (1990), *Edafología*, Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México.
- Palmer, G. (1990), *Introducción a la ciencia del suelo, Manual de Laboratorio*, L. y E. S. I. A. México.
- Patrick, F. (1984), *El suelo, su formación, clasificación y distribución*, CECSA, México.
- Pritchett, W. (1986), *Suelos forestales*, Limusa, México.
- SEMARNAT-INE (2000), *Ordenamiento General del Territorio*, Instituto Nacional de Ecología, México.
- Ticante, J. A., N. García C., M. A. Valera y N. Aguilera (1994), "Humus characterization of two agroecosystems from Puebla State (Mexico)", in *Transactions 15th World Congress of Soil Science*, vol. 9, Supplement, Acapulco, Mexico, julio 10-16, pp. 503-504.

FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y CARTOGRAFÍA

INEGI (1983), *Fotografías aéreas blanco y negro*, escala 1: 80 000.

EOSAT (1993), *Imágenes de satélite TM (mapeador temático)*, bandas 2, 3 y 4.

INEGI (1987), *Cartas topográficas: E14B14 (Zacatlán), E14B15 (Teziutlán), F14D84 (Filomeno Mata), F14D8 (Cuetzalán)*, escala 1:50 000.