

territorio y ambiente: aproximaciones metodológicas

COORDINADOR

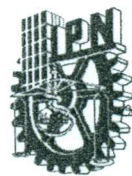
Mario del Roble Pensado Leglise



MARIO DEL ROBLE PENSADO LEGLISE
RAFAEL ZAVALA GÓMEZ DEL CAMPO
JORGE AGUILAR ÁVILA
ROBERTO RENDÓN MEDEL
MANRRUBIO MUÑOZ RODRÍGUEZ
J. REYES ALTAMIRANO CÁRDENAS
V. HORACIO SANTOYO CORTÉS
HÉCTOR MANUEL ROBLES BERLANGA
CARLOS RICARDO MENÉNDEZ GAMIZ
GERARDO TORRES SALCIDO
HÉCTOR ALEJANDRO RAMOS CHÁVEZ
RODRIGO MEINERS MANDUJANO
ADOLFO ÁLVAREZ-MACÍAS
ELIZABETH MONTAÑO BECERRIL
ROBERT W. CÁRCAMO MALLEN
GRACIELA CARRILLO GONZÁLEZ
WALTER A. PENGUE
HÉCTOR DAVID CAMACHO GONZÁLEZ
MARÍA DEL PILAR ALONSO REYES
PEDRO FRANCISCO RODRÍGUEZ ESPINOSA
SANDRA SOLEDAD MORALES GARCÍA
JONATHAN MUTHUSWAMY PONNIAH
NORMA PATRICIA MUÑOZ SEVILLA
ALEJANDRO BALCÁZAR VÁZQUEZ
MIGUEL ALVARADO CARDONA
ROLANDO REYNOSO PÉREZ
MARÍA CONCEPCIÓN MARTÍNEZ RODRÍGUEZ
AURELIO AMADO BERNAL CAMPOS
PILAR SUSANA BURGUENO

TERRITORIO Y AMBIENTE: APROXIMACIONES METODOLÓGICAS

coordinado por
MARIO DEL ROBLE PENSADO LEGLISE




ÍNDICE

- La necesidad de repensar la relación territorio y ambiente. Una introducción a la aproximación metodológica
por MARIO DEL ROBLE PENSADO LEGLISE 7
- I. METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN DEL TERRITORIO Y SU IMPLICACIÓN AMBIENTAL
1. Metodología para elaborar un plan estratégico de desarrollo sustentable, el caso de Valsequillo, Puebla
por MARIO DEL ROBLE PENSADO LEGLISE 21
2. Metodología para el seguimiento de la operación de los consejos de desarrollo rural sustentable a nivel territorial en México: el trabajo de la red GTD
por RAFAEL ZAVALA GÓMEZ DEL CAMPO 53
3. Agencias para la gestión de la innovación en territorios rurales
por JORGE AGUILAR ÁVILA, ROBERTO RENDÓN MEDEL, MANRRUBIO MUÑOZ RODRÍGUEZ, J. REYES ALTAMIRANO CÁRDENAS, V. HORACIO SANTOYO CORTÉS 79
4. Análisis de la gestión territorial del desarrollo: el caso del consejo de desarrollo rural de Ixmiquilpan, Hidalgo
por HÉCTOR MANUEL ROBLES BERLANGA, CARLOS RICARDO MENÉNDEZ GÁMIZ 99
- II. NUEVOS ENFOQUES METODOLÓGICOS PARA EL ESTUDIO TERRITORIAL AMBIENTAL
5. Cooperación y conflicto en la construcción de dos sistemas agroalimentarios localizados en México. Los casos del nopal y el cuiltlacoche
por GERARDO TORRES SALCIDO, HÉCTOR ALEJANDRO RAMOS CHÁVEZ, RODRIGO MEINERS MANDUJANO 123

| | |
|--|-----|
| 6. Coordinación vertical y organización territorial del sistema lácteo en México: apreciaciones a partir del caso de Querétaro <i>por</i> ADOLFO ÁLVAREZ-MACÍAS, ELIZABETH MONTAÑO BECERRIL, ROBERT W. CÁRCAMO MALLEN | 149 |
| 7. Determinantes de la ecología industrial y su impacto en la región <i>por</i> GRACIELA CARRILLO GONZÁLEZ | 175 |
| 8. Intangibles ambientales, suelo virtual y nuevas formas de valoración de la naturaleza. Alternativas en discusión frente a la crisis de civilización <i>por</i> WALTER A. PENGUE | 207 |
| 9. Medición de la disposición a pagar por un programa de conservación de los servicios ecosistémicos en el acuífero del valle de Cuernavaca <i>por</i> HÉCTOR DAVID CAMACHO GONZÁLEZ, MARIO DEL ROBLE PENSADO LEGLISE, MARÍA DEL PILAR ALONSO REYES | 232 |
| 10. Metodología para el estudio de los metales como trazadores de rutas de contaminación en partículas PM ₁₀ <i>por</i> PEDRO FRANCISCO RODRÍGUEZ ESPINOSA, SANDRA SOLEDAD MORALES GARCÍA, JONATHAN MUTUSUWAMY PONNIAH, NORMA PATRICIA MUÑOZ SEVILLA | 256 |
| III. MÉTODOS Y TÉCNICAS EN EL ANÁLISIS DE LAS RELACIONES TERRITORIO Y AMBIENTE | |
| 11. El espacio simbólico como reproductor de la sociedad <i>por</i> ALEJANDRO BALCÁZAR VÁZQUEZ | 283 |
| 12. Cambio de uso del suelo y los impactos ambientales territoriales "Municipio de Tlaxco, Tlaxcala" <i>por</i> MIGUEL ALVARADO CARDONA, ROLANDO REYNOSO PÉREZ, MARÍA CONCEPCIÓN MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | 301 |
| 13. Las actividades recreativas como impulsoras de la conservación del medio ambiente <i>por</i> AURELIO AMADO BERNAL CAMPOS Y PILAR SUSANA BURGUEÑO | 315 |
| Comentarios finales de la obra | 339 |
| Los autores | 340 |

impreso en méxico
en los talleres de
mújica impresor, s. a. de c. v.
camelia núm. 4
col. el manto, iztapalapa, df
el tiraje fue de 2 000 ejemplares



LA NECESIDAD DE REPENSAR LA RELACIÓN TERRITORIO Y AMBIENTE. UNA INTRODUCCIÓN A LA APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

MARIO DEL ROBLE PENSADO LEGLISE¹

HC140.E5

T47

2011 *Territorio y ambiente : aproximaciones metodológicas* / coordinado por Mario del Roble Pensado Leglise. — México : Siglo XXI Editores, 2011.
344 p. — (Ambiente y democracia)

ISBN: 978-607-03-0350-0

1. Desarrollo sustentable – Aspectos ambientales – México 2. Desarrollo rural – Aspectos ambientales – México. 3. Población – Aspectos ambientales – México. I. Pensado Leglise, Mario del Roble, editor. II. Ser.

primera edición, 2011

© siglo xxi editores, s. a de c. v.

© centro interdisciplinario de investigaciones y de estudios sobre el medio ambiente y desarrollo (ciemad), ipn.

isbn 978-607-03-0350-0

derechos reservados.

prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio.

En los últimos años, la demanda social por instaurar políticas públicas ambientales más efectivas ha impulsado una atención creciente a los temas de territorio y ambiente. El territorio visto como un espacio en el que se integra una complejidad de relaciones de vida social y política, de desarrollo económico y de gestión ambiental es a menudo utilizado como unidad de estudio en el análisis de los temas relativos a la gobernanza y a su vinculación con las políticas y tendencias impulsadas por el actual proceso hegemónico de globalización (Ramírez, 2003).

La rápida evolución del entramado internacional institucional en aspectos económicos, comerciales y de cooperación internacional en las dos últimos decenios del siglo xx repercutió en mayor o menor medida en transformaciones del Estado en la mayoría de los países y en la generación de una economía cada vez más global, mediante la estimulación de la liberalización económica en los países en desarrollo y el incentivo a formas de comercio internacional, primero a escala global –en los años noventa–; y después con el surgimiento y consolidación de bloques regionales –último decenio del siglo xx y primero del xxi).

Por otro lado, de manera vertiginosa se generalizó en el mundo la preocupación ambiental, lo cual conllevó a cambios en los estados nacionales, mismos que incluyeron o consolidaron áreas administrativas públicas de política ambiental descentralizadas, además de sentar las bases para establecer mecanismos de armonización en materia legislativa, normativa y de políticas públicas ambientales con repercusiones para los responsables locales. Los ejemplos más sobresalientes de ello han sido el compromiso de alcanzar metas por cada

¹ Se agradece al CIEMAD y al Instituto Politécnico Nacional los recursos para la realización de esta obra. De igual modo, se agradecen los apoyos del Proyecto SIP 20113185 para la redacción de este trabajo.

12. CAMBIO DE USO DEL SUELO Y LOS IMPACTOS AMBIENTALES TERRITORIALES "MUNICIPIO DE TLAXCO, TLAXCALA"

MIGUEL ALVARADO CARDONA,
ROLANDO REYNOSO PÉREZ,
MARÍA CONCEPCIÓN MARTÍNEZ RODRÍGUEZ

INTRODUCCIÓN

El municipio de Tlaxco se localiza al norte del estado de Tlaxcala, colinda al norte con los estados de Hidalgo y Puebla, al sur con los municipios Benito Juárez, Hueyotlipan, Muñoz de Domingo Arenas, Atlangatepec, Tetla de Solidaridad, Lázaro Cárdenas y Emiliano Zapata; fisiográficamente se ubica en la provincia del Eje Neovolcánico y Subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac; tiene una superficie de 572 875 km² y 35 506 habitantes; se encuentra a una altitud de 2 540 msnm (INEGI, 2006:4-8), con coordenadas geográficas extremas 19° 43' 30" latitud norte y 98° 20' 30" longitud oeste, 19° 34' 20" latitud norte, y 98° 22' 10" longitud oeste, 19° 44' 50" latitud norte y 98° 04' 10" longitud oeste, 19° 30' 50" latitud norte y 98° 04' 25" longitud oeste; y coordenada central 19° 36' 45" latitud norte y 19° 12' 00" longitud oeste (INEGI, 1982- 2007).

El uso del suelo se refiere a la intervención humana en la naturaleza (Medellín, 2002:1-2), es decir, cuando el hombre hace uso de los elementos del medio natural como la vegetación, agua, suelo, minerales y la fauna, por lo tanto un cambio de uso del suelo es cambiar de intervención humana o de actividad productiva, por ejemplo de silvícola a agrícola o de agrícola a urbano, agrícola a ganadera. Transformar, hacer cambiar de forma a alguien o algo. El impacto ambiental es una alteración que se introduce por una actividad humana en su entorno (Gómez, O. G., 1999:161-172)

Los cambios de uso del suelo de forestal agrícola a ganadero, y de agrícola a ganadero o urbano, llevados a cabo de manera inadecuada, han originado impactos en los elementos del medio ambiente como el clima, la vegetación, el agua, y el suelo (Gobierno del municipio de Tlaxco 2008:13-32), manifestándose en forma de fragmentación

y pérdida de la cubierta vegetal, erosión y compactación del suelo, contaminación del agua, migración de la fauna, así como de la población humana hacia las ciudades de Tlaxcala, Puebla y Distrito Federal (Alvarado, 2000:161-166). Si al cambiar el uso del suelo los indicadores como la agricultura, ganadería y silvicultura no son impactados, esto contribuirá a mejorar la vida ambiental y de la sociedad. En consecuencia, todo cambio de uso del suelo como tal, propicia diversas transformaciones territoriales, las cuales son definidas como los cambios que se suscitan en los diferentes elementos que componen a un territorio que es ocupado social, económica y normativamente, por una sociedad en un momento históricamente determinado, a otra forma bajo modalidades específicas, de ocupación social del espacio territorial (Arana, 1998:23-27).

A lo largo de la historia, cuando el hombre se vuelve sedentario cambia el uso del suelo, transforma el territorio y origina impactos en el ambiente (INAH, 1986:54-62). En el municipio de Tlaxco se han realizado algunos estudios y proyectos en los que se analizan y evalúan los cambios de uso del suelo, pero no los impactos ambientales generados por cambios como el Ordenamiento Ecológico del estado de Tlaxcala (Alvarado, 2000:363-267), Deterioro Ambiental en Tlaxcala y Políticas de Desarrollo estatal (Espejel, 1999:34-40), Cambios en el Aprovechamiento de los Recursos Naturales de la Antigua Ciénaga de Tlaxcala (Luna, 1993:51-88), Antología de Tlaxcala (Cook, 1997:251-282).

Se han realizado estudios y proyectos relacionados con la erosión del suelo como: "Causas y origen y diagnóstico de la erosión del suelo en el estado de Tlaxcala" (Alvarado, 1996:10-35), "Dinámica de la erosión hídrica y eólica en el estado de Tlaxcala" (Espinoza, 1992:16-22), "Control de la erosión en Tlaxcala" (García, 1997:12-24); son estudios y proyectos muy especializados y puntuales, pero no existe un estudio de este tipo que contenga información de utilidad para los tomadores de decisiones de los diferentes niveles de gobierno, por lo anterior es necesario hacer una evaluación de esta materia. Por lo tanto se planteó el objetivo de generar un documento que manifieste la dinámica del uso del suelo de 1973 al 2010 y los impactos ambientales más relevantes originados por este proceso.

METODOLOGÍA

Para cumplir con el objetivo se integró un procedimiento metodológico constituido por las siguientes fases: recopilación de información, caracterización y diagnóstico, así como los métodos para cada una de ellas. En la primera se compiló información de tipo bibliográfica, cartográfica base (carta topográfica) y temática, fotografías aéreas y el espacio mapa, para esto se recurrió a oficinas gubernamentales como al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) y Consejo Nacional de Población (Conapo), Gobierno del Estado; municipios e instituciones educativas, a continuación se delimitó el área de estudio utilizando la cartografía topográfica escala 1:50 000 (INEGI, 1982-2007) y los límites geopolíticos del municipio, el siguiente paso fue actualizar la cartografía temática, entre otras tenemos a la carta geológica, edafológica, uso del suelo y vegetación, hidrológica, para esto se realizó una interpretación de las fotografías aéreas escala 1:75 000 y 1:50 000 (INEGI, 1973-1999), así como del espacio mapa escala 1:150 000 (INEGI, 1996), y trabajos de campo para complementar y verificar la información.

En la siguiente fase se describieron las características de los elementos ambientales utilizando información cartográfica ya actualizada y el *Anuario estadístico del estado de Tlaxcala* (INEGI, 2006:35-62), para esto se consideró al municipio como un sistema integrado por los subsistemas natural, social, económico y urbano, constituidos a la vez por elementos del medio natural, social y económico (SPP, 1980-1981; SPP, 1983), toda esta información se rectificó y ratificó en campo.

En la tercera y última fase considerada en el desarrollo de esta investigación se llevó a cabo una identificación y evaluación de los cambios de uso del suelo y los impactos ambientales generados por estos procesos como fragmentación y pérdida de la cubierta vegetal, erosión y compactación del suelo, así como contaminación del agua. Para identificar los cambios de uso del suelo se utilizaron las cartas topográficas del INEGI y las de uso del suelo y vegetación (INEGI, 1980-1989) a la escala ya mencionada donde se marcaron los polígonos que posteriormente se verificarían en campo. Para evaluar la

dinámica del uso del suelo se midieron los polígonos y se calculó su superficie, esta información fue utilizada para determinar la tasa de cambio de uso del suelo, al aplicar la fórmula $S_n = (S_2 - S_1)^{1/n} - 1$, de donde S_n = tasa de cambio, S_2 = superficie 2; del último año, S_1 = superficie 1; del primer año, n = número de años.

Para identificar los impactos se utilizó una matriz Leopold simplificada (Gómez, 1999) y en el caso de la evaluación de los impactos ambientales se emplearon indicadores ambientales (Alvarado, 2007:5-8), como hectáreas fragmentadas o pérdidas de vegetación, ton/ha/año, gr/cm, ICA. Para determinar éstos se utilizaron métodos como el índice de deforestación, análisis de las fotografías aéreas y espacio mapas (Spot Imagen, 2009), el de la FAO-PNUMA (1984), la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (UPS), (Kirkby, 1984), (Becerra, 1999), (Rey, 1986:12-26); para aplicar esta ecuación $A = RKRSPC$, se determinó cada una de las variables que intervienen en ella, utilizando la cartografía de climas, suelo, topográfica, uso del suelo y vegetación (INEGI, 1987-2007), información bibliográfica y trabajos de campo. Con respecto a la compactación se utilizó el método del penetrómetro (Bello, 2008:59-60); en el caso de la contaminación del agua se utilizó el índice de la calidad del agua (ICA, CNA, 2000), (DBO, DQO, CNA, 2006).

RESULTADOS

1. Caracterización

Una vez analizada y actualizada la cartografía temática del INEGI y realizados los trabajos de campo, resultó que el clima dominante en el municipio de Tlaxco es templado subhúmedo, con una temperatura media anual de 13° C y 750 mm de precipitación media anual, su cobertura es de 37.00% del área de estudio.

Las tobas ácidas son las rocas que ocupan mayor cobertura, las sierras volcánicas y los lomeríos son las formas del relieve representativas del área de interés. El Río Zahuapan es la corriente perenne más importante del municipio y la presa Lázaro Cárdenas el cuerpo de agua más grande. El acuífero Atoyac-Zahuapan es el más significativo del área de estudio; el *phaeozem háptico* es el suelo dominante en el municipio.

La vegetación de mayor cobertura es el bosque de pino. Es común encontrar gorriones, golondrinas y palomas en las zonas agrícolas y ganaderas, así como en los asentamientos humanos

2. Diagnóstico

2.1 Cambios de uso del suelo

En el cuadro 1 se observa el uso del suelo, fecha de inicio y el cambio de uso del suelo resultante para 2010, después de haber analizado la cartografía topográfica, uso del suelo y vegetación del INEGI.

Una vez señalados los polígonos y calculado las superficies, en el cuadro 2 se tiene la cobertura vegetal y de uso del suelo para el periodo 1975 y 2010, así como los incrementos y decrementos de estas coberturas; se observa que ha disminuido el área silvícola y cambiado el uso del suelo de manera significativa, de silvícola a agricultura, pecuario o urbano, quiere decir que se ha perdido una parte importante del bosque.

CUADRO 1. CAMBIOS DE USO DEL SUELO, PERIODO 1975-2010

| USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN 1975 | USO DEL SUELO 2000 | CAMBIO DE USO DEL SUELO 2010 |
|---------------------------------|--------------------|------------------------------|
| | Agrícola | Urbano |
| | Agrícola | Pecuario |
| | Pecuario | Urbano |
| | Urbano | Urbano |
| | Ganadero | Ganadero |
| Agrícola | Pastizal | Urbano |
| | Minero | Minero |
| | Agrícola | Urbano |
| Matorral | Ganadero | Urbano |
| | Minero | Minero |
| Pecuario | Agrícola | Minero |
| Urbano | Urbano | Urbano |
| Minero | Minero | Minero |
| Otros usos | Pastizal | Minero |

FUENTE: elaborado por los autores con información de INEGI-SPP (1980-2007) y de campo.

Con relación a lo urbano, también ha tenido un incremento importante al cambiar el uso del suelo, de silvícola a urbano, agrícola a urbano y pecuario a urbano (cuadro 3).

El matorral y otros usos han permanecido casi igual, no han variado su cobertura, en el caso del pecuario, aunque tuvo un decremento, ha ganado superficie a costa del suelo silvícola y agrícola.

Estos cambios de uso del suelo, llevados a cabo de manera inadecuada, han originado impactos ambientales en el territorio del municipio.

CUADRO 2. USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN

| USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN | SUPERFICIE 1975 (HA) | SUPERFICIE 2010 (HA) | SUPERFICIE INCREMENTO (+) DECREMENTO (-) |
|----------------------------|----------------------|----------------------|--|
| Silvícola | 16 040.30 | 10 884.69 | -5 156.61 |
| Agrícola | 26 924.88 | 33 226.75 | +6 301.87 |
| Matorral | 5 728.75 | 5 728.75 | 0.00 |
| Pecuario | 4 583.82 | 2 291.70 | -2 292.12 |
| Urbano | 2 291.30 | 4 010.62 | +1 719.32 |
| Minero | 1 145.65 | 572.87 | -572.78 |
| Otros usos | 572.80 | 572.87 | 0.00 |
| Superficie total | 57 287.50 | 57 287.50 | 0.00 |

FUENTE: elaborado por los autores con información del INEGI.

CUADRO 3. CAMBIO DE USO DEL SUELO DE LA ACTIVIDAD SILVÍCOLA (1975 A 2010)

| | CAMBIO DE USO DEL SUELO | SUPERFICIE (HA) |
|--------------|-------------------------|-----------------|
| Silvicultura | Silvícola | |
| | Silvícola a agrícola | 3 609.62 |
| | Silvícola a urbano | 154.69 |
| | Silvícola a matorral | 103.13 |
| | Silvícola a pecuario | 1 134.45 |
| | Silvícola a minero | 103.16 |
| Agrícola | Agrícola a urbano | 1 260.57 |
| | Agrícola a pecuario | 2 520.27 |
| | Agrícola a minero | 630.28 |
| | Matorral | 1 575.46 |
| | Otros | 315.29 |
| Pecuario | Pecuario a urbano | 78.50 |
| | Pecuario a agrícola | 235.50 |
| | Pecuario a minero | 78.50 |

FUENTE: elaborado por los autores con información del INEGI (1980-2007), de gabinete y de campo.

Tasa de cambio de uso del suelo. En el cuadro 4 se muestran las superficies en hectáreas para el periodo 1975-2010 que se perdió o ganó y la tasa de cambio expresada en porcentaje. Esta información presenta una visión cuantitativa y cualitativa de las condiciones de los usos del suelo, cambios de uso del suelo y de la dinámica espacio temporal, estos resultados también pueden ser de gran utilidad en la gestión ambiental de los recursos naturales, en planes, programas y proyectos, tanto para la administración pública como la privada.

De manera particular, se observa que la agricultura y el aspecto urbano tienen un incremento de 23.40 y 75.03% respectivamente, por lo tanto, se tiene un crecimiento significativo de la mancha urbana. Con relación a lo silvícola, pecuario y minero se observa una pérdida de 32.14, 50.00 y 49.99 respectivamente, esto quiere decir que en el caso de lo pecuario y minero se tiene una gran reducción de la cobertura de los usos del suelo.

CUADRO 4. TASA DE CAMBIO

| USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN | SUPERFICIE 2010 (HA) | SUPERFICIE 1975 (HA) | TASA DE CAMBIO EN % |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| Silvícola | 10 884.69 | 16 040.30 | - 27.69 |
| Agrícola | 33 226.75 | 26 924.88 | + 28.45 |
| Matorral | 5 728.75 | 5 728.75 | 0.00 |
| Pecuario | 2 291.70 | 4 583.82 | - 24.76 |
| Urbano | 4 010.62 | 2 291.30 | + 23.74 |
| Minero | 572.87 | 1 145.65 | -19.91 |
| Otros usos | 572.87 | 572.80 | 0.00 |
| Superficie total | 57 287.50 | 57 287.50 | 0.00 |

Signo - igual a pérdida Signo + igual a ganancia.

FUENTE: elaborado por los autores con información de gabinete y de campo.

2.2. Impactos ambientales territoriales

2.2.1. *Identificación de los impactos ambientales.* La mayoría de los cambios de uso del suelo que se llevaron a cabo en el municipio de 1975-2010 han originado impactos ambientales en el territorio, siendo estos en la mayoría significativos como se observa en el cuadro 5.

2.2.2 *Evaluación de los impactos.* Como se observa en la imagen 1, de 1975 a 2010, al cambiar el uso del suelo de silvícola a agrícola, la vegetación fue impactada negativamente ya que disminuyó y fragmentó la cobertura vegetal en 5 156.61 ha, al cambiar de agrícola a urbana (imagen 2.), impactando principalmente la producción agrícola, la

CUADRO 5. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS

| CAMBIOS DE USO DEL SUELO | | IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO | SIGNIFICATIVO | NO SIGNIFICATIVO |
|-----------------------------|----------|-------------------------------|---------------|---------------------|
| de | a | | | |
| Agrícola | Urbano | X | X | |
| Agrícola | Pecuario | X | | X |
| Pecuario | Urbano | X | X | |
| Urbano | Urbano | | | X |
| Ganadero | Ganadero | | | X |
| Pastizal | Urbano | X | X | |
| Minero | Minero | | | X |
| Agrícola | Urbano | X | X | |
| Ganadero | Urbano | X | X | |
| Agrícola | Minero | X | X | |
| Pastizal | Minero | X | X | |

FUENTE elaborado por los autores con información de gabinete y campo.

cobertura de suelo y la infiltración del agua, aunque otros cambios también han originado impactos significativos.

2.2.2.1. VEGETACIÓN. Cuando la vegetación se deforesta por la actividad productiva silvícola, en este caso hasta un nivel de tala inmoderada, se producen dos impactos en el territorio: la fragmentación, y

IMAGEN 1. CAMBIO DE USO DEL SUELO DE SILVÍCOLA A AGRÍCOLA

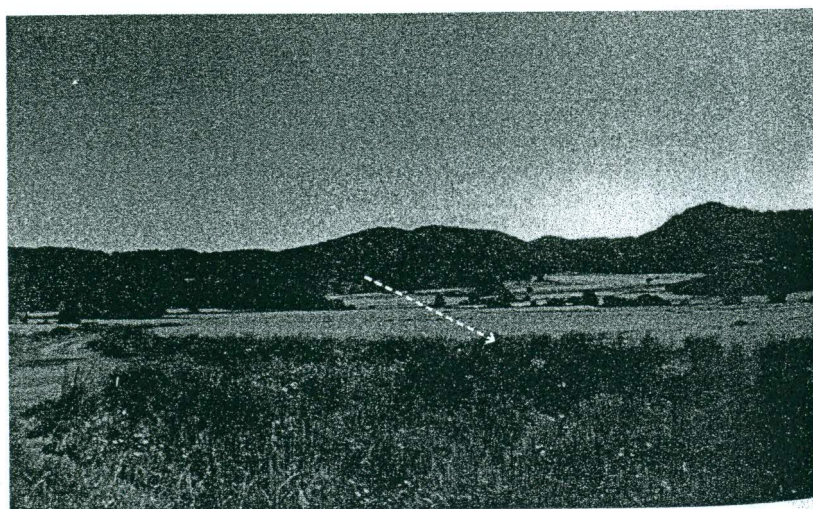


FOTO: M. Alvarado C.

IMAGEN 2. CAMBIO DE USO DEL SUELO DE AGRÍCOLA A URBANO



FOTO: M. Alvarado C

disminución de la cubierta vegetal y la pérdida de los servicios ambientales: a continuación estos suelos se dedican a la agricultura, la ganadería, la minería o al desarrollo urbano. De la cobertura actual de la vegetación (10 884.69 ha), 5 986.57 ha corresponden a bosque abierto, que representa 55% de la superficie y 4 898.12 a bosque cerrado que corresponde a 45% de la cobertura total, proceso que ha dado lugar a la erosión del suelo.

Se pueden salvar áreas de agostadero, bosque, cultivo y urbanas por medio de la detección oportuna de la degradación de suelos y la aplicación de técnicas de conservación de suelo y de la ingeniería naturalística.

2.2.2.2. SUELO. Al erosionarse, el suelo se transforma, ya que pierde los horizontes superficiales, o parte de éstos. Una vez realizados los trabajos de gabinete y campo, así como aplicada la metodología ya mencionada, resultó que las clases dominantes de erosión son la severa y la muy severa, en las cuales se han perdido los horizontes A, B y C, quedando expuesta la roca. En el área de estudio, la velocidad de la erosión varía de 0.47 ton/ha/año a 652.56 ton/ha/año, el primer caso está asociado a suelos de textura arcillosa-arenosa como el feozem, la vegetación de matorral y la pendiente ligera, en cambio, el segundo se relaciona con suelos llamados cambisoles, de

textura migajón arcilloso y arenosa, pendiente de 25% y bosque abierto de juníferos. Otro elemento del medio ambiente impactado por el cambio de uso del suelo de silvícola a agrícola, de agrícola a urbano y de ganadero a urbano es el agua.

2.2.2.3. AGUA. De los 1 026 sitios de la Red de Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial distribuidos en todo el país, cinco se localizan en la cuenca del río Zahuapan y uno en el municipio de Tlaxco (Semarnat, 2007). En el cuadro 6 se observa que de 1998 a 2005 los valores del ICA se incrementaron, es decir, mejoró la calidad del agua.

CUADRO 6. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

| PUNTO DE MUESTREO | ESTIAJE 998 | ESTIAJE 001 | ESTIAJE 002 | ESTIAJE 003 | ESTIAJE 004 | ESTIAJE 005 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Tlaxco | 60.92 | 56.78 | 39.32 | 70.85 | 61.07 | 72.54 |

FUENTE: elaborado por los autores con información del INEGI, CNA, CGE, 2001-2006.

El acuífero Zahuapan-Atoyac se clasifica como agua dulce, ya que no presenta intrusiones marinas ni está bajo el proceso de salinización, tampoco sodización y tiene menos de 1 000 mg/l de salinidad expresada en sólidos disueltos totales (Semarnat, 2007). En los cuadros 7 y 8, se tienen los valores de los cationes para el primero y aniones para el segundo, estos datos nos indican que el agua es de buena calidad, que puede utilizarse en la agricultura, la ganadería y, con un tratamiento, en el abastecimiento público.

CUADRO 7. DATOS ANALÍTICOS DEL AGUA

| POZO | LOCALIZACIÓN | CA MG/L | Mg. MG/L | NA MG/L | K MG/L | CaCO ₃ MG/L | RAS |
|------|-----------------|------------|-------------|------------|-----------|---------------------------|------|
| | norte de Tlaxco | 22 | 6.5 | 7.8 | 0.80 | 82.00 | 0.38 |

FUENTE: *Hidrología subterránea*, INEGI, 2005.

CUADRO 8. DATOS ANALÍTICOS DEL AGUA

| POZO | LOCALIZACIÓN | pH | CE MHOS/ CM | SO ₄ MG/L | HCO ₃ MG/L | NO ₃ MG/L | CO ₃ MG/L | CL MG/L |
|------|-----------------|-----|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| 1 | Norte de Tlaxco | 7.9 | 0.20 | | 103.70 | 1.2 | | 10.60 |

FUENTE: *Hidrología subterránea*, INEGI, 2005.

2.2.2.4 RELIEVE. Cuando se presenta un cambio de uso de suelo de manera inadecuada –de silvícola a agrícola o silvícola a pecuario– y el suelo queda sin una capa protectora, el agua, al circular sobre la superficie del suelo, lo erosiona, dando lugar a un cambio del relieve que adopta formas como: láminas, surcos, cárcavas, barrancos, islotes y pináculos. En el municipio, 88% presenta un relieve transformado producto de este fenómeno, la forma laminar es la dominante ya que ocupa 52% de la superficie total del área de estudio y está asociada con islotes, pináculos y barrancas. No se debe proponer un cambio de uso del suelo, por ejemplo de silvícola a agrícola o de agrícola a urbano, en bajadas de cerros, cañadas o arroyos; esto con el fin de evitar riesgos a las poblaciones: desgajamiento de esta geoforma, trombas o venidas de ríos.

CONCLUSIONES

El cambio de uso del suelo más significativo fue de forestal a agrícola, este cambio ha impactado a la vegetación reduciendo la cobertura y fragmentación, al suelo por erosión, al agua por contaminación y al relieve por cambio de forma.

Al cambiar entre 1975 y 2010 de un uso silvícola a otros, agrícola, pecuario, minero y urbano, se fragmentó y disminuyó esta cobertura vegetal en 5 156.61 ha. Dichos cambios han originado un impacto en el suelo denominado proceso de erosión del suelo.

Éste es el impacto ambiental más severo, ya que se removió el suelo con una velocidad de 652.56 Ton/ha/año.

La forma de erosión más preocupante es la laminar, ya que en ella se han perdido los horizontes A, B y C del suelo; es decir, se ha re-

movido todo su espesor quedando la roca expuesta, aflora el material litológico.

El agua es otro de los elementos impactados por el cambio de uso agrícola o ganadero a urbano, con un ICA de 72.64, esto significa que, sin embargo este elemento ambiental no está muy contaminado y que se puede emplear en la agricultura, la ganadería y, con un tratamiento, para el abastecimiento público.

RECOMENDACIONES

Con el fin de controlar el proceso de erosión del suelo, como medida preventiva y para recuperar las áreas es necesario aplicar técnicas de conservación de suelo como terrazas, curvas a nivel, franjas en contorno, trincheras, cercas vivas y presas de gavión en los sitios degradados.

Con el propósito de conservar la vegetación y recuperar la cobertura es importante que el gobierno, junto con la sociedad, elabore un programa constituido por técnicas de reforestación, cercas vivas y manejo de bosques.

Para controlar los procesos de degradación de los recursos naturales se recomienda formular un programa y proyectos donde participen los tres niveles de gobierno con apoyos económicos y técnicos; la sociedad aportaría mano de obra, y sería coordinado por representantes de cada uno de los sectores.

También son necesarios estudios más detallados de los elementos ambientales, sociales, de la concentración de la población, el suelo dentro de los recursos naturales y de la población económicamente activa con relación a los recursos económicos, con la finalidad de disponer de información más confiable que pueda ser de utilidad para los tomadores de decisiones en la elaboración de planes, programas y proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, M. (1996), "Causas, origen y diagnóstico de la erosión del suelo en el estado de Tlaxcala", México, Instituto Politécnico Nacional.
- Alvarado, M. (2000), "Diseño metodológico para los ordenamientos ecológicos estatales, estudio de caso: Ordenamiento Ecológico del Estado de Tlaxcala", México, DF.
- Alvarado, M. *et al.* (2007), "Indicadores de degradación ambiental en la cuenca del río Zahuapan, estado de Tlaxcala", Proyecto de Investigación Clave SIP 20070059. SIP-IPN. México D. F.
- Arana, M. (1998), "Proceso de transformación y/o desarrollo urbano del estado de Tlaxcala (1960-1990)" en *Análisis y planeación del desarrollo urbano regional y municipal*, Sergio González L. (coord.) t. II, México, DF.
- Becerra, A. (1999), Escorrentía, erosión y conservación de suelos, México, UACH Chapingo.
- Bello, A. (2008), "La degradación de suelo en el municipio de Calpulalpan estado de Tlaxcala y su impacto en el medio ambiente", tesis de maestría, México, CIEMAD-IPN.
- CNA (2006), "Datos estadísticos sobre la calidad del agua del río Zahuapan", Tlaxcala, Tlaxcala.
- Cook, A., (1997). *Antología de Tlaxcala*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, DF.
- CNA (2006), *Datos estadísticos sobre la calidad del agua del río Zahuapan, Tlaxcala, Tlax.*
- Espinoza, E. H. (1992), *Dinámica de la erosión hídrica y eólica en el estado de Tlaxcala*, tesis de maestría, Colegio de Posgraduados, Montecillos, Estado de México.
- Espejel, A. y Carrasco R. (1999), "Deterioro Ambiental en Tlaxcala y las Políticas de Desarrollo Estatal 1988-1999", *Gaceta Ecológica*, México, INE/Semarnap.
- FAO-PNUMA (1984), *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*, Roma, Italia.
- García, A. (1997), "Control de la erosión en Tlaxcala: Época prehispánica", *Antología de Tlaxcala*, García Cook, Ángel y Beatriz L. Merino Carrión (comps.), México, Instituto de Antropología e Historia, Antologías. Gobierno del Municipio de Tlaxco (2008), *Plan Municipal de Desarrollo de Tlaxco*, Tlaxcala. Tlax.
- Kirkby, J. (1984), *Erosión de suelo*, México, Limusa.
- INEGI (2006), *Anuario estadístico del estado de Tlaxcala*, México.
- Luna, C. (1993), *Cambios en el aprovechamiento de los recursos naturales de la antigua ciénaga de Tlaxcala*, México, UACH.
- Medellín, P. (2002), *Uso del suelo*, Agenda, México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí.
- Rey, J. (1996), *Manual para el diagnóstico y monitoreo de la erosión*, México UACH.

Cartografía, fotografías aéreas, espacio, mapa e imágenes de satélite

- INEGI-SPP (1980-1983), Carta Uso del suelo y vegetación, Claves E14B22, 23 y 24, Escala 1: 50,000, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, México.
- INEGI (1973-1999), Fotografías Aéreas Escala 1:75,000 y 1:50,000, México.
- INEGI (1996), Espacio Mapa Escala 1:150,000, México.
- INEGI (1982-2007), Cartas topográficas, Claves E14B22, 23 y 24, Escala 1: 50,000, México.
- SPP (1980-1981), Cartas de climas, temperaturas y precipitaciones hoja México Escala 1: 1000,000, México.
- SPP (1983), Cartas edafológicas, Claves E14B23, E14B32, E14B33, E14B43, Escala 1: 50,000, México, INEGI.
- Spot Image, Digital Globe, Europa Technologies (2009), imágenes de satélite, Google Earth.