

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2008

MODELOS ESPACIALES APLICADOS AL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES: UNA PROPUESTA EN LA SUB - CUENCA DEL RÍO PILÓN, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Xanat Antonio Némiga y Eduardo Javier Treviño Garza
Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol.4, Número 1
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 23-43

MODELOS ESPACIALES APLICADOS AL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES: UNA PROPUESTA EN LA SUB - CUENCA DEL RÍO PILÓN, NUEVO LEÓN, MÉXICO

SPATIAL MODELS APPLIED TO NATURAL RESOURCES MANAGEMENT: A PROPOSAL AT THE PILÓN RIVER SUB-BASIN, NUEVO LEON, MEXICO

Xanat **Antonio-Némiga**¹ y Eduardo Javier **Treviño-Garza**²

Profesora-Investigadora de tiempo completo. Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México. Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, Toluca, México. C. P. 50100. Teléfono (722) 214.31.82 Correo electrónico: xanynemiga@rocketmail.com.
Profesor-Investigador de tiempo completo. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Carretera Nacional Km. 145. AP 41. Linares, Nuevo León, México. C. P. 67700. Teléfono (821)212.42.51 Correo electrónico: ejtrevin@fcf.uanl.mx.

RESUMEN

En la subcuenca del Río Pilon coinciden dos provincias fisiográficas; Llanura Costera y Sierra Madre, por ello posee variaciones topográficas y climáticas que permiten el desarrollo de doce tipos de vegetación (incluso endemismos). Esta capta agua, sustenta a los habitantes y alberga una variada fauna. Sin embargo, los procesos relacionados con la creciente población y expansión de la agricultura, están causando su desaparición y fragmentación. Durante 1974 - 2000 en la Llanura Costera el chaparral perdió 86%, el mezquital 73% y el matorral submontano 32%, y en la Sierra Madre, el matorral submontano perdió 73%, el bosque de encino 43% y el bosque de oyamel 35%. Por otra parte, hay un marcado proceso de fragmentación que afecta principalmente a los bosques de oyamel y de pino-encino y al matorral submontano. Para evitar que estos procesos afecten la captación de agua y la producción agrícola, se diseñó una estrategia para el manejo adecuado los recursos naturales de la subcuenca, conciliando las necesidades de producción con aquellas de conservación. Esta identificó tres líneas de acciones principales: conservación de fragmentos, implementación de labranza de conservación y restauración. También señala los sitios óptimos para las actividades recomendables mediante análisis espacial en un entorno de Sistemas de Información Geográfica utilizando el método de ordenamiento de cuencas.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, manejo sustentable de recursos, manejo integral de cuencas, ordenamiento de cuencas.

SUMMARY

The Pilon river sub basin is the conjunction for two physiographic provinces: Llanura Costera and Sierra Madre. Due to this, it posses topographic and physis variations that allow the development of twelve vegetation types, even endemism. These function on water absorption, sustains inhabitants livelihood, and a varied wildlife. Nevertheless, several processes related to population growth and agricultural expansions are causing the disappearance and fragmentation of this vegetation. During the period 1974 – 2000 at the coastal plains the torn scrub lost 86%, the mesquite scrub 73%, and the sub mountain scrub 32% whilst at the Sierra Madre sub mountain scrub lost 73 %, oak forest 43 % and fir forest 35%. Besides, there is a marked process of fragmentation which affects mainly to the Oak forest, the mixed forests of pine and oak, and the sub mountain scrub. In order to avoid that these processes alter water absorption and the agricultural production, a strategy for the adequate management of the natural resources of this sub basin was designed to conciliate the production needs with those of natural resources preservation. This identified three major lines of action: fragment preservation, conservative agriculture, and restoration. It also shows the optimal sites to develop these recommendable actions through spatial analysis carried on a geographic information system (GIS), using the method for river basin land allocation.

Key words: Geographic Information Systems, sustainable management of resources, integrated river basin management, river basin land allocation.

INTRODUCCIÓN

La subcuenca del Río Pílon posee variaciones topográficas y climáticas tales, que permiten el desarrollo de doce tipos diferentes de vegetación. Ésta permite la captación de agua y provee elementos para el sustento de los habitantes de la región, además de albergar una variada fauna. También se ha registrado la presencia de endemismos y fenómenos evolutivos sobresalientes en la provincia Sierra Madre Oriental (PRONATURA, 1998; y Cantú, *et al.*, 1999).

Sin embargo, los procesos relacionados con la creciente población y expansión de la agricultura, están causando su desaparición y fragmentación. Durante 1974 - 2000 en la Llanura Costera el chaparral perdió 86%, el mezquital 73% y el matorral submontano 32%, y en la Sierra Madre, el matorral submontano perdió 73%, el bosque de encino 43% y el bosque de oyamel 35% (Antonio *et al.*, 2006). Por otra parte, hay un marcado proceso de fragmentación que afecta principalmente a los bosques de oyamel y de pino-encino y al matorral submontano.

Estos procesos, además de poner en riesgo a los ecosistemas naturales, pueden alterar la captación de agua en la subcuenca, lo que pondría en riesgo la producción de cítricos y nueces, que son dos de los principales productos agrícolas del estado de Nuevo León.

Por ello es prioritario diseñar una estrategia para el manejo adecuado los recursos naturales de esta subcuenca, conciliando las necesidades de producción con las de conservación de recursos.

Al respecto, desde que en 1992 la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo remarcará la necesaria interdependencia y vinculación entre la conservación del medio ambiente, la paz y el desarrollo, han sido implementadas diversas alternativas de evaluación de los recursos naturales con la visión de alcanzar su manejo sustentable (UNCED, 1992). En principio se reconoció la necesidad de implementar nuevos métodos que permitieran la integración digital del razonamiento humano con datos y modelos dinámicos para poder estudiar la multitud de problemas en un mundo de sistemas complejos e impredecibles (Gumbricht, 1996).

En este sentido surge el enfoque del manejo integrado de los recursos naturales. El cual, con disciplinas afines se considera más apropiado que el basado en una disciplina única para manejar los complejos conflictos, que muchos países enfrentan actualmente con respecto al manejo de los recursos. El manejo integrado de los recursos propone integrar varias disciplinas e involucrar diferentes actores operando en sus propios subsistemas a través de diferentes escalas espaciales y temporales. Así, hace énfasis en identificar las estrategias de manejo para mantener el estado de los recursos naturales así como sus flujos de bienes y servicios y sus procesos ecológicos subyacentes (Lal, Lim-Applegate y Scoccimarro, 2001).

Para hacerlo operativo cada vez se aplican con mayor frecuencia los sistemas de información geográfica como componente integral de las actividades de manejo de recursos naturales en todo el mundo (Shree, *et al.*, 2000), ya que han demostrado ser una herramienta útil para abordar los problemas inherentes al análisis de datos espaciales al ser efectivos en combinar, archivar, desplegar, analizar y modelar datos espaciales y temporales (Stanbury y Starr, 1999).

Mas aún, su funcionalidad como marcos de análisis espacial para el manejo de recursos naturales ha permitido que se usen para el desarrollo de sistemas de soporte de decisión (Kliskey, 1995). Estos sistemas permiten establecer las relaciones espaciales y operativas entre los procesos que forman parte del manejo de un recurso, así como integrar fuentes diversas de información, evaluar escenarios y predecir los resultados de una acción específica (Nacional Research Council, 2002). De este modo auxilian a los tomadores de decisiones en el proceso de planificación y tal ha sido su eficacia que están siendo llevados al entorno Web, lo que permite aplicar las tecnologías de la información al proceso de tomas de decisiones locales, de tal forma que los manejadores adquieran una perspectiva del paisajes y sus interacciones, en lugar de evaluar sus componentes aislados. (Fulcher, 2000; Rao, 2006). Estos sistemas de soporte de decisiones para el manejo de los recursos son cada vez más utilizados ya que permiten utilizar enfoques multidisciplinarios, e integrar las escalas espaciales y multi temporales para modelar la realidad (Matthies, *et al.*, 2007).

En la actualidad, también existe una fuerte tendencia a utilizar a las cuencas hidrográficas como unidad básica funcional y ámbito de aplicación de los programas y planes de manejo

integral de los recursos naturales, en su vínculo con el desarrollo económico y social (FAO, 2007; Ministerio del ambiente de Cuba, 2007). Por ello, el objetivo principal de esta investigación fue diseñar una estrategia para el manejo adecuado de los recursos naturales de la subcuenca del Pío Pílon, estableciendo las actividades recomendables y zonificando los sitios óptimos para su desarrollo, mediante la aplicación del método de ordenación de cuencas en el entorno de un sistema de información geográfica que permitió una evaluación multicriterio de variables ambientales y de uso de los recursos.

MÉTODO

Ubicación del área de estudio

La subcuenca del Río Pílon se ubica en el centro de Nuevo León; sus coordenadas extremas son 24°50' y 25°29' de latitud norte y 99°30' y 100°35' de longitud oeste. Es parte de la Región hidrológica 24, Cuenca B y es afluente del Río San Juan, el cual desemboca al Río Bravo (Figura 1); mide 2407 km² (Sánchez, 1987).

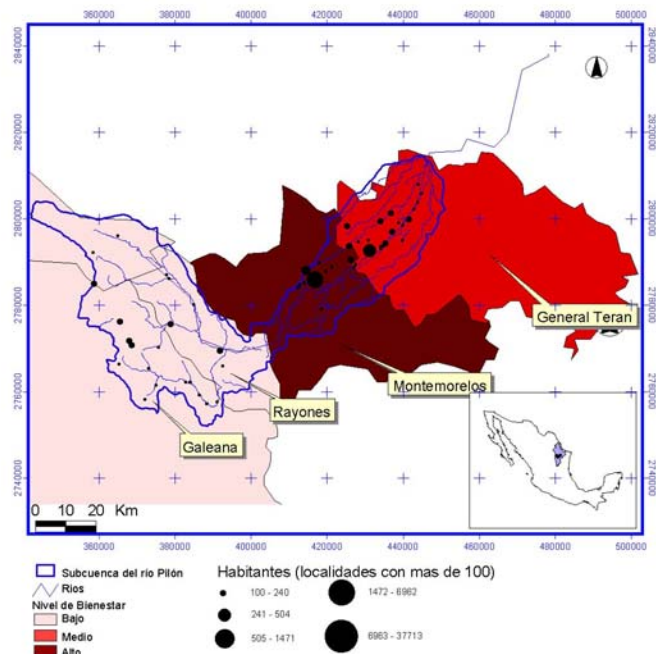


Figura 1. Ubicación de la subcuenca del Río Pílon.

Aspectos biofísicos y socioeconómicos de la subcuenca del Río Pílon

Las condiciones biofísicas de las dos provincias de la subcuenca son contrastantes, lo que ha sido determinante para sus habitantes.

En la Llanura Costera están los municipios Montemorelos y General Terán. Allí se conjugan topografía suave (pendiente máx. 20%), suelo profundo (regosol, vertisol), clima estable (subhúmedo) y precipitación moderada (hasta 800 mm/año). El suelo tiene buen potencial agropecuario, por lo que se dedica, desde 1895, a la producción citrícola (Olvera, 1995). En la Sierra Madre están los municipios Rayones y Galeana. Su accidentada topografía (pendiente superior a 30%), suelo somero (litosol, rendzina), escasa precipitación (máx. 400 mm/año) y clima extremoso (semiárido), hacen poco atractivo el desarrollo agropecuario. Por ello, el establecimiento de poblaciones responde a necesidades de integración regional. Excepto por algunas planicies y la margen del río, la agricultura no es la principal actividad de sus pobladores. Esta es, en cambio, la extracción y el procesamiento de productos no maderables de los matorrales (p. ej. fibra de ixtle y hierbas medicinales) y la ganadería caprina.

Las posibilidades de desarrollo económico y de integración con la metrópoli de Monterrey, diferencian notablemente a la sociedad. Galeana y Rayones poseen un nivel bajo de bienestar. Montemorelos, en cambio, tiene un nivel alto y General Terán un nivel medio (Figura 1). Montemorelos y General Terán están densamente poblados, a diferencia de los demás municipios (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rasgos socioeconómicos de la población de la subcuenca.

Característica / municipio	Galeana	Rayones	Montemorelos	General Terán
Superficie en la subcuenca (km ²)	603	581	440	605
Población total	40 972	3 164	49 302	16 656
Población dentro de la subcuenca	3 903	2 556	42 442	13 962
Densidad poblacional dentro de la subcuenca (hab/kKm ²)	6	4	96	23

Fuente: Simbad, 2000.

Criterios, líneas de acción y actividades recomendables

Para establecer los criterios, las líneas de acción y las actividades recomendables para el manejo adecuado de los recursos de la subcuenca, se efectuó una revisión de literatura pertinente.

En el manejo de la subcuenca, se consideró necesario que los criterios se desarrollen en el marco de la legislación y la planeación nacional actual. Por ello, se consideran los lineamientos del Plan Estratégico Forestal 2025 (SEMARNAT, 2001). Para procurar el manejo sustentable de los recursos forestales de la subcuenca, se plantean tres objetivos principales. Estos son el mantenimiento y sanidad de los ecosistemas forestales, como prioridad ante otros usos de suelo; la generación de beneficios económicos, sin afectar el objetivo último del manejo, que es la conservación y el mantenimiento del suelo y el agua. Estos tres objetivos son acordes con la Ley General del Equilibrio Ecológico, que dispone que se deben “establecer las bases para el aprovechamiento sustentable, la preservación y en su caso la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas” (DOF, 1998). Además, se espera que estas condiciones permitan mantener la diversidad biológica y generar servicios ambientales.

Para alcanzar los objetivos del manejo sustentable de la subcuenca del Río Pílon, conviene establecer tres líneas de acción:

La primera línea establece la necesidad de conservar los fragmentos remanentes de vegetación. Esta vertiente incluye dos acciones: la preservación de fragmentos en zonas de amortiguamiento del río y la preservación de fragmentos en laderas. Esto, según lo establecido por la NOM-ECOL 060 (1994) que dispone la conservación de la vegetación ribereña y la estabilidad de los taludes, así como con la NOM-ECOL 062 (1994), que dispone la conservación de tipos originales de vegetación.

La segunda línea propone establecer sistemas de labranza de conservación, es decir, sistemas de producción agrícola y pecuaria que consideren las condiciones medioambientales para causar el menor impacto posible en el suelo y la vegetación. Su importancia radica en el mantenimiento de las formas de producción y subsistencia de los habitantes de la subcuenca.

La restauración del hábitat es la tercera línea de acción necesaria. En este renglón se sugieren tres actividades. Por una parte es necesaria la restauración de bosques y matorrales, así como la restauración de laderas y de vegetación riparia. Estas actividades son de interés público y social, y figuran como uno de los primeros objetivos de la Ley General del Equilibrio Ecológico (DOF, 1998). Sin embargo su establecimiento se ha limitado a zonas donde no compita con la productividad y su ejecución está sujeta a la factibilidad de las actividades, tanto por factores físicos como económicos.

El cuadro 2 resume las acciones recomendadas para el manejo de los recursos de la subcuenca del Río Pílon.

Cuadro 2. Actividades para el manejo de la subcuenca.

Línea de acción	Actividades
1. Conservación de fragmentos	1.1 Fragmentos útiles como zonas de amortiguamiento 1.2 Fragmentos útiles para estabilización de laderas
2. Labranza de conservación	2.1 Sistemas agroforestal de tipo agro silvícola 2.2 Sistemas agroforestal de tipo pastoril silvícola
3. Restauración	3.1 Restauración de bosques y matorrales 3.2 Restauración de laderas 3.3 Restauración de vegetación riparia

Selección de sitios óptimos para el desarrollo de las actividades recomendables

Por su parte, para identificar los sitios óptimos para las actividades requeridas para el manejo de la subcuenca, se consideró la metodología para la restauración hidrológico forestal de cuencas (López, 1994). En ella, se evalúan los valores de las variables medioambientales, juzgando si favorecen o no las actividades sugeridas, y su importancia para el desarrollo de las actividades. De este modo se determina qué tan adecuada es cada actividad en un determinado sitio.

Para ello, se integró un sistema de información geográfica con las variables pendiente, precipitación, uso del suelo, tipos de vegetación, patrones de cambio de uso y riesgo de degradación del suelo, así como distancia al río y a las poblaciones.

Considerando estas variables, se juzgó la viabilidad de las actividades considerando si los valores dentro de las variables medioambientales permitían su desarrollo.

En la conservación de fragmentos, se recomienda generar y aplicar estrategias para preservar aquellos remanentes de vegetación original, dando prioridad a los pertenecientes a comunidades vegetales que han sido afectadas o fragmentadas por el cambio de uso del suelo ocurrido entre 1974 y 2000. Se recomienda también considerar fragmentos ubicados en sitios a no más de 500 metros del margen del río, en pendientes superiores a 30%, con alto riesgo de degradación del suelo, o donde la vegetación se ha recuperado.

La labranza de conservación sugiere el establecimiento de sistemas agroforestales de tipo agro silvícola o sistemas de labranza cero, en donde se encuentran sistemas agrícolas intensivos; y de sistemas agroforestales de tipo pastoril silvícola, donde actualmente se practica la ganadería extensiva. Para ambas actividades se prefieren suelos con poca pendiente y con bajo riesgo de degradación. Se favorece también a sitios con condiciones adecuadas de precipitación y cercanos a los centros poblacionales, donde la agricultura ha desplazado a los tipos originales de vegetación.

Las actividades de restauración se deben desarrollar en sitios con suelo desnudo o aquellos donde la vegetación original ha sido desplazada por la agricultura o pastizales, dando prioridad a aquellos sitios con alto riesgo de degradación del suelo. Para la restauración de bosques y matorrales se sugiere considerar sitios donde la pendiente, la precipitación y la cercanía a localidades favorezcan las actividades de reforestación. Para la restauración de laderas, se otorga más importancia a la pendiente y para la de zonas de amortiguamiento, a la cercanía del río.

La cuadro 3 resume la viabilidad de las actividades considerando las cualidades del medio ambiente.

En el proceso también se tomo en cuenta la importancia que tiene cada variable del medio para el desarrollo de las actividades. Así, para la conservación de fragmentos de amortiguamiento se otorgó más importancia al tipo de vegetación, al riesgo de degradación y a la distancia al río. Mientras que, para la conservación de fragmentos útiles en la estabilización de laderas se privilegió a la pendiente, al tipo de vegetación y al riesgo de degradación del suelo. El establecimiento de sistemas agroforestales y de mínima labranza permite priorizar el uso del suelo, al tipo de vegetación existente y al patrón de cambio en el uso del suelo. La restauración de bosques y matorrales da prioridad al uso del suelo y los

tipos de vegetación, así como al riesgo de degradación del suelo. Para la restauración de laderas, se consideran además de las variables anteriores, la pendiente y el patrón de cambio de uso del suelo. En la restauración de la vegetación riparia, cobran más importancia el uso y el riesgo de degradación del suelo, así como la distancia al río.

Cuadro 3. Viabilidad de las actividades de acuerdo con las características del medio.

Variables	Línea de acción Valores	Viabilidad de las actividades						
		Conservación		Labranza		Restauración		
		1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3
Pendiente	De 1% a 20%	0	0	3	3	3	1	0
Pendiente	De 21% a 30%	0	2	2	2	2	2	0
Pendiente	Superior a 30%	0	3	1	1	1	3	0
Precipitación	Inferior a 300 mm	0	0	1	1	1	1	0
Precipitación	De 300 a 700 mm	3	3	3	3	2	3	0
Precipitación	De 700 a 1100 mm	1	1	2	2	3	2	0
Uso del suelo	Agrícola	0	0	3	1	3	3	3
Uso del suelo	Pastizal	0	0	1	3	3	3	3
Uso del suelo	Suelo descubierto	0	0	3	3	3	3	3
Vegetación	Matorral submontano, vegetación de galería	3	3	1	1	2	2	2
Vegetación	Huizachal-Mezquitil, M. tamaupeco y desértico	2	2	1	1	2	2	2
Vegetación	Chaparral	2	2	1	1	2	2	2
Vegetación	Bosque de oyamel	3	3	1	1	2	2	2
Vegetación	Bosque de encino	2	2	1	1	2	2	2
Vegetación	Bosque de pino-encino	2	2	1	1	2	2	2
Cambio de uso	Agrícola sobre bosque	0	1	3	3	3	3	3
Cambio de uso	Agrícola sobre matorral	0	1	3	3	3	3	3
Cambio de uso	Recuperación de bosques	3	3	1	1	1	1	1
Cambio de uso	Recuperación matorral	3	3	1	1	1	1	1
Riesgo de degradación	Alto	3	3	1	1	3	3	3
Riesgo de degradación	Medio	0	2	2	2	2	2	2
Riesgo de degradación	Bajo	0	1	3	3	1	1	1
Distancia a localidades	Menor de 1 km	0	0	3	3	2	2	3
Distancia a localidades	Mayor de 1 km	0	0	2	2	1	1	2
Distancia al río	Menor de 500 m	3	0	0	0	2	2	3
Distancia al río	Mayor de 500 m	1	0	0	0	1	1	1

Escala 0: indistinto, 1: Poco viable, 2: Viable, 3: Muy viable.

La sobreposición de mapas juzgando la viabilidad de las actividades y considerando la importancia de las variables del medio, se desarrolló utilizando la extensión *model builder* del software ArcView 3.2 y generó mapas de sitios óptimos para el desarrollo de las actividades.

Los mapas de sitios óptimos se integraron en un mapa final que selecciona la actividad más importante según los lineamientos cuando el sitio tiene potencial para desarrollar más de una actividad. Para producirlo se utilizó el software ERDAS *imagine*.

RESULTADOS

Los municipios de Rayones y Montemorelos concentran la mayor parte del terreno óptimo para la conservación de los fragmentos útiles como zonas de amortiguamiento. Para financiar la protección de estos fragmentos se debe fortalecer el ecoturismo, pues Montemorelos se encuentra muy cerca de varios núcleos poblacionales. Rayones no ofrece tal ventaja al visitante, pero su gran valor escénico permite tales actividades. También es importante fortalecer la investigación de la riqueza, la ecología y las interacciones que ocurren en estos fragmentos, con el fin de promover la conservación mediante financiamientos para grupos taxonómicos específicos (Figura 2).

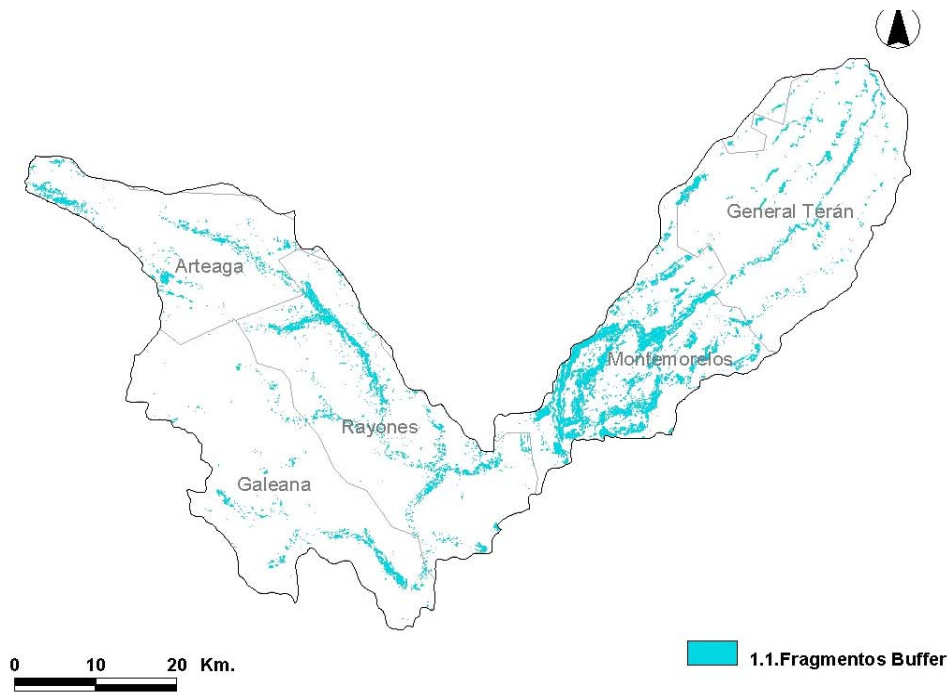


Figura 2. Sitios óptimos para la conservación de fragmentos útiles como zonas de amortiguamiento.

Los taludes en Rayones y Galeana frecuentemente afectan las vías de comunicación, por ello se deben conservar fragmentos de vegetación saludable con el fin de evitar daños en la carretera y el arrastre de suelo hacia Montemorelos y General Terán. Además de mantener la cubierta vegetal actual se debe promover la calidad del sitio mediante operaciones forestales, actividades que pueden financiarse con apoyo de programas federales (Figura 3).

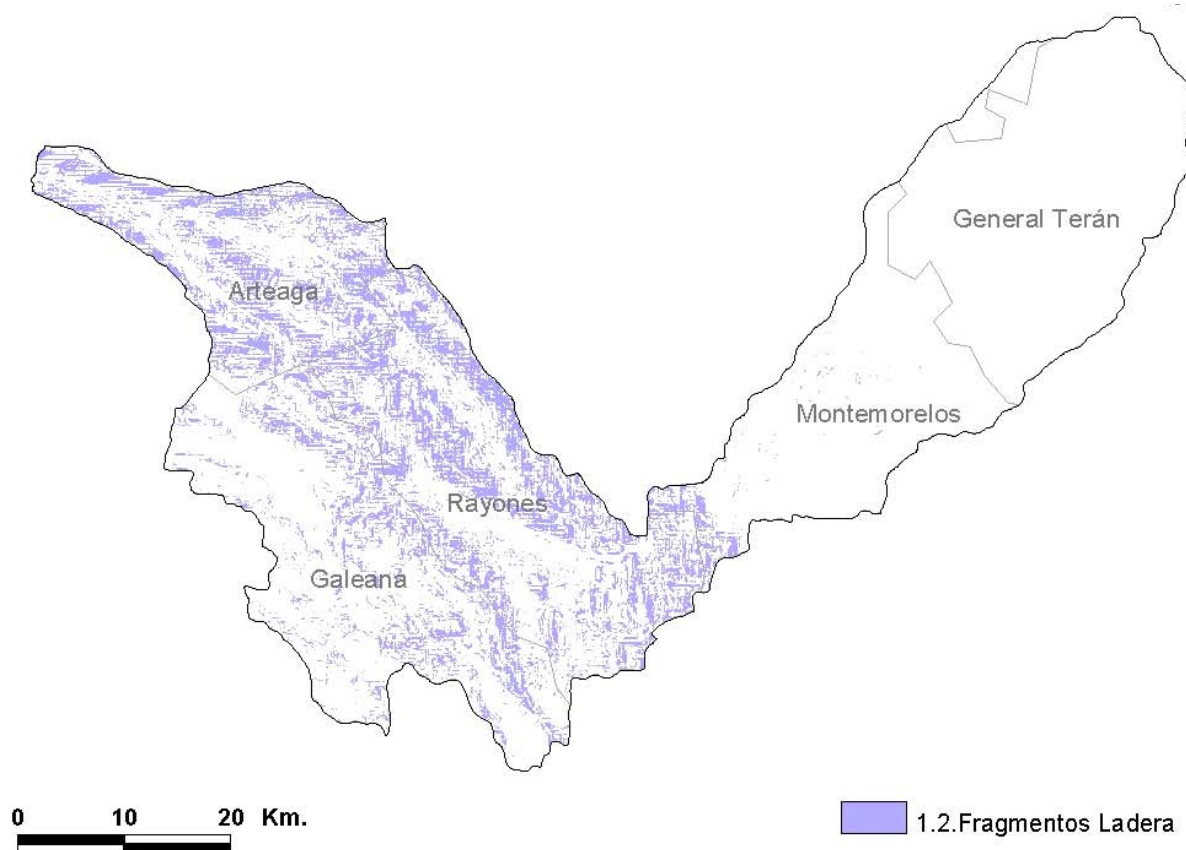


Figura 3. Sitios óptimos para la conservación de fragmentos útiles para estabilización de laderas.

En Montemorelos y General Terán las actividades agroforestales del tipo agro silvícola deben fortalecerse. En esta zona es necesario incrementar la productividad agrícola mejorando el proceso de preparación del suelo, implementando la rotación y enriquecimiento de cultivos, estableciendo el manejo de rastrojos y apoyando el mantenimiento de sistemas de riego y la siembra de especies forestales multipropósito. Para ello se recomienda ampliar la influencia de instituciones tales como el INIFAP, la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León y los gobiernos

municipales promoviendo una mayor interacción con los productores agrícolas mediante programas de extensión y de investigación aplicada (Figura 4).

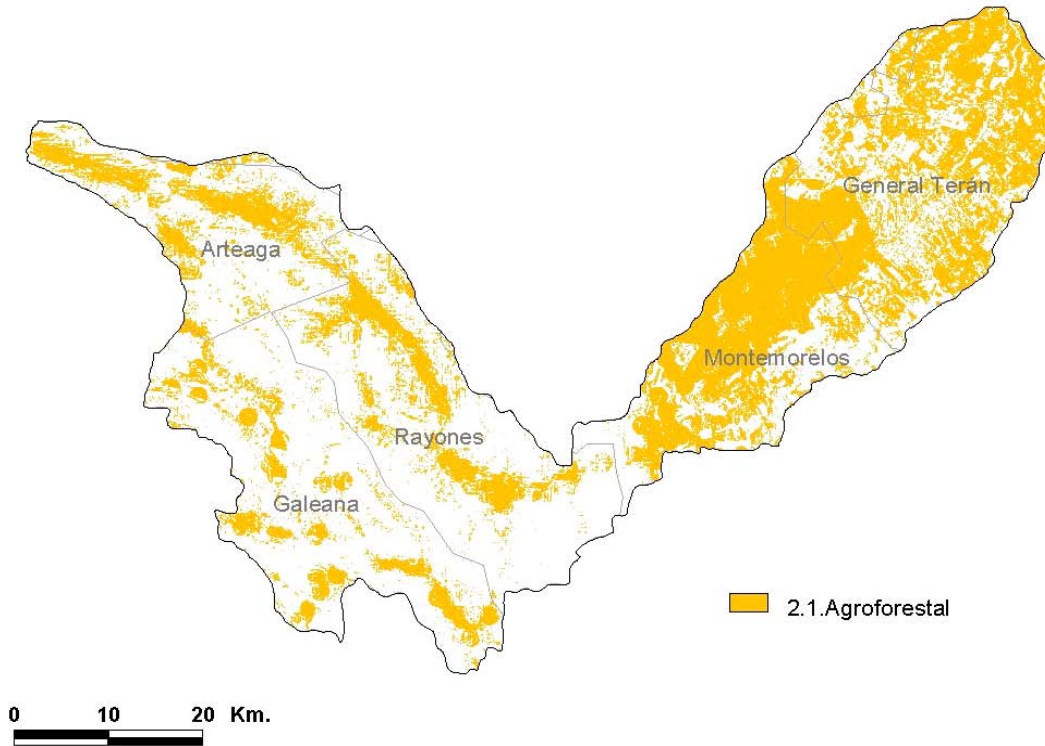


Figura 4. Sitios óptimos para el desarrollo de sistemas agroforestales del tipo agro silvícola.

La mayoría de sitios óptimos para el establecimiento de sistemas agroforestales del tipo pastoril silvícola, se encuentran en Montemorelos y General Terán. Para el manejo de estos sistemas se recomienda la rotación de cultivos introduciendo especies de alto valor nutritivo y el manejo de rastrojos. Se considera necesaria también la introducción de cercos vivos y de especies de árboles nativos para que funjan como sombra. Especialmente importante en el manejo de estos sistemas es la limitación y rotación del pastoreo de las cabras, ya que reducen la regeneración y pueden causar serios daños a las especies nativas, además de contribuir a la compactación del suelo (Figura 5).

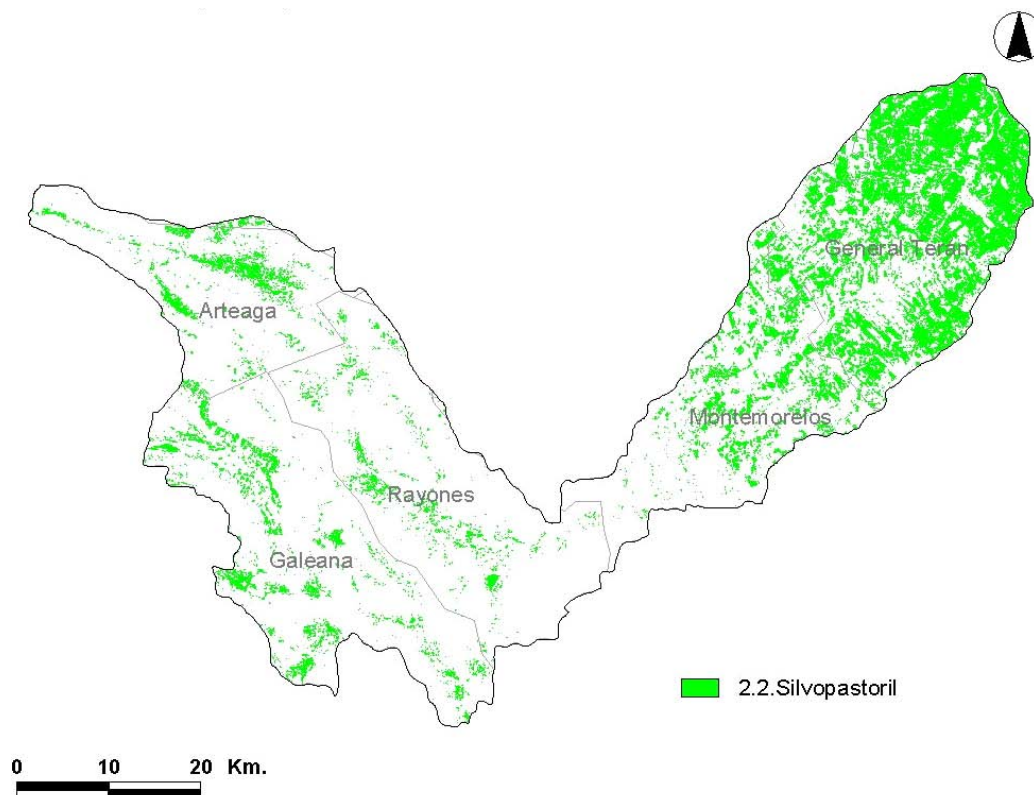


Figura 5. Sitios óptimos para el establecimiento de sistemas agroforestales del tipo pastoril silvícola.

Gran parte del territorio de la cuenca es susceptible de ser restaurado en sus bosques y matorrales, sin embargo es necesario recordar que la restauración sólo puede llevarse a cabo en aquellas zonas donde no compita con otras actividades.

Para la restauración de bosques y matorrales se recomienda detectar los sitios donde la vegetación ha sido removida para sembrar en ellos las especies nativas de acuerdo al tipo de vegetación original (Figura 6).

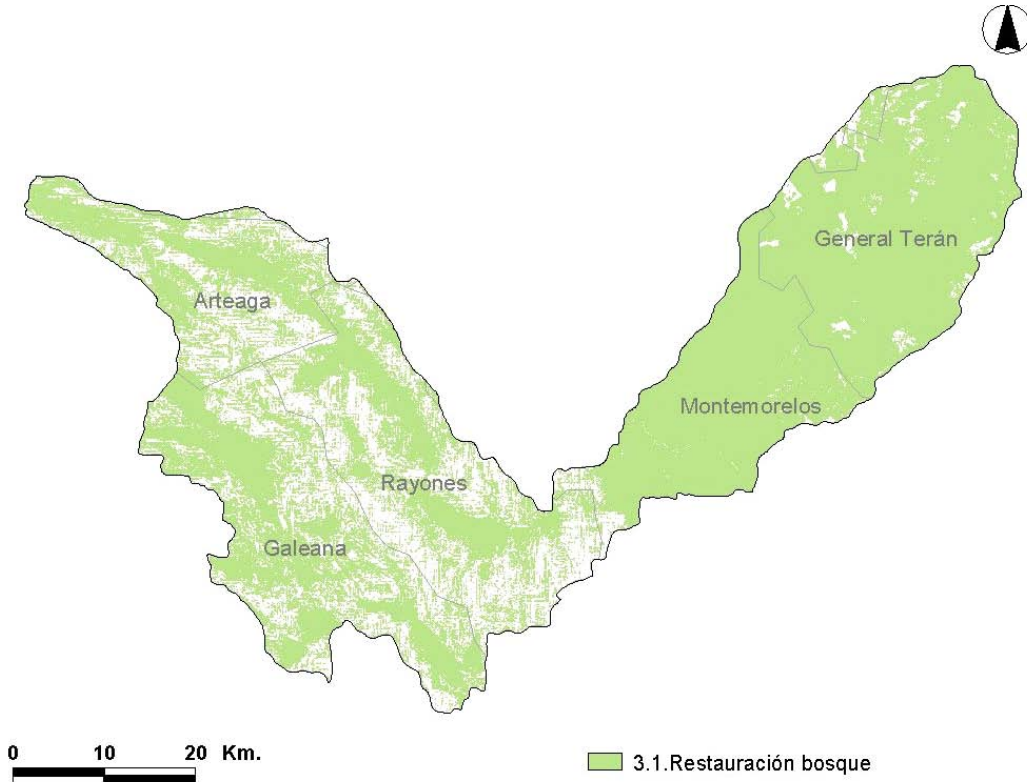


Figura 6. Sitios óptimos para la restauración de bosques y matorrales.

Los sitios óptimos para la restauración de laderas se localizan sobre todo en los municipios de Rayones y Galeana. En estas zonas conviene establecer sistemas de surcos y empalizadas para reducir el impacto del agua de escorrentía. Estas zonas deberán ser inicialmente plantadas con especie de alta capacidad de adaptación tales como el cenizo (*Leucophyllum frutescens*) y posteriormente enriquecidas con especies de mayor importancia ecológica (Figura 7).

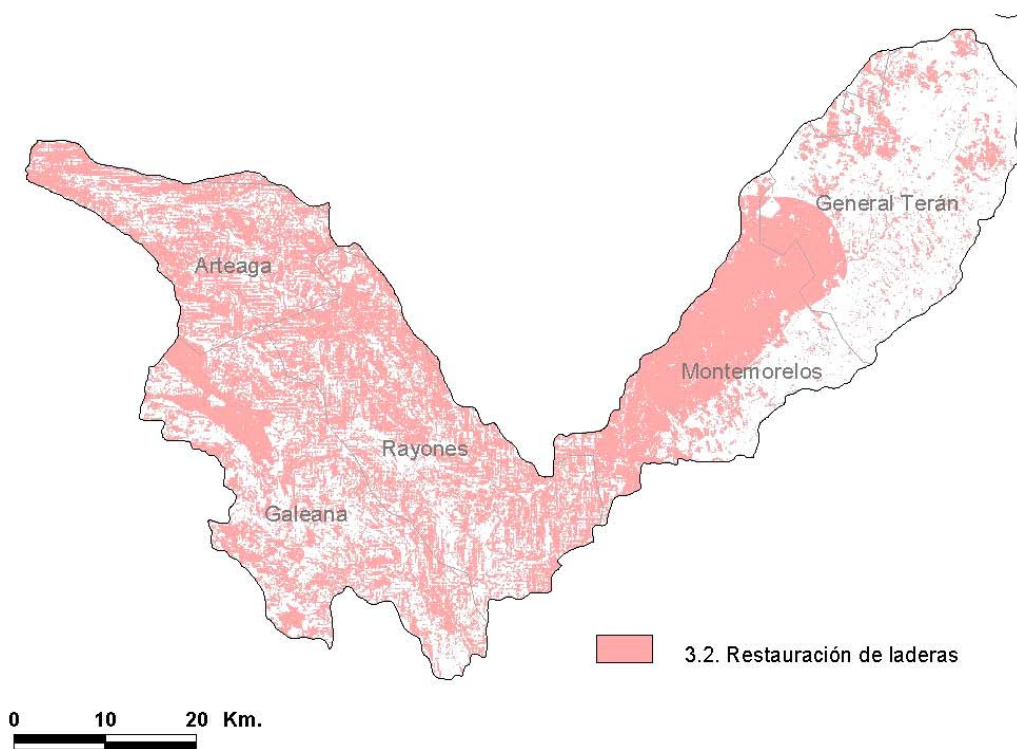


Figura 7. Sitios óptimos para la restauración de laderas.

Las actividades de restauración de la vegetación riparia requieren del inventario y estudio de la estructura de la vegetación remanente, con el fin de tratar de reestablecer las condiciones originales. El éxito de estas actividades dependerá también del establecimiento de sistemas de protección de plantas recién introducidas. También depende de la participación de los habitantes de las localidades cercanas, para lo cual se requeriría implementar un programa de participación y educación ambiental para el manejo del río y establecer o fortalecer los comités de vigilancia de las riberas (Figura 8).

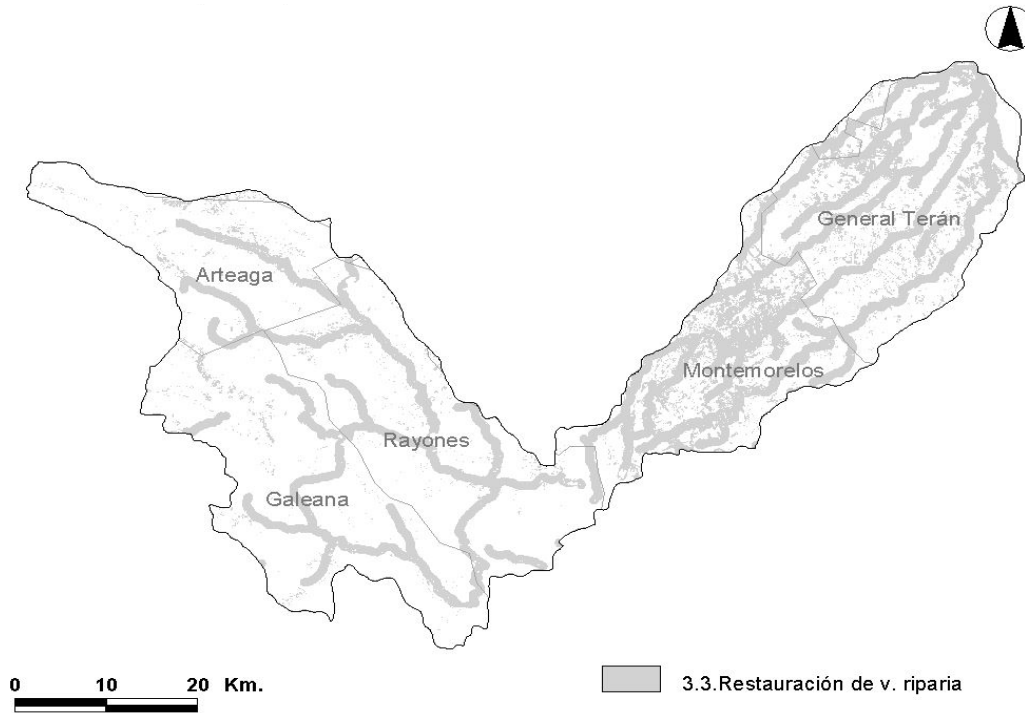


Figura 8. Sitios óptimos para la restauración de vegetación riparia.

De la sobreposición de sitios óptimos para las actividades recomendables, se obtuvo el mapa de zonificación de actividades para el manejo de la subcuenca. Este se muestra en la figura 9. Es evidente la reducción de territorio designado para la restauración, ya que ésta no puede llevarse a cabo si no se han satisfecho primero las necesidades básicas de la sociedad.

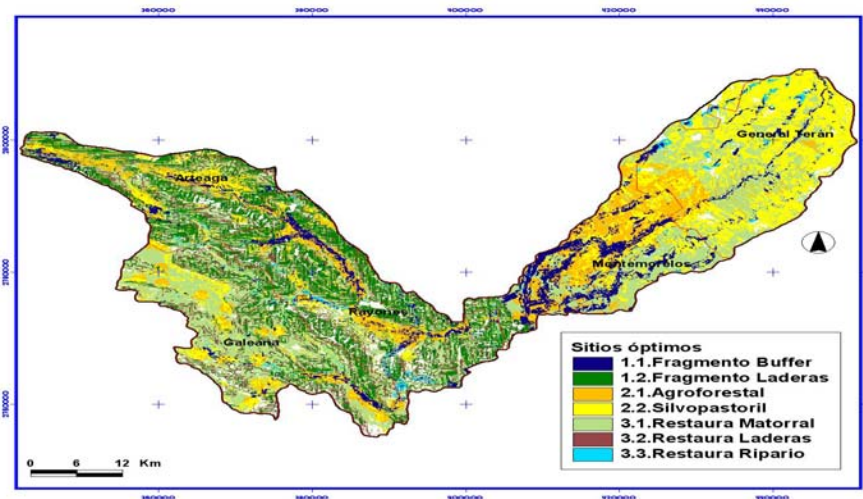


Figura 9. Zonificación de actividades para el manejo de la subcuenca.

El cuadro 4 resume la superficie ocupada por los sitios óptimos para el desarrollo de las actividades recomendables en los municipios de la subcuenca.

Cuadro 4. Superficie (Ha) ocupada por los sitios óptimos para las actividades recomendables en los municipios de la cuenca.

Actividad Recomendable	Galeana	Rayones	Montemorelos	General Terán	Arteaga
1.1 Fragmentos útiles como zonas de amortiguamiento	1641.0	4521.8	10315.0	2632.8	1971.5
1.2 Fragmentos útiles para estabilización de laderas	8513.3	17711.3	1380.5	0.0	10921.0
2.1 Sistemas agroforestal de tipo agro silvícola	4913.3	6974.0	12231.8	4642.8	5831.5
2.2 Sistemas agroforestal de tipo pastoril silvícola	5432.8	2373.0	6547.8	31391.3	3167.8
3.1 Restauración de bosques y matorrales	28438.8	14098.3	12382.5	18688.3	9020.0
3.2 Restauración de laderas	6839.3	5901.3	302.5	0.0	3458.0
3.3 Restauración de vegetación riparia	377.3	958.0	101.3	1117.5	115.5

CONCLUSIONES

La zonificación respeta las características físicas y biológicas de la subcuenca e incorpora tanto los patrones de cambio de uso del suelo, como su riesgo de degradación. Es por ello que no sorprende que en gran parte de la superficie de Rayones y Galeana se recomienden actividades de conservación; mientras que en Montemorelos y General Terán se recomiendan más las actividades productivas.

De este modo, la zonificación cumple con el objetivo de conciliar las necesidades de producir y de conservar los recursos de la subcuenca.

LITERATURA CITADA

Antonio.Némiga, X.; Treviño-Garza E. J.; Jiménez-Pérez, J.; Villalón Mendoza H. y J. de J. Nívar-Cháidez 2006. **Cambios en la vegetación en la subcuenca del Río Pilón, Nuevo León, México.** Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del ambiente, XII (1) 5-11

- Cantú, C., Sariñana, R., Rodríguez, G., González, F., Treviño, E., Rocha, L. y Hernández, S. 1999. **Evaluación e inventarios de áreas naturales susceptibles para la conservación ecológica en Nuevo León.** Monterrey Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León -SEMARNAP Nuevo León- Subsecretaría de Ecología del gobierno del Estado de Nuevo León.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1998. **Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.** Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 28 de enero.
- FAO. 2007. **Red en Manejo de Cuencas Hidrográficas.** (En línea). Disponible en <http://www.rlc.fao.org/redes/redlach/>
- Fulcher, Chris. 2000. **Community Mapping: an Internet-Based Tool for Community Decision Support.** Forthcoming: 13th Annual Conference of the Public Administration Theory Network, “Multiple Perspectives, Multiple Works,” Ft. Lauderdale, FL, January 28-29, 2000.
- Stanbury, K. B. y R. M. Starr. 1999. **Applications of Geographic Information Systems (GIS) to habitat assessment and marine resource management.** Oceanologica Acta, Volume 22, Issue 6, Marine Benthic Habitats and their Living Resources: Monitoring, Management and Applications to Pacific Island Countries, November-December 1999, Pages 699-703.
- Kliskey, Andrew D. 1995. **The role and functionality of GIS as a planning tool in natural-resource management, Computers.** Environment and Urban Systems, Volume 19, Issue 1, January-February 1995, Pages 15-22.
- Lal, P., H. Lim-Applegate, y M. Scocimarro. 2001. **The adaptive decision-making process as a tool for integrated natural resource management: focus, attitudes, and approach.** Conservation Ecology 5(2):11. (En Línea) Disponible en <http://www.consecol.org/vol5/iss2/art11/>
- López, C., F. 1994. **Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de la erosión.** Publicaciones TRAGSA-Mundiprensa: Madrid. 508 p.
- Rao, M., G. Fan, J. Thomas, G., Cherian, V. Chudiwale y M. Awawdeh. 2006. **A web-based GIS Decision Support System for managing and planning USDA's**

- Conservation Reserve Program (CRP), Environmental Modelling & Software.** In Press, Corrected Proof, Available online 22 November 2006.
- Matthies, M., Giupponi, C. y B. Ostendorf. 2007. **Environmental decision support systems: Current issues, methods and tools, Environmental Modelling & Software.** Volume 22, Issue 2, Environmental Decision Support Systems, February 2007, Pages 123-127.
- Ministerio de Medio ambiente de Cuba. 2007. **Cuencas hidrográficas.** (En línea). Disponible en <http://www.medioambiente.cu/ainternacional/cuencas.htm>
- National Research Council. 2002. **Geographical Information for Sustainable Development in Africa.** Committee on the Geographic Foundation for Agenda 21, Committee on Geography, Mapping Science Committee. The National Academies Press
- NOM-ECOL 060. 1994. **Norma oficial mexicana que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.** Diario Oficial de la Federación: 13 de Mayo de 1994. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- NOM-ECOL 062. 1994. **Norma oficial mexicana que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad que se ocasionen por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios.** Diario Oficial de la Federación: 13 de Mayo de 1994. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Pronatura Noreste. 1998. **Zonas prioritarias de conservación en el Noreste de México.** Memorias del taller de conservación 1998. Monterrey, Nuevo León, México: autor.
- Sánchez, R. 1987. **Algunas características hidrológicas del Río Pilón.** Ingeniería Hidráulica en México. II. (2): 36-51.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2001. **Plan estratégico forestal.** México, D. F: Autor. 173 p.
- Shree S. Nath, John P. Bolte, Lindsay G. Ross y Jose Aguilar-Manjarrez. 2000. **Applications of geographical information systems (GIS) for spatial decision**

- support in aquaculture.** Aquacultural Engineering, Volume 23, Issues 1-3, September 2000, Pages 233-278.
- SIMBAD. 2000. **Principales indicadores socioeconómicos del XI censo de población, 1999.** Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática. (En línea) Disponible en www.inegi.gob.mx
- Gumbrecht, T. 1996. **Application of GIS in Training for Environmental Management.** Journal of Environmental Management, Volume 46, Issue 1, January 1996, Pages 17-30.
- UNEDC. 1992. **Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.** Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Reunión en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992.

AGRADECIMIENTOS

Financiado por CONACyT – SIRREYES 2000060006 y beca Conacyt 160864.

Xanat Antonio Némiga

Doctora en Ciencias en Manejo de Recursos por la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma del Estado de Nuevo León. Maestra en Ciencias por el Internacional Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC) de Enschede, Holanda. Licenciada en Biología por la Universidad Veracruzana de Xalapa, Veracruz. Profesora Investigadora de Tiempo Completo adscrito a la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México. Publicaciones recientes: Coautora del tomo I del libro **“Análisis estratégico de Monterrey: Un diagnóstico para el desarrollo”** (2004). ITESM – CEMEX. Sección Medio Físico Natural. Sección Medio Físico Natural Pág. 39-235. ISBN: 968891-065-1; Antonio, X., S. Purata y E. Treviño. (Abril – Junio 2006). **“Análisis social y espacial del uso de la leña en el trópico mexicano”**. CIENCIA UANL. Volumen IX. No. 2: 135 -141; Antonio, X. y E. Treviño. (2005). **“Modelo de riesgo de degradación del suelo en la cuenca del río Pílon, Nuevo León, México”**. Temas de investigación Geográfica a 30 años de la relación México-Polonia, Balderas, M. A., Monroy, G., Carreto, F. (coordinadores). UAEM- Universidad de Varsovia. ISBN: 978970757092-4; Antonio, X., E. Treviño, J. Jiménez, H. Villalón, J. de J. Návar (2006). **“Evaluación de cambios en la vegetación en la subcuenca del río Pílon”**. Revista CHAPINGO serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Vol XII. No. 1. Págs. 5-12; Treviño, E.J.; Salinas, W.; Antonio, X. (2005). **“Evaluación de la producción de agua usando modelos de análisis geográfico”**. REVISTA MAPPING, S. L 2005 IX (7) 13-23 ISSN: 1.131-9.100; **Candidata al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACyT - México.**

Eduardo Javier Treviño Garza

Doctor en Ciencias Forestales en especialidad en Manejo Forestal por la Universidad de Gotinga, Alemania. Biólogo por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, N. L. México. Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias Forestales. Líneas de investigación son: Desarrollo de técnicas y metodologías para la aplicación de la geomática en el monitoreo e inventario de recursos naturales; implementación de modelos espaciales para la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales utilizando los sistemas de información geográfica y el establecimiento de criterios para el ordenamiento ecológico. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACyT-México.**