

Cambio en el uso de suelo en la cuenca del río Sextín

Land use changes in Sextin river watershed

RAMÓN TRUCÍOS-CACIANO^{1,3}, ALDO SAÚL MOJICA-GUERRERO², LUIS MANUEL VALENZUELA-NÚÑEZ¹ Y JOSÉ LUIS GONZÁLEZ-BARRIOS¹

Recibido: Abril 02, 2009

Aceptado: Septiembre 15, 2009

Resumen

El deterioro de los recursos naturales, en la mayoría de los casos ha sido producto de una falta de planeación, que afecta la toma de decisiones relacionadas con el cambio de uso de suelo. Existen modelos que además de estimar la superficie de cambio temporal de la vegetación y el tipo de uso de suelo, definen también si dicho cambio es favorable para la vegetación, como apoyo a la planeación sustentable de los recursos naturales. Este estudio mostró que en el periodo de 1976 a 1993 para la cuenca del río Sextín, ubicado en el estado de Durango, México, el cambio de uso de suelo tuvo un impacto negativo sobre las coberturas de bosque de pino y pastizal natural, disminuyendo para la primera de ellas 4,209 ha (247.67 año⁻¹) y en el segundo caso 2,325 ha (136.8 ha año⁻¹). Se presentó un crecimiento en coberturas como chaparral y bosque bajo abierto con 3,085 y 3,038 ha. El modelo sobre deforestación aplicado, diferencia las prácticas favorables dentro de los cambios de uso de suelo, es decir, realiza el cálculo de cambio de superficies con cobertura arbórea hacia cualquier categoría de cobertura antropogénica, en dicho análisis se determinó una variación de 20,509 ha a favor de la vegetación, expresado como cambios que no provocan alteración en la vegetación como sucesión o regeneración.

Palabras clave: dinámica de cambio, modelo sobre deforestación.

Abstract

Natural resources wear, has been mostly the product of a lack of planning. This affects decision making related to land use change. There are also models that estimate the temporal change of surface vegetation and land use type, also defines if this change is favorable for the vegetation to support the planning of natural resources. This study showed that in the period 1976 to 1994, in the Sextin river area, located in the state of Durango, Mexico, that land use change had a negative impact over pine forest coverage and natural grassland, decreasing 4209 and 2325 ha (rates of 136.8 and 247.67 ha year⁻¹) respectively. On the other hand, presents an increase in chaparral and open forest coverage, with 3085 and 3038 ha. Applied a deforestation model, which difference favorable changes practices in land use change, were identified 20,509 ha of change pro vegetation, as changes that do not cause damage in vegetation as succession or regeneration.

Keywords: land use change, deforestation model.

Introducción

Las prácticas inadecuadas de manejo de recursos naturales relacionadas con las actividades humanas en los diferentes ecosistemas, han ocasionado graves problemas de deterioro del ambiente. Dicho deterioro se manifiesta no sólo en degradación de suelos, erosión, pérdida de vegetación y reducción de hábitat de fauna silvestre, sino también en la magnitud del impacto debido al rápido avance de la frontera agrícola, ganadera y urbana, que pone en serio

¹ Investigador del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua - Suelo - Planta - Atmósfera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento. Ejido Las Huertas. Gómez Palacio, Dgo. C. P. 35140 Tel. (871)1590104, 05 y 07.

² Investigador del Campo Experimental Delicias, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias km. 2 carretera Delicias-Rosales, Col. Centro, Cd. Delicias C.P. 33000, Delicias, Chihuahua.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: trucios.ramon@inifap.gob.mx

peligro el mantenimiento de ecosistemas complejos, es decir, aquellos que son formados por un extenso número, no sólo de especies sino de familias taxonómicas (Koning *et al.*, 1998).

El cambio de uso de suelo en México ha experimentado diferencias sustanciales en periodos cortos de tiempo (1993-2000), el bosque desapareció a una tasa de 0.79 % equivalente a 2,672 km² al año; las selvas 1.58 % y los matorrales 0.48 %. La ganadería es el principal factor de deterioro, con un incremento en la superficie de pastizales en 57,000 km² equivalente a tasa de 4.07 % (SEMARNAT, 2003). Los cambios de estructuras de pastizales a bosques, modifica el acceso del agua a los cauces, al disminuir el abastecimiento de depósitos subterráneos e incrementar las aportaciones en la superficie del terreno (GRUPO TRAGSA y Ministerio del Medio Ambiente, 1998; Viramontes y Decroix, 2001).

Las condiciones climáticas y edafológicas regulan las condiciones hidrológicas y cobertura vegetal de una región, por tal motivo, los cambios de uso de suelo inducidos por el hombre, a través del sobrepastoreo y explotación forestal, están relacionados en la formación de escurrimientos (Trucíos, 2005). Diferentes estudios (Decroix *et al.*, 2004; Viramontes y Decroix, 2001) han mostrado la importancia de la Sierra Madre Occidental como productora de agua (volumen de escurrimiento) con un alto impacto en las cadenas de producción ganadera y forestal. Sin embargo, el estado de degradación debido al sobrepastoreo (capacidad de carga animal mayor al 65 %) y la deforestación (tasas anuales estimadas de 1.07 % equivalentes a 631,000 ha año⁻¹) es grave (SEMARNAT, 2003). El riesgo de desequilibrio del balance hidrológico debido al uso desmesurado del medio, y sus consecuencias a nivel regional y nacional representan un serio problema (40 % menos aporte de agua en 1990 respecto a 1950 en las cuencas de México) (Decroix *et al.*, 2004).

Los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas para manejar información de utilidad en la toma de decisiones sobre el uso de recursos. El uso de SIG's proporcionan un medio para generar, almacenar, analizar y visualizar datos espacialmente distribuidos, lo cual los hace una herramienta idónea para la generación de parámetros de entrada de modelos hidrológicos, por lo que es posible analizar y simular diversos procesos que ayudan a interpretar el origen y dinámica de los espacios naturales (Martínez y Moreno, 2003).

El objetivo principal de este estudio fue analizar la dinámica del cambio de vegetación en la cuenca del río Sextín para el periodo de 1976 a 1993, identificando las prácticas de manejo que causan pérdida de vegetación forestal, aplicando un modelo de deforestación desarrollado por el Instituto de Geografía de la UNAM.

Materiales y métodos

La cuenca del río Sextín se encuentra dentro de la cuenca de la presa Lázaro Cárdenas en el estado de Durango, en la parte alta de la Región Hidrológica No. 36 (Figura 1). El río Sextín tiene su origen en la Sierra Madre Occidental, y su parteaguas principal se encuentra en elevaciones que varían entre los 2,258 msnm y 3,315 msnm. Se ubica entre los paralelos 25° 34' y 26° 30' de latitud norte y los meridianos 104° 57' y 106° 20' de longitud oeste. El área de cuenca, desde su origen hasta la confluencia con el río Ramos, en el vaso de la presa Lázaro Cárdenas, es de 8,246 km² y una longitud de 245 km (SRH, 1970).

El territorio comprendido por la cuenca presenta diversos tipos de clima, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García. En la parte oeste predominan los templados subhúmedos (C(w1) y C(w0)) hasta los semifríos (Cb'(w2)x') en las partes altas, extendiéndose de norte a sur, una franja de climas templados. Al noroeste y sureste se presentan climas semisecos templados (BS1kw) y semiseco semicálido (BS1hw) (CONABIO, 1998).

Figura 1. Localización de la cuenca del río Sextín dentro de la cuenca de la presa Lázaro Cárdenas en el contexto de la República Mexicana.



La información referente a uso de suelo y vegetación se obtuvo de las cartas editadas por INEGI (1987) escala 1:250,000. En ellas se indica la distribución de la vegetación natural o inducida por diferentes actividades humanas; dicha vegetación se clasifica de acuerdo con los tipos fisonómicos, que establecen las características más sobresalientes de la forma, tamaño y ubicación ecológica.

A continuación se muestran los tipos de vegetación presentes en el área de estudio para la Serie I de 1976 y la Serie II de 1993 (Figura 2 y 3 respectivamente):

Figura 2. Distribución del uso de suelo y vegetación Serie I (1976) en la cuenca del río Sextín.

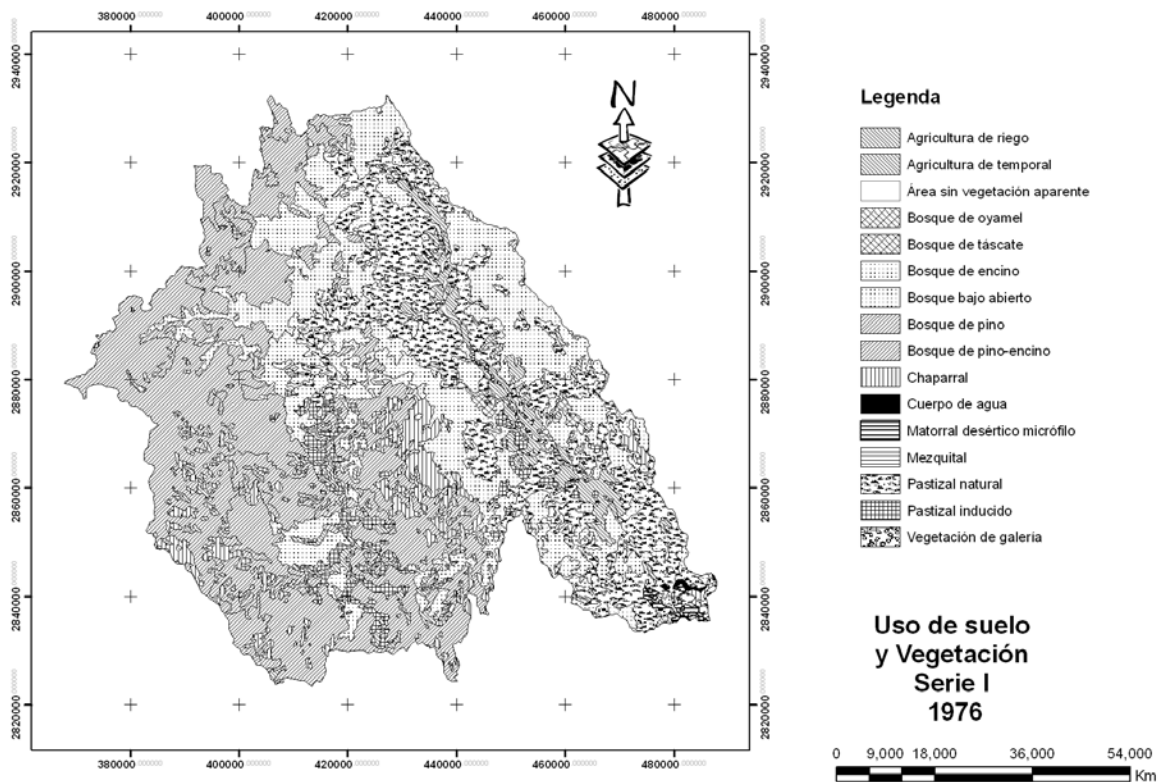
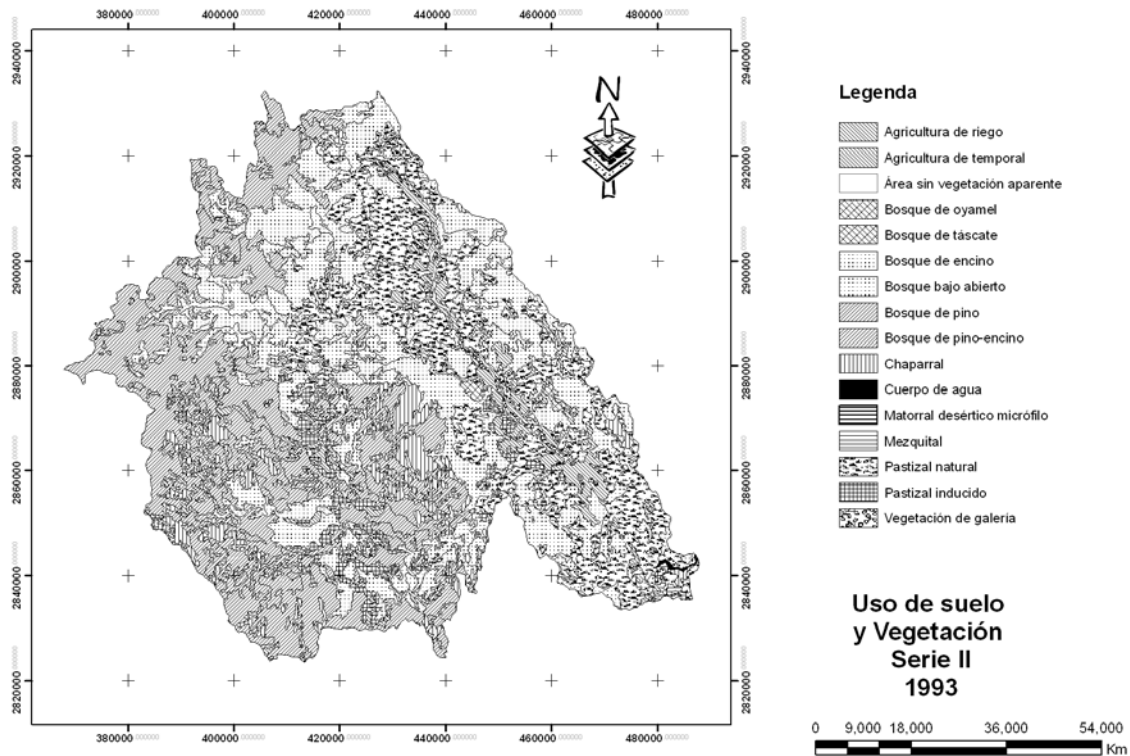


Figura 3. Distribución del uso de suelo y vegetación Serie II (1993) de la cuenca del río Sextín.



Para determinar los cambios de uso del suelo, se compararon las dos series de vegetación con tiempos de separación de 17 años. Para la tasa de cambio de vegetación se utilizó la ecuación generada por FAO (1996) citado por Velásquez *et al.* (2002) y utilizada para cálculos de deforestación que expresa el cambio en porcentaje de superficie para cada año dentro del periodo de estudio.

$$t = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \dots \dots \dots (1)$$

Donde: t = la tasa de cambio (para expresar en % hay que multiplicar por 100); S_1 = superficie en la fecha 1; S_2 = superficie en la fecha 2; n = número de años entre las fechas.

Para calcular y expresar la tasa de cambio de un periodo conforme a su pendiente para el tipo de vegetación se utilizó la siguiente fórmula,

generada por el Instituto de Geografía de la UNAM (c):

$$e = \frac{(S_{x_2} - S_{x_1})}{p_{x_1} \cdot p_{x_2}} \dots \dots \dots (2)$$

Donde: e = estimación de tasa de cambio; S = superficie del tipo de vegetación; p = periodo transcurrido en años; x_1 = fecha 1 (Serie I); x_2 = fecha 2 (Serie II)

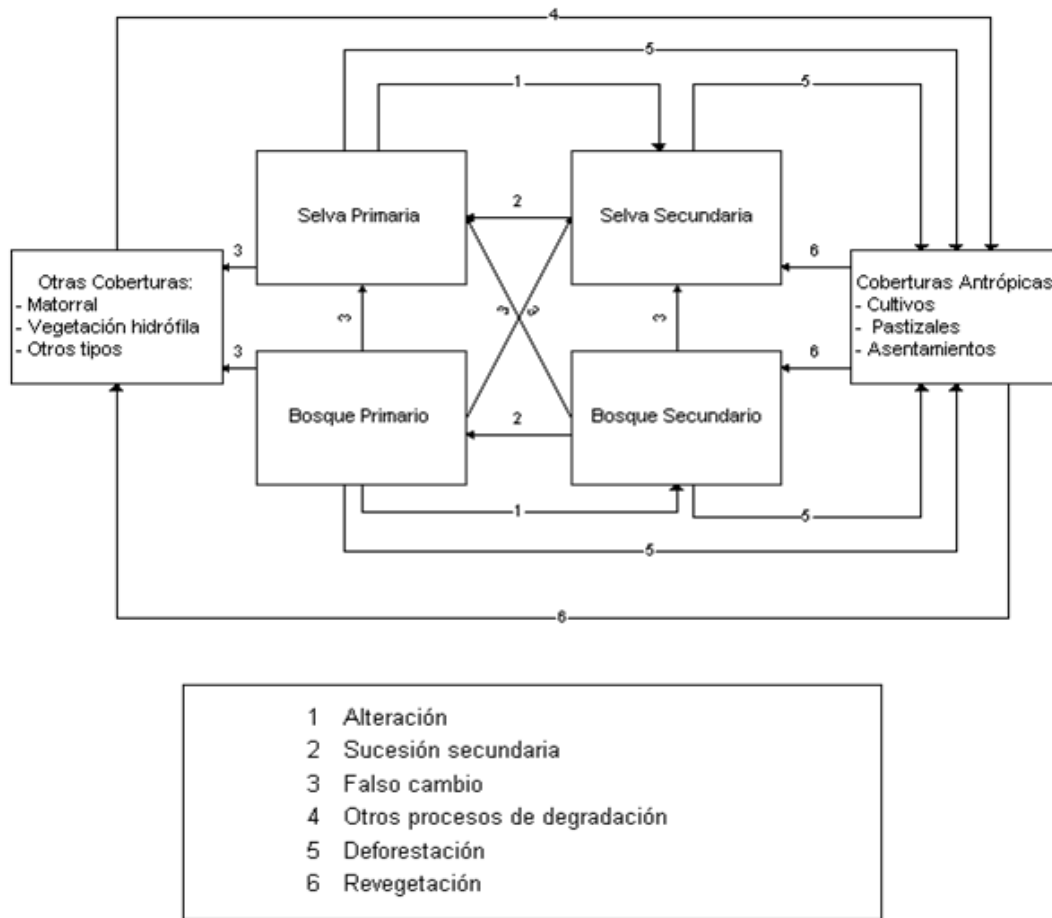
Una vez obtenida la estimación, se construyeron las ecuaciones que describen el comportamiento probable de cada tipo de vegetación con base a su tendencia y la superficie en cualquier fecha futura. La ecuación generada por el Instituto de Geografía de la UNAM (Velásquez *et al.*, 2002) se presenta a continuación.

$$S = e * p + S_{t2} \dots \dots \dots (3)$$

Donde: e = tasa de cambio de un periodo expresada en su pendiente; p = periodo transcurrido en años; S_{t2} = superficie del tipo de vegetación en el año inicial del estudio; S = superficie estimada en el periodo de estudio.

El modelo utilizado fue generado con base en las coberturas dominadas por formas de vida arbórea (bosques y selvas), las que se agregaron, y su dinámica de cambio se describió en dicho modelo. En este, se enfatiza la probabilidad de cambio de cualquiera de estas categorías hacia las cubiertas antropogénicas (Figura 4).

Figura 4. Modelo de procesos de deforestación con las categorías que resaltan las pérdidas y ganancias de las formas de vida arbórea (bosques y selvas), expresado en porcentaje de cambio. Fuente: Velásquez *et al.*, 2002.



Resultados y discusión

El Cuadro 1 presenta el cambio del tipo de vegetación como resultado de la comparación de la Serie I (1976) y la Serie II (1993) de INEGI, basados en la ecuación (1) utilizada por FAO (1996) para cálculos de deforestación, la cual expresa el cambio en porcentaje de superficie para cada año dentro del periodo de estudio.

En general, se muestra la superficie y el porcentaje respecto al área total de la cuenca, así como también la superficie que se modificó entre estas dos fechas y su correspondiente porcentaje de cambio, estos datos tomaron valores positivos o negativos de acuerdo a si fue un incremento en superficie o una disminución de la misma, y finalmente la tasa de cambio representó el porcentaje que se modificó en cada tipo de vegetación con relación al año anterior; por ejemplo, el área sin vegetación aparente se incrementó anualmente 0.74 %. También se puede observar cuales fueron las coberturas vegetales que mostraron un incremento o una disminución de superficie mayor, tal es el caso del pastizal natural, bosque bajo abierto y

bosque de pinos; sin embargo, este cambio no se aprecia en el porcentaje de superficie ni en la tasa de cambio, debido a que dichas coberturas son las de mayor extensión superficial en el área de estudio; en contraste, la superficie de chaparral (aproximadamente 5 % del área de estudio) tiene una tasa de deforestación cercana al 1 % anual. Es importante destacar la pérdida del mezquital y el incremento de las áreas sin vegetación aparente, tipo de cubierta que induce a un incremento en la intensidad del escurrimiento con un mayor arrastre de partículas.

En el Cuadro 2 se muestra la modificación que se presentó en las superficies de cada una de las categorías de tipo de vegetación, lo cual ayudó a definir la superficie de vegetación modificada, y determinar hacia que tipo de vegetación fue dicho cambio. Para determinar el incremento o disminución ocurrido en la vegetación de 1976, en comparación con la misma cobertura de 1993, la vegetación base fue la Serie I (1976) asociada a su modificación con la Serie II (1993), como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Cambio de vegetación y tasa de cambio entre Serie I (1976) y Serie II (1993) de INEGI.

Tipo de Vegetación	Serie I ha	%	Serie II ha	%	Cambio ha	Cambio %	Tasa de cambio %
Área sin vegetación aparente (asva)	1,099.41	0.22	1,248.21	0.25	148.81	0.03	0.74
Cuerpos de agua (ca)	0.00	0.00	9.75	0.00	9.75	0.00	100.00
Vegetación de galería (vg)	588.50	0.12	667.00	0.13	78.50	0.01	0.73
Bosque de coníferas distintas a pino (bcdp)	429.05	0.09	436.31	0.09	7.26	0.00	0.10
Pastizal inducido (pi)	19,346.25	3.89	19,501.79	3.92	155.54	0.03	0.05
Pastizal natural (pn)	58,094.51	11.68	55,768.96	11.21	-2,325.55	-0.47	-0.24
Mezquital (mezq)	28.26	0.01	0.00	0.00	-28.25	-0.01	-100
Chaparral (ch)	21,076.18	4.24	24,161.60	4.86	3,085.42	0.62	0.80
Bosque bajo abierto (bba)	86,943.92	17.48	89,982.45	18.09	3,038.52	0.61	0.20
Bosque de Pinos (bp)	106,916.03	21.50	102,706.12	20.65	-4,209.91	-0.85	-0.24
Bosque de encinos (be)	38,760.72	7.79	38,709.20	7.78	-51.51	-0.01	-0.01
Bosque de Pino-encino (bpe)	143,264.09	28.81	143,205.84	28.79	-58.25	-0.02	0.00
Temporal (at)	19,549.69	3.93	19,640.90	3.95	91.21	0.02	0.03
Riego (ar)	1,234.01	0.25	1,292.48	0.26	58.47	0.01	0.27
Superficie Total	497,330.61	100.00	497,330.61	100.00			

Cuadro 2. Cambio de vegetación entre Serie I (1976) y Serie II (1993) de INEGI por categorías de vegetación (ha).

		Vegetación 1993 (ha)												
		ar	asva	at	bba	bcdp	be	bp	bpe	ca	ch	pi	pn	vg
Vegetación 1976 (ha)	ar	1,051.34	27.70	75.55	5.99	X	X	x	x	X	x	36.97	24.18	12.29
	asva	2.29	999.87	55.55	x	X	X	x	x	X	x	x	41.70	0.00
	at	141.21	135.80	15,495.22	411.98	X	X	432.37	1831.00	7.15	87.96	840.11	33.58	133.31
	bba	10.76	X	513.45	82839.91	X	282.17	147.20	1512.37	X	38.63	554.15	1035.81	9.50
	bcdp	x	X	X	x	420.38	X	6.09	2.58	X	x	x	x	X
	be	x	X	82.13	161.58	X	37243.42	131.79	444.76	X	36.14	65.70	595.19	X
	bp	x	X	1544.42	134.34	15.92	134.91	99184.49	2456.36	X	2826.21	618.14	1.24	X
	bpe	x	X	860.17	3787.87	X	383.39	1870.37	132309.24	2.60	2743.22	1289.19	18.04	X
	mezq	x	X	X	0.10	X	X	x	x	0.00	x	28.16	x	X
	ch	x	X	251.20	22.76	X	3.37	444.75	1924.66	X	18429.45	x	x	X
	pi	9.87	X	484.62	803.92	X	X	482.33	1407.05	X	x	16151.03	7.44	X
	pn	57.78	81.87	535.77	1809.31	X	564.15	6.74	1317.80	X	x	0.13	53693.41	27.54
	vg	19.19	2.93	58.94	4.70	X	X	x	x	X	x	x	18.38	484.36

Área sin vegetación aparente (asva)

Cuerpos de agua (ca)

Vegetación de galería (vg)

Bosque de coníferas distintas a pino (bcdp)

Pastizal inducido (pi)

Pastizal natural (pn)

Mezquital (mezq)

Chaparral (ch)

Bosque bajo abierto (bba)

Bosque de pinos (bp)

Bosque de encinos (be)

Bosque de pino-encino (bpe)

Agricultura de temporal (at)

Agricultura de riego (ar)

Se puede observar que las áreas donde convergen categorías de Serie I y Serie II con el mismo nombre representan aquellas superficies que no se modificaron en tipo de vegetación en el periodo de estudio. De esta forma, de acuerdo a la información del Cuadro 2, el incremento de superficie de chaparral fue producto del cambio de superficie ocupada por agricultura de temporal (87.96 ha), bosque bajo abierto (554.15 ha), bosque de encino (36.14 ha), bosque de pino (2,826.21 ha) y bosque de pino-encino (2743.22 ha). Lo anterior obedece, en el caso de áreas de agricultura de temporal, a recuperación de superficie por parte de la vegetación arbustiva que invade los terrenos de cultivo abandonados, sin embargo, en el caso de los bosques que cambiaron hacia vegetación de chaparral o bosque bajo abierto, se considera que estos cambios pueden ser debido a fenómenos como incendios o incluso el hábito de aprovechamiento de vegetación, principalmente de encinos, por parte de la población local, de manera similar a lo encontrado por Márquez *et al.* (2005) en análisis realizado en la microcuenca denominada Arroyo

«El Carpintero», cercana a la ciudad de Durango. Del mismo modo se observa una disminución en la superficie de Bosque de pinos, principalmente por el incremento de áreas agrícolas y el cambio de dominancia de pino a pino-encino, lo cual se observa a nivel nacional de acuerdo al Informe de la Situación del Medio Ambiente en México (SEMARNAT, 2009). Asimismo, se presentó una disminución de pastizal en donde se observa que también obedece tanto a recuperación de vegetación boscosa como a modificación hacia áreas de cultivo de igual forma observado a nivel nacional en el periodo comprendido entre 1993 y 2002, misma tendencia en el caso de bosques a nivel nacional (SEMARNAT, 2009).

De acuerdo a las modificaciones presentadas en la comparación entre la Serie I y Serie II, se determinaron las categorías de los mismos de acuerdo al modelo de cambio por procesos de deforestación generado por el Instituto de Geografía de la UNAM (Velásquez *et al.*, 2002) obteniéndose la siguiente matriz de cambios (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cambio de vegetación según el modelo de estimación del proceso de deforestación entre Serie I (1976) y Serie II (1993) de INEGI por categorías de vegetación.

		1993 ha												
		ar	asva	at	bba	bcdp	be	bp	bpe	ca	ch	pi	pn	vg
Vegetación 1976 (ha)	ar	X	1	0	6	X	X	X	X	X	X	0	0	6
	asva	1	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	6	6
	at	0	1	X	6	X	X	6	6	1	6	0	0	6
	bba	5	X	5	X	X	2	2	2	X	1	5	5	3
	bcdp	X	X	X	X	X	X	3	3	X	X	X	X	X
	be	X	X	5	1	X	X	3	1	X	1	5	5	X
	bp	X	X	5	1	3	3	X	1	X	1	5	5	X
	bpe	X	X	5	1	X	2	2	X	1	1	5	5	X
	mezq	X	X	X	3	X	X	X	X	X	X	4	X	X
	ch	X	X	5	2	X	2	2	2	X	X	X	X	X
	pi	0	X	0	6	X	X	6	6	X	X	X		X
	pn	0	1	0	6	X	6	6	6	X	X	0	X	0
	vg	4	5	4	3	X	X	X	X	X	X	X	4	X

1=Alteración
 2=Sucesión secundaria
 3=Falso cambio

4=Otros procesos de degradación
 5=Deforestación
 6=Regeneración

- Área sin vegetación aparente (asva)
- Cuerpos de agua (ca)
- Vegetación de galería (vg)
- Bosque de coníferas distintas a pino (bcdp)
- Pastizal inducido (pi)
- Pastizal natural (pn)
- Mezquitil (mezq)
- Chaparral (ch)
- Bosque bajo abierto (bba)
- Bosque de Pinos (bp)
- Bosque de encinos (be)
- Bosque de Pino-encino (bpe)
- Agricultura de Temporal (at)
- Agricultura de Riego (ar)

Este análisis está dirigido a diferenciar los cambios de vegetación provocados por actividades humanas hacia las coberturas vegetales existentes, se pueden considerar cambios favorables los correspondientes a las categorías 2 y 6, y cambios desfavorables en las categorías 1, 4 y 5. Si se concentran las superficies resulta mayor la correspondiente a cambios desfavorables con 20,509.26 ha respecto a 15,938.94 ha de cambios favorables hacia la vegetación. Se debe tomar en cuenta además que los cambios desfavorables, en su mayoría son procesos de alteración y deforestación, es decir, no son procesos reversibles a corto o mediano plazo y que tienden a la degradación del medio ambiente.

La categoría falso cambio enmarca errores en la asignación de categorías de la Serie II o en la digitalización de la Serie I con 305.59 ha y finalmente este análisis agregó la categoría cero para considerar en ella a las coberturas vegetales que se modificarán dentro de la misma actividad como es el caso de las actividades humanas (ejemplo: cambio de agricultura de

riego a agricultura de temporal) con 2,274.75 ha.


Conclusiones

Las coberturas vegetales con mayor cambio correspondieron a bosque de pino y pastizal natural con un decremento estimado de 247.67 y 136.8 ha año⁻¹ respectivamente, mientras que las coberturas que crecieron fueron chaparral y bosque bajo abierto con un incremento estimado de 181.50 y 178.74 ha año⁻¹.

Es evidente la aparición de cuerpos de agua para la Serie II (1993) con 9.75 ha, la desaparición de 28.26 ha de cobertura con predominancia de mezquite y el incremento de áreas sin vegetación aparente.

De acuerdo al modelo utilizado, la deforestación representó el factor que influyó en los cambios de vegetación en la cuenca del río Sextín y se atribuyen las prácticas de deforestación a los usos de suelo de actividades antrópicas (agricultura, ganadería, aprovechamientos para leña).

Literatura citada

- DESCROIX L.; M. Esteves; D. Viramontes; C. Duwig y J. M. Lapetite. 2004. Agua y espacio en valle de Bravo: la lucha por el agua. In: La Sierra Madre Occidental, una Fuente de Agua Amenazada. INIFAP –IRD. Gómez Palacio, Durango, México. p 273 – 284.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of chain processes. Nr. 130. Rome, Italy. 152 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 1987. Carta de uso de suelo y vegetación: G13-4, G13-5, G13-7 y G13-8. Escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- KONING H.J., A. Vekdkamo, P. H. Verbulg and A. R. Beergsma. 1998. CLUE: A tool for spatially explicit and scale sensitive exploration of land use changes. In: Modelling Global Change Impacts on Tropical Landscapes and Biodiversity. Bogor, Indonesia. p 29-40.
- MARQUEZ M.A., E. J. Treviño y E. Jurado. 1995. Reemplazo de áreas arboladas por chaparrales y comunidades herbáceas en el período 1970-2000 en una microcuenca de Durango, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 58(1): p 54-65.
- MARTÍNEZ J. G. y F. Moreno. 2003. Sistema de información geográfica de las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval como herramienta en la modelación de procesos hidrológicos. In: Memoria del Simposio Binacional de Modelaje y Sensores Remotos México – USA. Junio 3-4. Aguascalientes, Ags. p: 90-97.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2003. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2002: Compendio de Estadísticas Nacionales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. D.F. 275 p.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO). (1998). «Climas (Clasificación de Köppen, modificado por García)». Escala 1:1 000 000. México.
- SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS (SRH). 1970. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Boletín Hidrológico Num. 35. Región Hidrológica Num. 36. Zona de los ríos Nazas y Aguanaval. Tomo I. (s.p.).
- GRUPO TRAGSA Y MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 1998. Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas y Control de la Erosión. Ingeniería Medioambiental. Ediciones Mundi-Prensa. 2ª Edición. 945 p.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2009. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. México D.F. Edición 2008. 358 p.
- TRUCÍOS R.; J.G. Martínez y I. Sánchez. 2005. Efecto del cambio temporal de la vegetación sobre la producción de agua en la cuenca del río Sextín. Tesis de Maestría. URUZA-UACH. 138 p.
- VELÁSQUEZ A., J. F. Mas y J. L. Palacio. 2002. Análisis del cambio de uso de suelo. Convenio INE-IGG (UNAM). Instituto de Geografía, UNAM. México. 80 p.
- VIRAMONTES D. y L. Decroix. 2001. Consecuencias hidrológicas de la sobreutilización del medio en la alta cuenca del río Nazas. In: XI Congreso Nacional de Irrigación Simposio 5. Manejo Integral de Cuencas. Septiembre 19-21 Guanajuato, Guanajuato, México. p 23-29. 

Este artículo es citado así:

Trucíos-Caciano R., A. S. Mojica-Guerrero, L. M. Valenzuela-Núñez y J. L. González-Barríos. 2009: *Cambio en el uso de suelo en la cuenca del río Sextín*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 3(3): 121-130.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

RAMÓN TRUCÍOS CACIANO. Terminó la licenciatura en el 2000, titulándose como Ingeniero agrónomo con especialidad en zonas áridas en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo (URUZA-UACH). Realizó su posgrado en Recursos Naturales y medio Ambiente en la URUZA-UACH de 2002-2004. Laboró como asistente de investigación en el Centro Nacional de Investigación Disciplinario en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CENID-RASPA INIFAP) de 2005 a 2008 y labora como investigador en el mismo Centro de Investigación desde mayo de 2008 como Investigador Asociado C. Su área de desempeño es el manejo de recursos naturales a través de herramientas como Sistemas de Información Geográfica y ha trabajado con modelos hidrológicos y de transporte de nutrientes en el suelo (SWAT, LEACHM, NLEAP). Ha codirigido una tesis de Maestría y asesorado dos tesis de licenciatura. Actualmente se encuentra colaborando en tres proyectos de servicio determinando factores de vulnerabilidad de recursos hídricos e iniciando la colaboración en un proyecto donde se realizará la caracterización de áreas con potencial de captura de carbono del mezquite.

ALDO SAÚL MOJICA GUERRERO. Egresó como Ingeniero Forestal en el año de 2008 de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Juárez el Estado de Durango con la Tesis titulada «Cambio de Uso de Suelo en La Vertiente Sur del Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Guanajuato». El mismo año se incorpora como asistente investigador al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Delicias dentro de la Red de Innovación de Manejo Forestal.

LUIS MANUEL VALENZUELA NÚÑEZ. Terminó su licenciatura en 1998, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas Agrícolas de Zonas Áridas Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Realizó su maestría en la misma universidad, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales en 2001 y el grado de Docteur en Biologie Vegetale et Forestiere 2006 por la Université Henri Poincaré Nancy 1 en Francia. Desde 2007 labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y posee la categoría de Investigador Titular C. Su área de especialización es la eco fisiología forestal. Ha dirigido una tesis de licenciatura y una de maestría. Es autor de aproximadamente 22 artículos científicos, más de 20 ponencias en congresos, y un capítulo de libros científicos; además ha impartido siete conferencias por invitación y es colaborador de varios proyectos de investigación financiados por fuentes externas.

JOSÉ LUIS GONZÁLEZ BARRIOS. Terminó su licenciatura en 1985, año en que le fue otorgado el título de Biólogo con distinción académica por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó su posgrado en Francia, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Edafología en 1988 por el Instituto Nacional Agronómico de Paris-Grignon (INAP-G) y el Doctorado en Hidrología-Edafología con mención honorífica en 1992 por la Universidad de Montpellier II (USTL). Desde 1993 labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México donde posee la categoría de Investigador Titular C. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2002 (Nivel 1 vigente hasta 2013 en el área I Ciencias de la Tierra). Su área de especialización es la Hidrología y la Edafología de cuencas receptoras de agua y la relación entre sistemas productivos y ecosistemas. Ha sido profesor y asesor en universidades mexicanas y francesas, ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Es autor y coautor de aproximadamente 20 artículos en revistas internacionales, 10 capítulos de libro y editor de tres libros científicos; además ha sido responsable y colaborador de proyectos de investigación nacionales e internacionales. Es evaluador acreditado del CONACYT ante sus programas de Fondos mixtos, Fondos sectoriales, Investigación básica, Cooperación bilateral, y Premio ciencia y tecnología e innovación. Es experto evaluador del programa europeo AlBan de la UNESCO y experto en Bioseguridad de la CONABIO, es árbitro de tres revistas científicas de circulación internacional y miembro de ocho asociaciones científicas.