

EXPLORACIÓN DEL RECURSO SUELO “CUENCA DEL RÍO ZAHUAPAN”, ESTADO DE TLAXCALA

*Miguel Alvarado Cardona
Rolando Reynoso Pérez¹*

Introducción

En el desarrollo de esta investigación se consideró a la explotación del suelo como el uso o extracción de este material. Los primeros pobladores de Tlaxcala como Pimones y Olmecas, realizaban con diferentes fines una explotación intensiva al suelo (**Luna, 1967, p.79**), desde hace más de 7,000 años, los Tlaxcaltecas han explotado los recursos naturales en la cuenca, en un inicio para satisfacer sus necesidades de alimentación y vestido (**García, 1997, p.45**), posteriormente cuando se vuelven sedentarios hace aproximadamente 3,700 años, inicia una explotación del recurso suelo con fines agrícolas, construcción de chozas; en la época de la colonia se intensificó el uso agrícola; inicia el pecuario y el forestal de tipo industrial (**Ruiz, 1993, p.51**); a partir de la década de los noventa del siglo pasado, la explotación del suelo con fines agrícolas se hace extensiva e intensiva, gran parte de la superficie que anteriormente era agrícola actualmente está ocupada por asentamientos humanos (**Cook, Merino 1997, p.283**).

Las formas de explotación del suelo como agricultura, ganadería, forestaría, minería; que se llevan de manera excesiva y de los asentamientos humanos de manera irregular, sin la aplicación de técnicas de conservación de suelos y normatividad, han originado una degradación del recurso suelo, que se manifiesta principalmente en forma de erosión y compactación, siendo todo esto una limitante para el desarrollo regional sustentable (**López, 2006 p.12**). (**Espinosa, 1992, p.32**).

¹ Profesores Investigadores del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD). Calle 30 de junio 1520 Colonia Barrio la Laguna, Ticomán, México D. F., C. P. Delegación G. A, 07340, ipn_mac@yahoo.com.mx, reynosor@yahoo.com.mx, Tel. 57296000ext. 52705

En la cuenca se han realizado estudios y proyectos relacionados con el uso del suelo, cambio y aprovechamiento de los recursos naturales, pero no existe un estudio que analice las diferentes formas de explotación de este recurso y los impactos ambientales originados por las mismas (**Gobierno del estado de Tlaxcala, 2002 p.55**). Por lo anterior se estableció el objetivo de identificar las formas de explotación del suelo que se están llevando de manera excesiva y evaluar los impactos ambientales generados por esta condición (**Fuentes, 1992, p.22**)

Metodología

Para lo anterior se estructuró un procedimiento metodológico integrado por tres fases: recopilación de información, identificación y diagnóstico de las formas de explotación del suelo, identificación y evaluación de los impactos ambientales originados por la explotación del suelo. En la primera fase se compiló información de tipo bibliográfica, cartográfica base y temática, escalas 1:50,000, fotografías aéreas escala 1:70,000 (**INEGI, 1982, 1995**) espacio mapas 1:150 (**INEGI, 1996**) y Anuario estadístico (**INEGI, 2006**), enseguida se delimitó; el área de estudio utilizando la carta topográfica escala 1:50,000 (**INEGI, 1982,1997**), a continuación con información de gabinete y recorridos de campo se actualizó la cartografía temática, con esta última información se procedió a caracterizar el área de interés (**Rey, 1996, p.17**). Para identificar y diagnosticar las formas de explotación del suelos se llevó a cabo una interpretación de las fotografías aéreas y el espacio mapa, análisis de la cartografía base y temática y trabajos de campo (**Delgadillo, 2005, p.39**). En la identificación y evaluación de los impactos ambientales, se interpreto las fotografías aéreas y el espacio mapa, para determinar la erosión actual se aplico el método de la FAO (**FAO, 1980, P.17**), en el caso de la velocidad de remoción del suelo se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), (**kirkby, 1994, p.37**) para cuantificar la compactación se empleo el método del penetrometro (**Bello, 2008, p.53**) y finalmente en el caso de asolvamiento y eutrofización se hizo un análisis de los resultados del proyecto “Indicadores de Degradación Ambiental en la Cuenca del Río Zahuapan, estado de Tlaxcala” (**Alvarado, 2007, p.15**),

Área de estudio

La cuenca del Río Zahuapan se localiza en el eje central Norte Sur del estado de Tlaxcala, fisiográficamente en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y en la subprovincia Lagos

y Volcanes de Anáhuac, **(SPP, 1981)**, sus coordenadas extremas son: 19° 39' 50" Latitud Norte y 98° 02' 30" Longitud Oeste, 19° 40' 00" Latitud Norte y 98° 12' 30" Longitud Oeste, 19° 13' 50" Latitud Norte 98° 02' 00" y Longitud Oeste, 19° 09' 20" Latitud Norte y 98° 14' 30" Longitud Oeste **(INEGI, 1982-1997)**. El clima templado subhúmedo es el predominante en la cuenca, con precipitación media anual entre 700 - 1000 mm, y su temperatura media anual fluctúa de 12 - 16° C. **(INEGI, 1987)**, la vegetación representativa del área de estudio **(INEGI, 1982)**, Es el bosque de pino, pino-encino, matorral espinoso y pastizal, La litología **(INEGI, 1982-85)**, está integrada por tobas ácidas, andesitas, basaltos, brechas sedimentarias, las principales formas del relieve **(INEGI, 1982-1997)**, son los volcanes, cerros, mesas y lomeríos, Los suelos representativos del área de interés **(INEGI, 1982-83)**, son Feozem háplico, litosol, cambisoles eútricos, andosoles húmicos, fluvisoles eútricos y vertisol pélico. La Hidrología está constituida por **(INEGI, 1982,1997)**. Los ríos como el Zahuapan, Apizaco y Atenco, Presas como Atlangatepec; Recova; Sol; Ojitos y el Muerto, así como la laguna de Zacatepec y Acuitlapilco, según **(INEGI, 2006)**, se tiene los siguientes datos estadísticos: La Población es de 734,891 habitantes; con una tasa de crecimiento 1.00% a 5.90 %, el 90 % saben leer y escribir, cuenta con 233,881 viviendas, un PEA: de 53 % y PIB: 27 %, Se llevan a cabo actividades productivas como agricultura, ganadería, industria, forestaría y turismo.

Resultados

De la caracterización de la cuenca resultó que el clima dominante es el templado subhúmedo con lluvias en verano, las tobas ácidas son las rocas de mayor cobertura, los lomeríos y volcanes son las formas representativas de relieve, el suelo dominante del área de estudio es el feozem háplico, de color negro, arcillosos, ricos en materia orgánica; el río Zahuapan es la principal corriente de agua y la presa Atlangatepec el almacenamiento de agua más grande. Apizaco es la localidad con mayor número de habitantes (73,097), Tzompantepec es el municipio con mayor incremento de población (35%), Apizaco tiene PEA mayor (12.77), Yauhquemecan tiene la tasa de crecimiento poblacional más alta (12.77); la agricultura de temporal es la principal actividad productiva que se lleva a cabo en la cuenca.

De la identificación y diagnóstico se tiene que las principales formas de explotación del suelo son la agricultura de temporal y riego **(Fotografía 1)**, ganadería **(Fotografía 2)**, forestería, minería (bancos de material) **(Fotografía 3)** y el crecimiento urbano. La agricultura de temporal es la de mayor cobertura (970 km²), que equivale al 75% de la superficie de la

cuenca; se cultiva maíz, avena y cebada; tanto en terrenos planos como en lomeríos con pendiente menor de 1%, para el primer caso y de 4% a 20% para el segundo; en suelos medianamente profundos (30 a 75cm); se utiliza tractor;



Fotografía 1. Agricultura de riego, Sur de Apizaco



Fotografía 2. Ganadería de toros de lidia, Sur de Apizaco



Fotografía 3. Banco de material, Este de Tlaxco

cultivadoras, arado de yunta, se aplica agroquímicos y en casos muy puntuales fertilizantes orgánicos como el estiércol; su rendimiento es bajo (1 a 1.50ton/ha/año), sin la aplicación de técnicas de conservación, generalmente es agricultura de consumo. La agricultura de riego que ocupa una superficie de 145 km² (8.34%), del área de la cuenca, se lleva a cabo en suelos profundos, con cultivos como maíz, alfalfa y hortalizas; se realiza en geoformas planas con inclinación del terreno menor del 2%, se utiliza principalmente tractor y aplican agroquímicos, con buenos rendimientos hasta de 4 ton/ha/ año, se obtienen hasta 2 y a veces 3 cosechas al año; en el caso de la agricultura de temporal la explotación es extensiva e inadecuada ya que se cultiva en terrenos con aptitud forestal; con respecto a la de riego es adecuada pero intensiva. La ganadería extensiva con ganado caprino, es la dominante, ocupa una superficie pequeña (30 km²), que equivale al 0.200% del área de estudio, se practica en lomeríos donde existen matorrales, lo cual permite el ramoneo al ganado y la compactación del suelo; también de manera puntual se lleva a cabo la ganadería estabulada intensiva con ganado vacuno; toros de lidia, y aves de corral, por lo tanto esta actividad es excesiva

La actividad forestal se realiza de manera sobreexplotación, principalmente en las montañas que se localizan en el municipio de Tlaxco, explotándose oyamel (7661 m³), pino (4976m³ y encino (628m³), En 30 años la masa arbórea de la cuenca se ha reducido de 28,595 ha a 16, 643 ha, lo cual equivale a un 58.20 %, actualmente se tienen 29,428 km² de bosque. Otro de los usos excesivos que se le ha dado al suelo son los asentamientos humanos, donde ha habido un cambio de uso del suelo de forestal a agrícola y de agrícola urbano, La zona urbana ha crecido en un 223.37%, actualmente se tienen 15, 645 km².

En bancos de material que se localizan al sur de Tlaxco se hace una explotación excesiva del suelo, este material es utilizado en la construcción de vías de comunicación como carreteras y pequeñas represas

Impactos ambientales

La sobreexplotación del suelo, es decir en exceso de tipo agrícola de temporal, *forestería*, minera y urbana, han originado problemas muy severos, como: la erosión y compactación del suelo, azolvamiento eutroficación de las corrientes y cuerpos de agua, y la reducción de la cobertura del suelo agrícola,

Una vez realizados los trabajos de gabinete y campo, así como aplicada la metodología ya mencionada, resultó que las clases erosión actual severa y muy severa, donde se han perdido los horizontes A, B y parte del C, se ubican en lomeríos, cerros y barrancos; también, estas se asocian a pendientes que varían 3-45%, a suelos como los phaeozem; cambisol; vertisol, a zonas sin cobertura vegetal o matorral abierto. Actualmente la cuenca está muy erosionada como puede observarse en el **(Cuadro 1)**, ya que casi el 75 % del área de estudio (tres cuartas partes), están afectadas por este fenómeno; también gran parte del área de interés, presenta erosión severa y muy severa, las dos primeras clases de este cuadro (no manifiesta y leve), que se localizan en zonas planas o ligeramente inclinadas, ocupan el 49.26% casi la mitad de la superficie de la cuenca.

Cuadro 1 Erosión actual

Clase de erosión	Superficies (km ²)	% con relación a la superficie total de la cuenca
A Erosión no Manifiesta	416.25	27.78
A/B erosión Leve	321.75	21.48
B Erosión Moderada	267.75	17.87
B/C Erosión Severa	351.00	23.42
C Erosión Muy Severa	141.75	9.45
Total	1498.50	100.00

Fuente: Elaborado por los autores del trabajo, con información de campo y gabinete

Velocidad de la erosión

Como se observa a continuación, el suelo se está removiendo desde una velocidad ligera (0.47 ton/ha/año), hasta 625.56 ton/ha/año, que corresponde a una clase muy alta

Ligera

En esta clase que es la dominante el suelo se ha removido con una velocidad entre 0.47-10.50 ton/ha/año, se ubica en zonas de bosque de pino y encino, con una pendiente entre 20 y 50 % y precipitación media anual de 800 - 850mm.

Moderada

La velocidad de erosión está entre 14.73 y 34.93 ton/ha/año; se localizan en bosques abiertos o áreas agrícolas con pendiente que varían entre 4 - 50 %, suelos de textura media o arcillosos, precipitación entre 700 - 800 mm.

Alta

Esta clase de erosión se ubica en zonas con agricultura de temporal, pendiente de 25 % y precipitación media anual de 850 mm., suelos de textura arenosa, matorral abierto; presentaron una pérdida que varía de 210 - 235 ton/ha/año

Muy alta

Se ha removido entre 210.20 - 625.56 ton/ha/año, se ubica en bosques de pino, encino, juníperos, eriales o en zonas agrícolas con pendientes que varían entre 18 y 25 %; suelos con textura de migajón arcillo-arenoso y precipitaciones de 850mm **(Fotografía 1)**. En el **(Cuadro 2)** se observa que la velocidad alta y muy alta suma casi el 50% del área de estudio, es decir que gran parte de cuenca está erosionada



Fotografía 1 Erosión muy alta, al Noreste de Tlaxco

Cuadro 2 Clases de erosión

Clases de erosión	Superficies (km ²)	% con relación a la superficie total de la cuenca
Erosión muy ligera	287.50	19.20
Erosión ligera	482.00	32.16
Erosión moderada	76.00	5.07
Erosión alta	320.00	21.35
Erosión muy alta	333.00	22.22
total	1498.50	100.00

Fuente: Elaborado por los autores del trabajo, con información de campo y gabinete

Compactación

El 75% de la cuenca del río Zahuapan tiene una explotación agrícola tanto de temporal como riego. En las áreas dedicadas a la agricultura de riego prevalece la utilización de maquinaria como: tractores (**Fotografía 3**), cultivadoras, sembradoras, y niveladoras, además se utilizan camiones de carga para transportar los productos que son cosechados. En (**Cuadro 3**) se tiene los valores de resistencia que presenta el suelo y su clase correspondiente



Fotografía 3 Tractor utilizado en la agricultura, Suroeste de Tlaxco

**Cuadro 3 niveles de compactación,
Cuenca del río Zahuapan, en el estado de Tlaxcala,
México.**

Clase	Valor en gr/cm
Muy ligera	0-100
Ligera	+100-250
Moderada	+250-400
fuerte	+400-500
Muy fuerte	+500

Fuente: (Bello, 2008)

La clase muy ligera se localiza en zonas de bosque; donde no existe ninguna presión sobre el suelo. En el caso de la compactación ligera, ésta se presenta en suelos de uso actual agrícola de temporal, en los cuales se utiliza arado y/o rastra o en áreas con vegetación de matorral; en cambio la clase de compactación moderada, que ocupa una cobertura, mayor se ubica en sitios donde se lleva a cabo agricultura de riego. En el **(Cuadro 4)**, se observa la clase de compactación y el valor que le corresponde a cada uno de los 25 puntos, así como su uso actual y tipo de implemento agrícola que se utilizó, también se tiene que la clase dominante es la moderada, ya que ocupa un 52%, y en segundo lugar se tiene la clase ligera con un 44%

Cuadro 4 clases de compactación del suelo, cuenca del río Zahuapan, estado de Tlaxcala.

Punto	localización	Valor (gr/cm)	Uso del suelo	Implementos agrícolas	Clases de compactación
1	Sur de Santa Isabel	2.55	Zona agrícola de riego	Tractor Cosechadora Rastra	Moderada
2	Teolocholco	1.65	Zona agrícola de temporal	Arado	Ligera
3	Norte de Tepetitla	2.54	Zona agrícola de riego	Tractor Cosechadora Rastra	Moderada
4	Este de Santa Ana Chiautempan	1.82	Zona agrícola de temporal	Arado Rastra	Ligera
5	Sur de Xalostoc	1.46	Zona agrícola de temporal	Arado	Ligera
6	Norte de Totolac	1.89	Zona agrícola de temporal	Arado	Ligera
7	Norte de Tlaxcala	2.98	Zona agrícola de temporal	Tractor	Moderada
8	Sur de Apizaco	3.19	Zona agrícola de temporal	Tractor	Moderada

Punto	localización	Valor (gr/cm)	Uso del suelo	Implementos agrícolas	Clases de
-------	--------------	---------------	---------------	-----------------------	-----------

		(gr/cm)		agrícolas	compactación
9	Oeste de Apizaco	3.25	Zona agrícola de temporal	Tractor Rastra	Moderada
10	Oeste del Río Zahuapan	2.14	Zona agrícola de temporal	Arado	Ligera
11	Noreste de Apizaco	3.51	Zona agrícola de temporal	Tractor Cosechadora Rastra sembradora	Moderada
12	Este de Tetla	0.98	Zona bosque		Muy ligera
13	Noroeste de Tetla	2.35	Zona agrícola de temporal	Arado	Ligera
14	Sur de Atlangatepec	3.79	Zona agrícola de temporal	Tractor Cosechadora Rastra sembradora	Moderada
15	Suroeste de Atlangatepec	3.49	Zona agrícola de temporal	Tractor Cosechadora Rastra	Moderada
16	Suroeste de la presa de Atlangatepec	3.18	Zona agrícola de temporal	Tractor	Moderada

Cuadro 2. Continuación

Punto	localización	Valor (gr/cm)	Uso del suelo	Implementos agrícolas	Clases de compactación
-------	--------------	---------------	---------------	-----------------------	------------------------

17	Sureste de la Presa de Atlangatepec	1.63	Zona agrícola de temporal	Arado	Ligera
18	Norte de Tetla	2.77	Matorral	Tractor	Moderada
19	Sureste de Tlaxco	1.92	Matorral		Ligera
20	Suroeste de Tlaxco	3.69	Zona agrícola de temporal	Arado Cosechadora Rastra sembradora	Moderada
21	Norte de la presa de Atlangatepec	1.35	Zona agrícola de temporal	Arado	Ligera
22	Oeste de Tlaxco	3.16	Zona agrícola de temporal	Tractor Cosechadora Rastra	Ligera
23	Norte de Acopinalco del Peñón	3.48	Zona agrícola de temporal	Tractor Cosechadora	Moderada
24	Noroeste de Tlaxco	1.27	Bosque de pino	Arado	Ligera
25	Sur de Tlaxcala	3.65	Zona agrícola de temporal	Tractor Rastra	Moderada

Fuente: Elaborado por los autores de la investigación, con trabajo de campo y gabinete

Azolvamiento y Eutroficación

El aporte de sedimentos al río Zahupan, producto de la erosión del suelo ha reducido en un 30% su cauce, las presas de Atlangatepec, el Sol y la Luna han disminuido su espejo de agua en 15, 35 y 55% respectivamente; además estos cuerpos de agua se han eutroficado y junto con el azolve han permitido el crecimiento de vegetación acuática como el tule. El uso del suelo agrícola extensivo, explotación de los bancos de material y los asentamientos

humanos han reducido la cubierta forestal en un 58.20% quedando solamente 29,428 km². En 1970 se tenían 4,838 km² de áreas urbanas y 15645 en el 2007, es decir crecieron en un 223.37%, estos 10,807 km² de diferencia es la superficie que anteriormente era agrícola y que actualmente está ocupada por los asentamientos humanos.

De la década de los 70's a la fecha, la cuenca del río Zahuapan es considerada como una región que ha tenido un crecimiento social, económico, urbano y político, al efectuarse cambios en diferentes sentidos, en el poblacional, urbano, económico, social, educación y en la salud; integrando esto podemos decir que hay un desarrollo; esto ha contribuido la explotación de los recursos naturales, en particular; el suelo, al dedicarlo a la actividad agrícola de temporal y riego, al aspecto pecuario, forestal y a la industria de la construcción, mejorando con esto la calidad de los habitantes de cuenca

Conclusiones

Se concluye que en la cuenca del río Zahuapan se está llevando a cabo una explotación excesiva del suelo por medio de la agricultura de temporal y riego, ganadería y minería.

La explotación inadecuada del suelo en actividades agrícolas, ganaderas, forestales, bancos de material y el crecimiento excesivo de los asentamientos humanos, han originado impactos en el ambiente, principalmente erosión y compactación

El impacto más severo es el mismo suelo, ya que están removiendo hasta 625.56 ton/ha/año

Otro impacto también importante es el azolvamiento y eutroficación de las corrientes y cuerpos de agua, como el río Zahuapan y la presa de Atlangatepec

La cuenca del río Zahuapan ha tenido un desarrollo basado en un crecimiento económico y social, pero a costa de un deterioro del recurso suelo, agua, vegetación y fauna, es decir no existe un desarrollo regional y urbano sustentable

Recomendaciones

Por lo anterior se recomienda que la planeación del desarrollo en sus diferentes niveles espaciales y temporales sea sustentable

Bibliografía

Alvarado, C. M. (2007). Indicadores de Degradación Ambiental en la cuenca del río Zahuapan, estado de Tlaxcala, proyecto de investigación, México D. F.: Instituto Politécnico Nacional

Bello, f. a. (2008). Diagnóstico de la erosión hídrica del suelo en el municipio de Calpulalpan, estado de Tlaxcala, México D. F.

Cook, G. A., Garcia M. C. (1997). Antología de Tlaxcala. México, D. F.: INAH.

Delgadillo, M. J. (2005). El desarrollo territorial en Tlaxcala. Dimensiones rurales y opciones de Ordenamiento Espacial en la Región Oriente. Tlaxcala, Tlax. Proyecto FOMIX CONACYT TLAX-2002-C01-3345, El Colegio de Tlaxcala, A.C.

Espinosa, E. H. (1992). Dinámica de la erosión hídrica y eólica en el estado de Tlaxcala. Tlaxcala Tlax.

Fuentes, (1992). Cambios en el Uso del Suelo Agrícola en México. México D. F.: Instituto de Geografía UNAM

FAO, (1980). Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma.

García, C. A. (1997). Control de la erosión en Tlaxcala: época prehispánica. *In*: Antología de Tlaxcala. Compiladores, Ángel García Cook y Beatriz L. Merino Carrión. Antologías. Serie Arqueológicas. México, D. F.: Instituto de Antropología e Historia. Gobierno del Estado de Tlaxcala (2002). Ordenamiento Ecológico del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala

Gobierno del Estado de Tlaxcala (2002). Ordenamiento Ecológico del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala. Tlaxcala, Tlax.

INEGI. (2006). Anuario Estadístico del estado de Tlaxcala: Tlaxcala, Tlax.

Kirkby, M. J. (1984) Erosión de Suelo. . México, D. F: LIMUSA

López, L. V. (2006). Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable. México: IPN.

Luna, M. C. (1993). Cambios en el aprovechamiento de los recursos naturales de la antigua ciénega de Tlaxcala. Tlacala tlax. : Aurora Gonzáles Calderón

Rey, C. J. (1996). Manual para el diagnóstico y monitoreo de la erosión. Chapingo, estado de México: Universidad Autónoma Chapingo.

Ruiz, F. F. (1993). Manejo y conservación del suelo y agua, Colegio de Postgraduados, Montecillos estado de México

Cartografía, fotografías aéreas y espacio mapas

INEGI, (1982,1995). Fotografías aéreas escala 1:70,000, Tlaxcala, Tlax.

INEGI, (1996). Espacio mapa escala 1:150,000. Tlaxcala, Tlax.

INEGI, (1982, 1997).Cartas topográficas E14 B23, 33, 42 Y 32, escala 1:50,000 Tlaxcala, Tlax.

INEGI, (1987).Carta de climas México, escala 1 1000000. Tlaxcala, Tlax

SPP. (1981). Carta fisiográfica México. Escala 1:1000000. Tlaxcala, Tlax

INEGI, (1982, 85). Cartas geológicas E14 B23, 33, 42 Y 32, escala 1:50,000. Tlaxcala, Tlax

INEGI, (1982, 83). Cartas edafológicas E14 B23, 33, 42 Y 32, escala 1:50,000. Tlaxcala, Tlax

INEGI, (1982, 83). Cartas de uso del suelo y vegetación E14 B23, 33, 42 Y 32, escala 1:50,000. Tlaxcala, Tlax