

EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y DEL PAISAJE REGIONAL EN LA SIERRA ZAPALINAMÉ, COAHUILA



LEODAN PORTES VARGAS

SEMARNAT, Delegación Coahuila, México.

lepoval@yahoo.com



Resumen / Abstract / Résumé

41

La evaluación cuantitativa de los cambios ocurridos de uso del suelo y del paisaje regional en la Sierra Zapalinamé, Coahuila desde 1974 hasta 1996, se reporta mediante la estimación de dos variables: 1) La cuantificación de la sustitución de un uso por otro y 2) El análisis de la intensidad del cambio de diversos periodos de años utilizando un índice de diversidad de uso del suelo. Existe una fuerte pérdida y transformación de habitats como el resultado de los cambios de uso del suelo. El cambio de pastizales a agricultura y los incendios naturales o antropogénicos son cambios y presiones por uso en el paisaje regional que lo han ido modelando a través del tiempo. Se desprende que el área bajo estudio presenta un índice alto de fragmentación y homogeneidad en cuanto a sus componentes. ©2001, UAM

Palabras claves:
cambios de uso de suelo
paisaje regional
Coahuila

The quantitative evaluation of changes in the soil and landscape usage in Sierra Zapalinamé, Coahuila from 1974 to 1996 is reported through the estimation of two variables: 1) the assessment of the substituting of one use for another, and 2) the analysis of the intensity of the change in different year periods using an index of diversity of soil use. There is a great loss and transformation of habitats resulting in changes of soil use. Changes from pasturelands to agriculture and natural or anthropogenic fires are changes and pressures resulted from the regional landscape usage that has been forming in the course of time. It is explained that the case area represents a high index of fragmentation and homogeneity as regards its components.

Keywords:
soil use changes
regional landscape
Coahuila

On fait un rapport à l'évaluation quantitative des changements d'usage du sol et du paysage régional en Sierra Zapalinamé, Coahuila de 1974 à 1996, en appliquant deux variables: 1) la quantification du remplacement d'un usage par l'autre, et 2) l'analyse de l'intensité de changement de différents périodes d'années en utilisant un indice de diversité d'usage du sol. Il y a une forte perte et transformation des habitats comme un résultat du changement de l'usage du sol. Le changement des pâturages à l'agriculture et des incendies naturels ou anthropogéniques sont des changements et pressions à cause de l'usage dans le paysage régional qui l'ont modelé à travers du temps.

Mots clefs:
usage du sol
paysage régional
Coahuila

Introducción

A nivel mundial y particularmente en México, son escasos o no sistemáticos los programas de evaluación o de seguimiento de las diferentes políticas públicas implementadas para la conservación de la biodiversidad, en sus tres diferentes niveles de expresión: diversidad genética, de especies y de hábitats o ecosistemas. A pesar de ello, es reconocido en el ámbito internacional, que la diversidad biológica juega un papel muy importante además de prioritario, en el contexto de desarrollo y producción sustentable como un índice o parámetro de la función de los ecosistemas y regionales (Díaz y Martín, 1991). El reto entonces, es adquirir e integrar la información sobre la conservación de recursos naturales de una forma tal que, brinde un apoyo a los manejadores y planificadores de los esquemas de desarrollo, con el propósito de diseñar y desarrollar los mejores programas y estrategias de manejo. Particularmente, dentro de las áreas naturales protegidas (ANP) se puede valorar el beneficio de los bienes y servicios que brindan los recursos naturales locales, los cuales son mayores que si el suelo se convirtiera a otros usos que en la mayoría son destructivos (Gómez, 1992). En este sentido, la concepción de las ANP, como un sistema complejo y dinámico en diferentes niveles, es el primer paso para incrementar el conocimiento de la biodiversidad no sólo como un componente, si no también como un sistema que responde de diferentes maneras al estrés y presión por el uso de los recursos. Las áreas protegidas y en especial las áreas de amortiguamiento cumplen con lo necesario para un acercamiento y consideración del ecosistema desde un punto de vista integral de uso y no uso.

La conservación y protección de la biodiversidad actual de las áreas naturales protegidas en México requiere de conocimiento acerca de cómo la naturaleza esta trabajando, cómo la biodiversidad existe y cómo se mantiene a través del tiempo. En términos de paisaje, el territorio total natural y el ocupado por los asentamientos humanos pueden ser comprendidos completamente sólo por un acercamiento o estudio transdisciplinario en la medida que la diversidad biológica está fuertemente relacionada a la diversidad cultural (Zonneveld and Forman, 1990). En este sentido, la ecología del paisaje, como la base científica para el estudio del manejo y conservación de la biodiversidad (Noss, 1983), es considerada como una parte integral del amplio concepto de heterogenei-

dad de paisajes. Sin embargo, en la mayoría de los estudios sobre heterogeneidad de paisajes, únicamente se abordan el aspecto biológico sin tomar en cuenta la ecología humana, los aspectos culturales y los perceptivos. Sus métodos son basados, en su mayoría, en sofisticados modelos matemáticos y en tecnología de vanguardia. A pesar de ello, el uso y valor práctico de estos métodos continua siendo el de guías para la conservación de la diversidad biológica de paisajes y como herramienta en el proceso de toma de decisiones de planeación de uso del suelo y manejo. Al convertirse la biodiversidad como un tema central de la ecología de paisaje, se debe considerar que los sistemas naturales y culturales contienen mucho más que parámetros tangibles, medibles y cuantificables para evaluar las dimensiones de espacio y tiempo (Turner, 1990; Meganck, 1995). Estos representan un orden más alto de complejidad, en jerarquía ecológica, que los ecosistemas naturales.

La mayoría de los ecólogos del paisaje usan el "ecotopo" como la subunidad más pequeña para evaluar los cambios en el uso del suelo (Agger and Brandt, 1988). El ecotopo es el sitio tangible o la expresión espacial del ecosistema, sus fronteras son definidas pragmáticamente de acuerdo a los requerimientos de cada estudio. Más o menos similares ecotopos con características recurrentes se pueden ir agregando a tipos de ecotopos y de esta forma, pueden ser mapeados juntos como una unidad de paisaje regional de diferentes escalas espaciales. Para efectos de estudio de cambios de uso del suelo, la diversidad de los tipos de ecotopos puede ser tratada en una forma similar a la diversidad de especies en los ecosistemas (Zonneveld and Forman, 1990). Actualmente, a nivel general las mayores transformaciones de los paisajes en las áreas naturales protegidas son: deforestación, suburbanización, corredores de construcción, desertificación, intensificación de la agricultura, y reforestación. Cada patrón espacial de cambio es efectivamente una secuencia de mosaico que a su vez consiste en una serie de patrones espaciales sobre el tiempo que dan por resultado una específica heterogeneidad de paisajes; un tipo de tierra única y un nuevo tipo de tierra (Forman and Gordon, 1986). Sin embargo, las conversiones o cambios causadas por los humanos, pastizales, sabanas y otras áreas a condiciones parecidas a los desiertos, enfatizan los patrones de disturbios de la cobertura vegetal y la productividad (Cambell, 1983, Dale et al., 1986). Particularmente, existen diferentes procesos espaciales que transforman los paisajes y el

suelo: 1) La *perforación*, el proceso de hacer orificios en un hábitat o un tipo de uso de suelo, 2) La *disecación*, cortar o subdividir un área usando líneas equidistantes (i.e. una red de caminos), 3) La *fragmentación*, el rompimiento de un hábitat o tipo de suelo en parcelas más pequeñas, 4) El *encogimiento*, la disminución en tamaño de un área, tal como un parche, 5) La *extirpación*, desaparición de objetos como un parche y corredores. Cada uno de estos cinco procesos espaciales comunes tiene atributos distintivos, así como un efecto importante en un rango de características ecológicas, desde biodiversidad hasta erosión y características físico-químicas del agua. Los primeros tres, perforación, disección y fragmentación pueden afectar cualquiera, sea un área completa o un parche dentro del paisaje, los últimos dos, encogimiento y extirpación aplican más apropiadamente a un parche individual o un corredor (Godron and Forman, 1983; Forman, 1995). Este trabajo reporta el cambio de uso de suelo y las transformaciones del paisaje regional en la Sierra Zapalinamé, la cual está localizada al sur del Estado de Coahuila. Esta área es muy importante debido a que es la principal fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Saltillo. Sin embargo, dado el acelerado crecimiento de la población, enfrenta una gran presión en todos sus recursos naturales y el territorio. Esta región, en donde el Gobierno Estatal decreto 26,000 ha de montaña como Zona Sujeta a Conservación Ecológica en 1996, representa un ejemplo, donde se muestran los efectos de las contradictorias políticas de desarrollo regional de nuestro país. En las que, por un lado, el gobierno ha apoyado significativamente el desarrollo industrial y por el otro, el retroceso paulatino de las áreas rurales. Estos contrastes causan cambios de uso de suelo como son la cosecha de agua o las actividades productivas locales de las que dependen las comunidades rurales. Este estudio utiliza el nivel de hábitats o ecosistemas para evaluar los cambios de uso del suelo y discutir las consecuencias a nivel del paisaje regional.

Metodología

Se estableció el siguiente procedimiento metodológico: el primer análisis se refiere a la revisión histórica de los procesos o sucesos que provocaron cambios en la estructura y distribución de ecosistemas para el año de 1970 como punto de referencia, de esta forma se explicarían algunas de las condiciones actuales de

los ecosistemas. Posteriormente, se estudió el vínculo entre los cambios más elocuentes y las tendencias actuales y su relación con procesos de desarrollo local. Para la determinación de la ocupación actual en cuanto a los usos y cubierta vegetal del área (Villareal y Valdés, 1998), se armó un mosaico de fotografías aéreas de Saltillo-Ramos Arizpe tomadas en junio de 1991 para definir y delimitar el área de estudio. El análisis de cambios en uso de suelo se realizó mediante una comparación de mapas elaborados con información del medio físico, en 2 tiempos diferentes, 1974 y 1994. Se establecieron categorías de interpretación de acuerdo a cambios de uso de suelo, índices de biodiversidad y niveles de disturbios, los cuales son: vegetación natural, uso urbano, agricultura, erosión, incendios, aprovechamiento forestal, minería y recuperación. Se tuvieron dos fuentes de información para la vegetación. La primera (Marroquín y Arce, 1980), describe, no cartografiada ni de manera georeferenciada, los diferentes tipos de vegetación con nomenclatura y clasificación local para una parte del área, por otro lado, la carta de uso de CETENAL (1977), que presenta información cartografiada, muy detallada a nivel de dominancia de comunidades y clasificación y nomenclatura diferente a la propuesta por otros autores. La información de 1974 se obtuvo de las cartas temáticas de CETENAL (1977) escala 1:50 000 obteniendo así los mapas base del área.

Se utilizaron para la ubicación de los cambios de uso de suelo detectados en los diferentes eventos analizados, las fotografías aéreas de 1974 escala 1:25 000 las cuales fueron la base de comparación con los pares estereoscópicos de los diferentes eventos, una vez identificado el cambio se procedió a la ubicación en mapa, sobreponiéndole al par estereoscópico de 1974 el mapa topográfico elaborado en soporte transparente. Estas fueron georeferenciadas e incorporadas al sistema de información geográfica para su manipulación y medición. La información de 1996 se obtuvo mediante la corroboración de la interpretación que se realizó mediante recorridos de campo entre los meses de agosto y septiembre de 1996 (Portes, 1996). Con la ayuda de un geoposicionador se ubicaron y georeferenciaron los sitios con cambios en su uso y cobertura detectados en el análisis anterior (1974 vs 1994). También se evaluaron áreas donde se habían producido cambios recientes, como los incendios reportados por la SEMARNAP en el período 1993-1996 (incendios, desmontes, fraccionamientos, etc.), además, se utilizaron como pun-

tos de verificación los puntos de verificación de campo de la cartografía de CETENAL. A partir de una imagen compuesta LANSAT TM de 1998, utilizando las bandas 7,4,3; se identificaron y midieron los incendios de 1998. Para 1999 y 2000, se utilizó la información de las solicitudes y autorizaciones de cambios de utilización de terrenos forestales de la Delegación de la SEMARNAP en Coahuila. Estos resultados sólo se han agregado a lo analizado por fotointerpretación en los eventos anteriores. Posteriormente se hizo una evaluación cuantitativa de los cambios habidos hasta 1996, esta evaluación cuantitativa se hizo bajo 2 variables. Cuantificación de la sustitución de un uso por otro y la intensidad del cambio de cada periodo de años utilizando un índice de diversidad de uso del suelo basado en el índice de Shannon y Weaver (1962).

$$h = -\sum P_k \log P_k$$

Donde

h= diversidad para cada evento (año)

Pk= Proporción de uso de suelo

Log 2= logaritmo base dos

$$E = h/H_{max}$$

Donde

E= índice de dominancia

h= valor de diversidad obtenido

Hmax= valor de diversidad máximo esperado

Hmax= log 2 de N

N= número de usos en el paisaje

Se determinaron las relaciones de dichas sustituciones con atributos del medio, como la posición topográfica, los tipos de suelo o el sustrato geológico, esto permitió una mejor discusión y valoración de los diferentes cambios en términos de conservación de los recursos. A partir de lo anterior se hizo una serie de discusiones en cuanto a las implicaciones ecológicas y riesgos naturales como erosión, escurrimientos,

infiltración, recarga de mantos acuíferos y en la biodiversidad (Portes y Zárate, 1997). Por último, a la generación de los mapas se agregaron los cambios detectados durante el período de 1994-1998 de la imagen de satélite, obteniéndose así las categorías de vegetación y su distribución espacial actualizada. En forma paralela, se determinaron las causas de los cambios detectados mediante revisión bibliográfica, y entrevistas con pobladores y dependencias, estableciéndose 2 categorías de las causas: provocados y naturales. Los resultados finales de los cambios fueron relacionados con datos poblacionales para una mejor discusión y explicación de los cambios.

Cambios en el uso de suelo 1976-2000

Como resultado del primer análisis se detectaron 62 cambios (polígonos) en el área de estudio, además se contó con información de la SEMARNAP para la ubicación de incendios que se habían producido en fechas posteriores al análisis con fotografías aéreas en el período 1994-1996 y también algunos de 1993 no perceptibles por su extensión, ya que fueron menores a 2 ha las superficies afectadas por dichos cambios. Según lo descrito en el cuadro 1, la superficie total de cambio detectado es de 10,750.0 Ha que representan el 24.06 % del total de la superficie. Sin embargo, sólo se contemplan cambios de pérdidas en la vegetación natural por 10,272.5 ha, ya que 477.5 Ha eran áreas agrícolas. De las 10,272.5 ha sólo se produjeron cambios de uso en 9,352.9 ha de vegetación natural dado que 920 ha corresponden a zonas en recuperación o plantación (cuadro 1).

CUADRO 1. SUPERFICIES DE CAMBIO NETO EN LA SIERRA ZAPALINAMÉ

USO Y COBERTURA	CAT/VEG	TOTAL cambios detectados	TOTAL pérdidas por categoría VEG	Cambios detectados por recuperación	Cambio categoría por recuperación	Pérdida	% superficie cambiante	% de la categoría
Agricultura	AGR	477.5	477.5			-477.5	4.85	11.2
Pastizal inducido	PIN	5	5 562	12.5		-5 562	56.58	69.92
Pastizal natural	PNAT	754.5	945.4	30		-945.4	9.62	31.4
Pastizal natural - bosque	PNAT-BP	975.4	80			-80	0.81	13.17
Pino	MAT-MICRO	80	520			-520	5.29	20.1
Matorral microfillo	MAT-ROS	520	137.7	547.5	-547.5	-137.5	1.398	3.64
Matorral roseto fillo	MAT-5M	685	0			0	0	0
Matorral surmontano	MAT	0	613	60	-60	-613	6.24	8.35
Matorral	IZO	673	0			0	0	0
Izotal	MAT-BP	0	787.5	60	607.5	-	8.01	22.17
Matorral bosque pino	MAT-JU	847.5	582.5	210		787.5	5.93	6.33
Matorral Juniperus	MAT-BOAP	792.5	0			-582.5	0	0
Matorral Boap	BQ-JU	0	7.5			0	0.08	0.51
Bosque - Juniperus	BQ-Q	7.5	72.5			-7.5	0.73	0.37
Bosque - Encino	BQ-BP	72.5	42			-72.5	0.46	2.74
Bosque - Pino	BQ-BOAP	42	0			-45	0	0
Bosque - Boap	total/evento	0	10	920	607.5	0	99.99	
Total		10 750	272.5			9 352.9	8	

Estas superficies representan una proporción del total del área de las categorías de vegetación afectadas positiva o negativamente. En estos términos se adicionan o sustraen a las superficies de 1977 obteniéndose así los datos de uso y cobertura de suelo para 1994 y extrapolando para 2000 únicamente con los incendios del período de 1993-1994 y 1998.

En 1994, los porcentajes de ocupación cambiaron a: vegetación natural 67.7%, urbano 15.54%, agrícola 12.48%, minero 1.22%. Lo anterior se utilizó para la elaboración de la matriz de comparación de los cambios encontrados (cuadro 2).

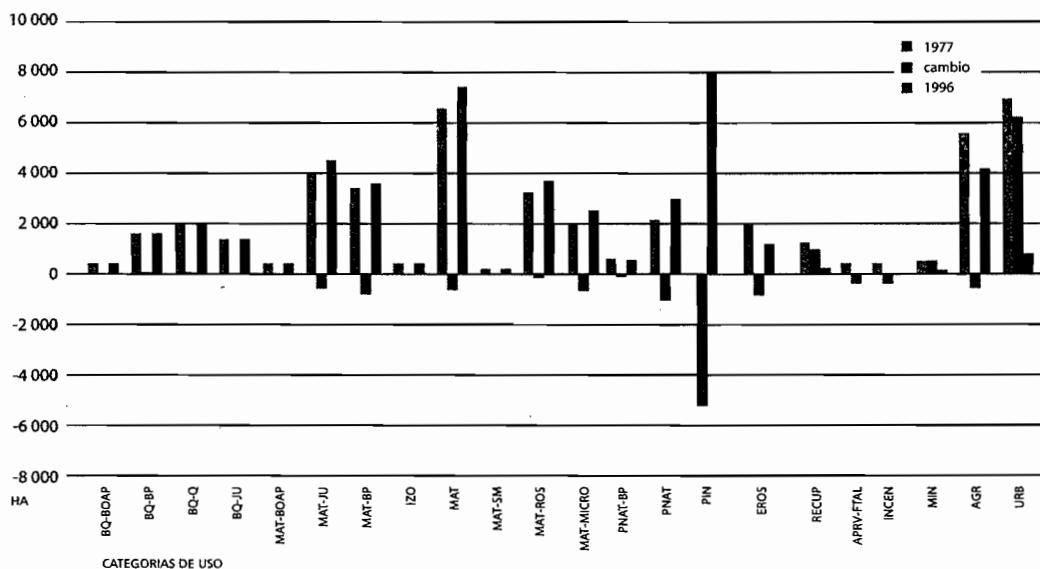
CUADRO 2. RESULTADOS DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD

Año del evento	Número de usos	Índice de necesidad alcanzada (H)	Diversidad máxima teórica (H)	Equitatividad local (E) H/H	Índice de dominancia comparada 1-E
1974	20	3.09	4.4321	0.7150	0.2847
1994	22	2.68	4.4594	0.6009	0.3990

Esta matriz permitió conocer el grado de intensidad de los cambios en términos de superficie afectada de un evento a otro, al obtener sus índices de diversidad (Shannon and Weaver, 1962; Turner and

Ruscher, 1988; Turner, 1990) y de dominancia (Zárate, 1995), de los cuales se obtuvo el balance comparativo de biodiversidad y dominancia de usos de suelo (figura 1)

FIGURA 1. BALANCE COMPARATIVO DE DIVERSIDAD Y DOMINANCIA DE USOS DE SUELO SIERRA ZAPALINAMÉ (1974-1996).



Con base en estos resultados, se puede inferir que para 1977 se obtiene una mayor diversidad de usos y ocupación con respecto a 1994. Por otro lado, se obtuvo una tendencia a 1 mayor en 1994, lo que significa que uno o pocos usos de suelo son dominantes o están más representados.

Urbanización

La mancha urbana tuvo un incremento del 822.45 % con respecto a lo que había en 1974, las áreas de mayor impacto son la norte y noroeste de la sierra en su exposición norte y noroeste, dado por el crecimiento de la Ciudad de Saltillo. El desarrollo de caminos, que en 1980 se utilizó para la apertura de pozos en dicha exposición de la sierra, delimita hoy el crecimiento urbano, aunque en algunos lados, ha sido sobrepasado por desmontes para continuar construyendo fraccionamientos populares, principalmente. De esta forma, los pocos recursos naturales que se encuentran ahí presentan un franco peligro de desaparición o alto potencial de impacto. Las áreas donde se da el crecimiento de la mancha urbana son de recarga básica de mantos acuíferos dada su posición topográfica, con lo que al ser fraccionada y pavimentada se pierde un área de recarga básica, muy importante por su extensión. Además, el crecimiento de la mancha urbana es el responsable de la pérdida del 74.40 % de matorral de rosáceas con pastizales inducidos, hábitat importante para especies de fauna silvestre como codornices, palomas y pequeños mamíferos. Así también, con el crecimiento de la mancha urbana se han perdido 477.5 ha de tierras agrícolas.

El uso urbano se expande sin consideraciones de tipo de suelo o cubierta vegetal, las áreas potenciales de expansión son por abajo de la cota de 1,800, desde las áreas aledañas a la zona militar sobre la carretera Saltillo-Zacatecas en la exposición noroeste, hasta Bella Unión sobre la autopista Saltillo-México en la exposición noreste. Para ello, la principal limitante es la pendiente, ya que a partir de esa cota termina el pie de monte y la topografía cambia abruptamente a ladera. Esta expansión es un tanto irreversible por la gran cantidad de desmontes y desarrollo de caminos en toda esa área. Para el año 2000, esta expansión había sido la principal característica de transformación del paisaje regional. Para 2001, se ha presentado una

propuesta de desarrollo de un libramiento carretero que se ubica precisamente en esa porción de la sierra, invadiendo además terrenos del área natural protegida de Sierra Zapalinamé y afectando áreas consideradas de recarga básica. Si bien el proyecto original se trata de una vía de libramiento que no plantea tener semáforos, el hecho de no construirse aún el libramiento en el límite actual del plano rector urbano implica la posibilidad de que se tenga entonces un desarrollo urbano hacia esa zona dado que se le agregarían las líneas de salida para el tránsito de la zona urbana más sureña de Saltillo. Sin embargo, también se considera probable el que se respete la idea original de este proyecto (libramiento) ya que aún el gobierno municipal no presenta ante la Federación los documentos de modificación del plano rector urbano actual.

A consecuencia de la expansión urbana se ha incrementó el desarrollo de caminos, jugando un papel importante por ser un proceso consecutivo de camino - áreas habitacionales - transformación del paisaje. Las implicaciones de esa apertura de caminos consiste en el fraccionamiento del hábitat para fauna silvestre terrestre. El desarrollo de fraccionamientos campestres, principalmente, ha afectado las áreas con vegetación de bosque, de bosque de encino, de bosque de juníperos y de matorral con bosque de pino. Además, por el tipo de suelo y las pendientes donde se desarrollan estos fraccionamientos, los riesgos de erosión aumentan considerablemente y su presencia limita y disturba el hábitat de la fauna silvestre por las actividades humanas que se desarrollan. Por su ubicación en áreas aledañas o cercanas a pequeños centros de población, la erosión reduce la presencia de bosques.

Agricultura

Podemos decir que la agricultura ocupó en 1974 el 9.54% de la superficie total; si bien con la expansión de la mancha urbana se perdió el 11.20 % (477.5 ha) de tierras agrícolas correspondientes a pequeñas granjas y huertos, también para 1994 se incrementaron en un 41.54% ocupando actualmente el 12.48% de la superficie total actual con 5,552.5 ha. Las áreas más afectadas corresponden a pastizales inducidos con matorrales de rosáceas y chaparrales, pastizales naturales, pastizal natural con bosque,

estos por lo general son destinados a huertas de manzano. De acuerdo a estos datos la actividad agrícola es la responsable en un 69.54 % de la pérdida del pastizal natural, y del 62.5 % de pastizal natural con bosque, 33.33 % de bosque de pino, 15.45% de matorral de juníperos, 22.28 % de matorral, 12.60% de pastizal inducido con matorral y 7.81% de matorral micrófilo. Las tendencias de expansión de cultivos no frutales es hacia la ocupación de pastizales naturales y matorrales que se encuentran en las áreas de valles, laderas bajas y pies de monte. La transformación de éstas áreas representa un incremento en la erodabilidad de los suelos por la pérdida de cubierta vegetal y la roturación de los suelos. Las modificaciones en el hábitat de la fauna silvestre representan ventajas para algunas aves principalmente las corredoras (codornices) y pequeños mamíferos de matorrales y, en forma opuesta, representa una desventaja para animales que requieren de mayor cobertura como son los venados, pumas y osos, quienes también entran en conflicto con las huertas de manzano que se han establecido en las áreas de bosque.

Dados los procesos de parcelación a partir del PROCEDA, se han presentado ante la autoridad Federal (SEMARNAP) diferentes solicitudes de ampliación y conversión de zonas de agostadero en agricultura, dichas solicitudes aún no han sido autorizadas, sin embargo son mínimas comparadas con las que cotidianamente son abiertas al cultivo como ampliación "hormiga" o recuperación de las ya existentes. Al hacer la comparación de las nuevas áreas agrícolas con la carta de uso potencial de suelo, se encontró que al menos las áreas del sureste de la Sierra de Zapalinamé no tienen potencial agrícola, ya que se presentan en la categoría 7, correspondiente a fauna silvestre y uso moderado forestal y pecuario, determinándose problemas de erosión, escasez de agua y pendientes elevadas.

Minería

En 1974, la minería ocupó una superficie de 50 ha, en ese tiempo sólo existía una pedrera en uso, al norte del área y otra en el Cañón de San Lorenzo pero con uso limitado en su exposición norte y noroeste respectivamente (Mengack y Carrera, 1981); actualmente existen 4 pedreras importantes, todas ellas ubicadas en la parte norte y noroeste del

área ocupando un total de 490 ha hasta 1996, las cuales representan el 1.22 % del total del área. La vegetación que más han sustituido son pastizal inducido con matorral rosetófilo y de rosáceas, pastizal natural, matorral desértico rosetófilo y matorral micrófilo. Pero los efectos de la minería no se limitan a la extracción directa del material pétreo y la destrucción inminente de la vegetación muy valiosa, principalmente las cactáceas que existen en el área, sino también, por las consecuencias que conlleva esta actividad, destacan: la apertura y desarrollo de caminos para el transporte del material, la dispersión de partículas de polvo que cubren la vegetación y suelo a lo largo de los caminos, llegando a cubrir un rango de hasta un kilómetro a partir del camino. Este fenómeno de dispersión de partículas es muy notorio por las mañanas frías, al observar una estela de polvos suspendidos en la parte sur y sureste de la ciudad de Saltillo. Los problemas de salud que esto implica, tanto para los residentes de las áreas cercanas a las pedreras y los ruidos provocados por el uso de dinamita, pueden ser factores importantes de clausura de estas minas. Lejos de esa posibilidad, aún cuando el programa de manejo prohíbe esta actividad, las condiciones actuales de desarrollo y urbanización hacen posible que sean consideradas como necesarias para el suministro de material para la construcción de vivienda, la cual se encuentra con un alto déficit, y para los trabajos de desarrollo de infraestructura carretera.

El principal patrón de dispersión de la minería, son los bancos de material accesibles, los cuales están principalmente en los lechos de arroyos de donde extraen material del mismo piso del lecho o de sus paredes, con ello desaparece la vegetación de ribera y ribereña. Además, el material que persiguen es abundante en las laderas de la sierra, por lo que la minería se convierte en un uso con alto potencial de expansión y por consiguiente de deterioro y transformación del paisaje regional.

Incendios

Los incendios resultaron un tanto difíciles de detectar debido principalmente a la superficie que ocuparon, la mayoría menores a 5 ha. a excepción de 2, ocurridos en 1994 y 1996, mayores a 100 ha cada uno y los de 1998 que fueron de más de 1,500 ha. Las áreas que afectaron corresponden a bosque con

matorral, pastizal natural, matorral, bosque de pino, bosque de juníperos y de pastizal inducido, principalmente con rosáceas. Aún cuando es el sentir común que los incendios son los principales responsables de la destrucción de áreas silvestres o de modificación del paisaje en el área (Marroquín y Arce, 1980), su presencia en los últimos 20 años ha sido relativamente esporádica, dándose un incremento en los últimos 5 años. De 1974 a 1993 sólo se detectaron por fotografías 4 áreas de incendios, sin embargo, resulta preocupante la ocurrencia de 10 incendios a partir de 1993 a 1996 los cuales suman 296.9 ha, la ubicación de la mayoría de ellos se concentra en la exposición norte justo en las áreas contiguas a la expansión de la mancha urbana.

Para el período 1998-2000 la ocurrencia de dos incendios de grandes magnitudes (1,500 ha) ha sido parteaguas en la toma de conciencia de la gente. Durante el año de 2000 y lo que va del 2001, prácticamente los incendios de la región fueron provocados por descargas eléctricas no siendo éstos de mayores consecuencias ya que afectaron menos de una ha en promedio.

Aprovechamiento forestal

Los cambios detectados en cuanto a aprovechamientos forestales, corresponden a pequeñas áreas con árboles identificables en las fotografías que no se presentaban en el siguiente evento de comparación; además se cotejaron en campo encontrándose tocones de árboles, también se detectó en áreas que coincidentemente habían sufrido algún disturbio como incendios, en los alrededores de los poblados de Cuauhtémoc y Sierra Hermosa, principalmente. Asimismo, durante 1991 y 1994 se detectó un aprovechamiento de arbolado adulto cerca del Picacho de los Gavilanes de aproximadamente 12.5 ha.

En general, las principales categorías de vegetación afectadas corresponden al matorral, bosque con matorral, bosque de pino, pastizal natural con bosque de pino y al pastizal inducido con matorral. En 1974, se detectó una marca de efecto radial en Sierra Hermosa, atribuible a aprovechamiento de leña o sobre pastoreo en ese mismo lugar. En 1994, no se nota el mismo efecto en las fotos aéreas, sin embargo, para 1996 se encuentra ya erosionada el área.

Es muy probable que este tipo de uso en el presente trabajo sea subestimado ya que el aprovechamiento "hormiga" y el nivel de detalle con que se evaluó, no permite una evaluación más precisa. Estos aprovechamientos repercuten básicamente en la capacidad de regeneración en las áreas alteradas como incendios pasados y en la expansión del matorral. (Marroquín y Arce, 1980). Sin embargo, el factor más importante que impide la regeneración sigue siendo el pastoreo desordenado y sin apego a técnicas de manejo. Los aprovechamientos forestales se han dado en áreas que han sido perturbadas con anterioridad ya sea por incendios y en algunos lugares cercanos a las comunidades para madera y leña.

Erosión

En 1974, se contabilizaron 1,247.5 ha de áreas erosionadas, la mayoría de ellas han sido utilizadas para agricultura o por la urbanización, sin embargo, se han detectado y corroborado en campo la existencia de áreas que presentan alto grado de erosión, de las cuales se corroboraron un total de 740 ha. que afectan al matorral con bosque, matorral de juníperos, matorral, pastizal inducido, pastizal natural con bosque, bosque, bosque de juníperos y agricultura. Estas áreas se distribuyen cerca de los poblados al norte del área, la erosión se presenta en casi todas las categorías de vegetación, acentuándose en las áreas cercanas a los poblados y caminos, además se presenta también en los pastizales naturales de la exposición sur, considerándose de alto impacto en ellos.

La distribución de la erosión es más amplia y su efecto es mayor cuando existe un cambio de uso que se caracteriza por desmontes o disminuye la cubierta vegetal en áreas con pendientes altas. Sin embargo, la erosión incipiente es uno de los factores de deterioro más difícil de detectar en las fotografías, por lo que es necesario una evaluación más detallada de esta condición de deterioro en el área.

Recuperación

Las principales áreas de recuperación corresponden a las áreas de la reforestación en los terrenos de la

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) siendo de aproximadamente 2,000 ha. Los cuales corresponden a matorral rosetófilo, matorral de juníperos, bosque con matorral, matorral, pastizal natural y pastizal inducido. Las áreas de recuperación se presentaron en muy pocos espacios donde se habían presentado disturbios, cabe destacar que mientras se han presentado deterioros que ocupan un territorio de 2,096.4 ha, sólo han reforestado 607.5 ha en áreas donde no se han presentado daños. Esto indica que son necesarios mayores esfuerzos de plantaciones con fines de recuperación y de trabajo específicos para aminorar las pérdidas por erosión y otros eventos. Durante el año 2000, se tuvo una infestación de plagas en la zona de reforestación de la UAAAN, la cual provocó la muerte de miles de árboles, por lo que las necesidades y esfuerzos de reforestación requeridos deben intensificarse.

Tendencias de las sustituciones y afectaciones a la vegetación natural

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que los diferentes grupos de asociaciones de vegetación han sufrido varias modificaciones tanto en su superficie como en su distribución. Es quizá ésta la situación más importante para el futuro del área, por lo que se puede proponer la priorización o

zonificación del área en cuanto a potencialidad de sustitución por algún uso o condición, siendo esto indispensable para los programas de su conservación.

Con base a los resultados se pueden proponer las siguientes categorías de zonificación a partir de la proporción de la superficie ocupada actualmente con respecto a la superficie total y su tendencia a ser sustituido por el uso de suelo, de donde se incluyen los siguientes valores:

1. Tendientes a desaparecer. Es la proporción de ocupación actual con respecto a la superficie total es menor a 0.006 y la proporción del cambio con respecto a la superficie anterior de ocupación de la misma categoría es mayor a 0.20
2. Alto riesgo. Categorías de vegetación que aún cuando representan una proporción de ocupación actual menor a 0.006, la proporción de cambio con respecto a la superficie anterior de ocupación de la misma categoría ha sido nula.
3. Expansión o colonizante. Categorías de vegetación tendientes a expandirse o que presentan proporciones de ocupación actual con respecto a la superficie total, mayores a 0.006 y proporciones de cambio con respecto a la superficie anterior de ocupación de la misma categoría menores a 0.20 (cuadro 3).

49

CUADRO 3. TENDENCIAS DE SUSTITUCIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE VEGETACIÓN

Categoría de vegetación	% de ocupación 1974	% de cambio	% de ocupación 1996	Categoría
Matorral Submontano	0.2	0	0.2	2
Matorral micrófilo	1.4	78.3	0.3	1
Pastizal natural- Bosque pino	0.79	24.0	0.6	1
Matorral de Boap	0.75	0.0	0.7	2
Izotal	0.76	0.0	0.7	2
Bosque Boap	0.79	0	0.7	2
Bosque junípero	3.5	0.06	3.4	2
Bosque de pino	3.9	0.4	3.8	2
Bosque de encinos	4.8	0.0	4.8	2
Pastizal Natural	7.2	31.4	4.9	1
Pastizal inducido-matorral	19.2	69.4	5.8	1
Matorral rosetófilo	7.6	21.5	6.0	2
Matorral-Bosque pino	8.2	22.9	6.3	2
Matorral de juníperos	9.9	1.8	10.6	3
Matorral	17.6	9.1	16.0	3

Conclusiones

De acuerdo a los datos y análisis de los cambios de uso de suelo presentados, resulta un tanto difícil imaginar la conservación de los recursos naturales de la Sierra Zapalinamé ya que las áreas agrícolas y bosques se van convirtiendo en fraccionamientos, y los pastizales naturales en áreas agrícolas. Al ir decreciendo la población rural también decrecen las actividades agrícolas y pecuarias, por lo que los terrenos destinados para ello son más susceptibles de pasar a otro tipo de uso como urbano o minería.

50

El paso a uso urbano-industrial decrementó la calidad de los recursos a tal grado que la vegetación natural ha venido desapareciendo, se extrae mayor cantidad de agua que no es compensada por las precipitaciones y las partes altas de la Sierra tienden a sufrir los estragos de la falta del recurso, lo cual se traduce en síntesis en un proceso de desertificación.

A pesar del uso tradicional de la fauna silvestre, como la captura de aves canoras y cacería de algunas especies, la más peligrosa causa en contra de la fauna silvestre fue y continúa siendo la fuerte pérdida y transformación de hábitats como el resultado de los cambios de uso de suelo. El cambio de pasti-

zales a agricultura y los incendios naturales o antropogénicos son cambios y presiones por uso en el paisaje regional que lo han ido modelando a través del tiempo.

Por la forma como se desarrollan las actividades así como su distribución espacial, y como lo muestran los resultados de los índices de diversidad, la Sierra de Zapalinamé tiende a una homogenización de vegetación de matorral. La pérdida de la diversidad contenida en los hábitats con matorrales de rosáceas y bosques es lo más importante de prever así como la fragmentación de los hábitats de bosque y pastizales resulta alarmante.

Finalmente, es importante destacar que aunque el gobierno estatal decretó 26,000 ha de zona de montaña de la Sierra Zapalinamé como "Zona Sujeta a Conservación Ecológica" en 1996, una de las categorías de las áreas naturales protegidas con jurisdicción estatal, y a pesar del discurso oficial de que el mercado financiaría la protección al ambiente, esta área no ha contado con el financiamiento para la operación e implementación del programa de manejo. Su futuro es y será parte del paisaje regional modificado por los cambios en uso del suelo y será responsabilidad de los diferentes actores locales.

Referencias

- AGGER, P. AND BRANDT, J. 1988. Dynamics of small biotopes in Danish agricultural landscapes. *Landscapes Ecology* 1:227-40.
- CAMBELL, J. G. 1983. *The Use of Landsat MSS data for ecological mapping applications*. Remote Sensing Society, London.
- CENTRO DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL CETENAL, 1977 Cartas temáticas, Topografía, Edafológica, Uso de Suelo, Uso Potencial, G14C33 y G14C34. CETENAL. México
- DALE, V., HEMSTROM, M. AND FRANKLIN, J. 1986. Modelling the long -term effects of disturbances on forest succession, Olympic Peninsula, Washington. *Canadian Journal of Forest Research* 16: 56-67
- DÍAZ F. Y MARTÍN DE AGAR P. 1991. Planificación integrada del medio rural: Estudio piloto en el norte de Córdoba (Argentina). *Memorias del 2º Congreso Internacional de Ordenamiento del Territorio*, España.
- FORMAN T. AND GODRON, M. 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons. New York .
- FORMAN T. 1995. *Land Mosaics: The ecology of landscape and regions*. Cambridge University Press. Cambridge.
- GODRON, M. AND FORMAN, T. 1983. *Landscapes modification and changing ecological characteristics*. In H. A. Mooney y M. Godron (eds.) *Disturbance and Ecosystems: Components and Response*. Springer-Verlag. New York.
- GÓMEZ D. 1992. *Planificación Rural*. Editorial Agrícola Española S.P. Ministerio de Agricultura , Pesca y Alimentación. España.
- MARROQUÍN, S. Y ARCE. G. 1980. Las Unidades Fisónomico- Florísticas del Cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila, México. *Biótica* 10:369-393.
- MEGANCK, R. Y CARRERA L. 1981. *Plan de Manejo para el Uso Múltiple del Cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coah.* UAAAN-OEA. México.
- MEGANCK. R. S. 1995. *Conservation of Biodiversity and the New Regional Planning*. International Union Conservation Nature, Washington.
- NOSS, R. 1983. A regional landscape approach to maintain diversity. *BioScience* 33:700-706.
- PORTES, L. 1996. *Análisis de cambios de uso del suelo en la Sierra Zapalinamé, Municipios de Arteaga y Saltillo, Coah.* Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- PORTES L. Y ZÁRATE L. 1997 Uso de los SIG en el Diagnóstico de la Sierra Zapalinamé, *Memorias IX Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal*. UAAAN-SEMARNAP. México.
- SHANNON, C. AND WEAVER, W. 1962. *The mathematical theory of communication*. The University of Illinois Press. Illinois.
- TURNER, G. AND RUSCHER, C. 1988. Change in Landscape Pattern in Georgia, USA. *Landscape Ecology*. 1(4) 241-251.
- TURNER, G. 1990. Spatial and temporal analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology* 4 (1) 21-30.
- VILLARREAL, Q. Y VALDÉS R. 1993. *Vegetación de Coahuila*, SOMMAP 6(1):9-18.
- ZÁRATE, A. 1995. *Cambios en el paisaje, diversidad espacial y valores ambientales: La Sierra Norte de Madrid*, Tesis doctoral Universidad Complutense de Madrid, España.
- ZONNEVELD, I. AND FORMAN, T. (eds.) 1990. *Changing Landscapes: An Ecological Perspectives*. Springer-Verlag. New York.