

See discussions, stats, and author profiles for this publication at:
<https://www.researchgate.net/publication/256474297>

Biodiversidad y Desarrollo Rural en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León

Book · January 2013

DOI: 10.13140/RG.2.1.2714.2245

CITATIONS

3

READS

910

11 authors, including:



Jose Juan Flores Maldonado

Especies, Sociedad y Hábitat, A. C.

16 PUBLICATIONS **15 CITATIONS**

[SEE PROFILE](#)



Antonio Moreno Talamantes

Especies, Sociedad y Hábitat A.C.

24 PUBLICATIONS **49 CITATIONS**

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Conservation of endangered pollinating bats through community "bat-friendly" agave management in northeast Mexico [View project](#)



Tardigrades of moss in North of Mexico. [View project](#)



**BIODIVERSIDAD Y DESARROLLO RURAL
EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL
DE NUEVO LEÓN**



Biodiversidad y Desarrollo Rural en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León

Autores:

*José Juan Flores Maldonado
Antonio Moreno Talamantes
Mario Alberto García Aranda
Oscar Adrián Leal Nares
Cuauhtémoc Ibarra Sánchez
Rubén Marcos González Iglesias
Claudia Beatriz Ramos Silva
Nora Nallely Villa Hernández
Óscar Gehú Paz
Santiago Salazar Hernández
Sonia Gabriela Ortíz Maciel*

Especies, Sociedad y Hábitat, A. C.



Especies, Sociedad y Hábitat, A. C.
Desarrollo Sustentable y Conservación

Biodiversidad y Desarrollo Rural en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León

Título derivado del proyecto: “Biodiversidad y Desarrollo Rural: Diagnóstico del estado de conservación de los recursos bióticos y servicios ambientales como base para el desarrollo social sustentable en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León”

*Primera edición, diciembre 2012,
Monterrey, N. L. México*

© José Juan Flores Maldonado

© Antonio Moreno Talamantes

© Mario Alberto García Aranda

© Oscar Adrián Leal Nares

© Cuauhtémoc Ibarra Sánchez

© Rubén Marcos González Iglesias

© Claudia Beatriz Ramos Silva

© Nora Nallely Villa Hernández

© Óscar Gehú Paz

© Santiago Salazar Hernández

© Sonia Gabriela Ortiz Maciel

Diseño de portada: Óscar Adrián Leal Nares

Fotografías: Óscar Gehú Paz / Archivo Especies, Sociedad y Hábitat, A.C.

Cartografía: Antonio Moreno Talamantes

*Los Alpes, 301 D-3, Col. Jardín,
Monterrey, N. L.*

“Este material se realizó con recursos del Programa de Co-inversión Social, perteneciente a la Secretaría de Desarrollo Social. Empero, la ‘SEDESOL’ no necesariamente comparte los puntos de vista expresados por los autores del presente trabajo”

Índice

Capítulo 1. Presentación y descripción general de la zona de estudio	1
Capítulo 2. Biodiversidad: Conceptos y contexto estatal de su uso y conservación.....	13
Capítulo 3. Contribución preliminar al conocimiento de la biodiversidad de las comunidades rurales en la Sierra Madre Oriental.....	25
Capítulo 4. Análisis de la riqueza de especies de la <i>familia Pinaceae</i> en la Sierra Madre Oriental a partir de modelos de nicho ecológico para la identificación de áreas de relevancia para la conservación de la biodiversidad.....	55
Capítulo 5. Cambio de uso de suelo y captura de carbono en la Sierra Madre Oriental.....	67
Capítulo 6. Características hidrológicas de las cuencas en la Sierra Madre Oriental: Importancia de su conservación y manejo integral.....	107
Acrónimos	127

1. Presentación y descripción general de la zona de estudio

Autores:

José Juan Flores Maldonado

Mario Alberto García Aranda

Antonio Moreno Talamantes

1.1 Presentación

El área correspondiente a la Sierra Madre Oriental en Nuevo León, ocupa más de 1, 000, 000 de hectáreas. Esta región es fuente de suministro de importantes servicios ambientales como la captación de agua, la captura de carbono y la enorme biodiversidad que a lo largo de esta cadena montañosa se encuentra. Desde la perspectiva de la riqueza biológica que ostenta esta región, es importante mencionar que para el área de la Sierra Madre se tienen reportadas más de 480 especies de aves (Navarro-Sigüenza *et al.* 200), más de 1,000 taxa de plantas vasculares. Por otra parte, desde el punto de vista ecosistémico, esta Sierra presenta un total de 9 de los 12 tipos de vegetación reportados para Nuevo León según el Inventario Nacional Forestal 2000, además de presentar un aceptable grado de conservación de su cobertura vegetal (Figueroa *et al.*, 2011), lo que constituye un valioso sumidero de carbono ante los efectos del cambio climático. En otro orden de ideas, desde la perspectiva evolutiva, dentro de esta área, se han favorecido procesos de especiación que han derivado en la presencia de un número significativo de especies endémicas como la Guacamaya Serrana Oriental (*Rhynchopsitta terrisi*) (Enkerlin-Hoeflich, 1997; Ortiz-Maciel, *et al.*, 2010), algunas plantas como la recientemente descubierta y descrita *Agave albopilosa* (Cabral-Cordero *et al.* 2007) por mencionar algunas.

Por otra parte, el mosaico de paisajes presentes en la SMO, resultan críticos para el desarrollo de los ciclos de vida de una gran diversidad de especies, tanto de carácter migratorio como residentes, de las cuales, algunas de ellas, están consideradas bajo fuerte presión de conservación, tal es el caso del chipe mejilla dorada (*Setophaga chrysoparia*) (Rappole *et al.* 2000), así como de considerarse como un área de maternidad para colonias de murciélago guanero de cola libre (*Tadarida brasiliensis mexicana*) (Jiménez-Guzmán *et al.* 2001), y presentar hábitat en buen estado de conservación para grandes predadores como el Oso negro (*Ursus americanus*) (Zepeda-González, *et al.* 1997) y felinos como el Jaguar (*Panthera onca veracruzis*) (Rosas-Rosas y López-Soto, 2002). En contraparte, el conocimiento generado para algunos grupos bióticos, aún resulta incipiente y corre el riesgo de perderse debido a la transformación de estos ecosistemas silvestres. Por tal razón y bajo este contexto, desde 1939, se estableció el área natural protegida Parque Nacional Cumbres de Monterrey, ocupando una superficie que representa el 16 % del área comprendida por la Sierra Madre Oriental en Nuevo León. Sin embargo una proporción significativa

de la tenencia del suelo de esta región fisiográfica de Nuevo León pertenece a núcleos ejidales, comunidades rurales y propietarios particulares, los cuales han sido históricamente los que han aprovechado los recursos naturales y por ende la biodiversidad presente en la SMO (Estrada-Castillón *et al.*, 2007).

Esta situación refleja la imperante necesidad de incorporar estos actores dentro de esquemas que favorezcan la conservación de sus recursos naturales y la biodiversidad dentro de sus predios. Condición que ha motivado en la implementación de mecanismos de protección de tierras alternativos al establecimiento de áreas protegidas, entre los que destacan servidumbres ecológicas, reservas comunitarias y esquemas de pago por servicios ambientales. Sin embargo, un aspecto crítico a considerarse es que desde el punto de vista socioeconómico, la mayoría de los pobladores que habitan la SMO, se catalogan como localidades de alta y muy alta marginación (Bezaury-Creel y Gutiérrez-Carbonell 2009), situación que se relaciona directamente con la fuerte presión sobre los recursos naturales.

En ese sentido, es importante señalar que las actividades primarias de dichas comunidades, se circunscriben a la ganadería de carácter extensivo, la agricultura y el aprovechamiento de recursos forestales maderables y no maderables, mismos que en muchas de las ocasiones, se desarrollan bajo esquemas que han contribuido al deterioro ambiental. De esa forma, los efectos derivados de dichas prácticas que podemos observar, se encuentran: la pérdida de suelo por sobrepastoreo, la apertura de áreas de cultivo en zonas poco propicias, la pérdida de la capacidad productiva del suelo, la tala excesiva, la presencia de plagas forestales y en algunos de los sitios, la generación y el manejo de residuos sólidos, además de la subsecuente pérdida de diversidad biológica. Bajo un análisis general de las causas de dichas problemáticas, podemos señalar que en la mayoría de los casos, estos conflictos ambientales, obedecen al desconocimiento de los bienes y servicios ambientales que la diversidad biológica puede ofrecer, aunado a la carencia de directrices de manejo que contribuyan al desarrollo de mejores prácticas y que garanticen rendimientos aceptables sin el detrimento de los recursos naturales. En este respecto, una de las etapas cruciales para garantizar la conservación en el largo plazo, resulta ser el inventario de los recursos disponibles y la transferencia de esa información hacia los usuarios del área. De esta manera, a través de esta iniciativa, buscamos inventariar y caracterizar las condiciones ambientales de cinco comunidades rurales que constituyen una muestra de análisis a nivel regional (ejidos El Refugio, Tepozanes, en Zaragoza, Ejido Galeana, Galeana, Ejido Rayones, Rayones y Ejido San Antonio de la Osamenta, Santa Catarina, N. L.), como una alternativa para que los usuarios de estos ejidos, reconozcan las posibilidades de diversificación productiva que se presentan en un área conservada.

Por otra parte, el proveer y transmitir información del estado de conservación y los servicios ambientales disponibles, puede contribuir a formar una actitud crítica respecto a los modelos de aprovechamiento actualmente implementados por estas comunidades, motivando la participación de los usuarios y sirviendo de guía para encaminar las actividades de aprovechamiento bajo un marco de sustentabilidad, que contribuya a un desarrollo social armónico con la preservación del medio ambiente.

1.2 Descripción general del área de estudio

1.2.1 Ubicación geográfica

El área de estudio se encuentra ubicada en la porción centro sur del estado de Nuevo León, México y está conformada por los municipios de Santa Catarina, San Pedro Garza García, Monterrey, Santiago, Allende, Montemorelos, Rayones, Galeana, Linares, Iturbide, Aramberri y General Zaragoza (Figura 1.1).

1.2.2 Clima

El área de estudio se ubica dentro de la zona subtropical de alta presión; esta posición aporta un comportamiento climático influido por masas de aire marino, continental y de circulación superior que dan lugar a un solo máximo térmico, típico de las zonas subtropicales y un amplio rango térmico. En verano existe influencia de la circulación general de los vientos, en la mitad caliente del año por el movimiento del centro anticiclónico "Bermuda-Azores". Esta circulación de vientos húmedos marinos penetran al país por la costa del Golfo y al chocar con la Sierra Madre Oriental produce abundante precipitación, por lo que la humedad se presenta en la exposición noreste de la Sierra Madre mientras que la vertiente suroeste se ve afectada por un efecto de sombra de lluvia; el viento de gran altura que logra sobrepasar esta barrera se desplaza hacia la Altiplanicie Mexicana y en el extremo norte la precipitación es mayor. En verano se tienen temperaturas más altas llegando a la máxima en julio y agosto. En septiembre, la temperatura se amortigua con el aumento de precipitación por influencia ciclónica. Este descenso continúa y llega a su mínimo en diciembre y enero por la circulación invernal. A finales de otoño, existe una circulación invernal que se desplaza al sur de la zona subtropical de alta presión, la circulación ciclónica desciende iniciando dominio de la circulación ciclónica de vientos procedentes del oeste, típicos de la circulación en latitudes medias. En su base, estos vientos tienen menor humedad y dan al aire una sequedad que domina en la mayor parte de la mitad fría del año. En esta temporada se presentan masas de aire polar que originan bajas térmicas correspondientes a masas de aire continental generadas del centro norte Norteamérica. La circulación invernal presenta una modificación con la prevalencia de la circulación meridional y provoca un aumento de frentes fríos que provocan precipitaciones de tipo frontal en el área en estudio, cuya presencia aporta una humedad que amortigua los descensos térmicos durante el invierno (Figura 1.2).

1.2.3 Condiciones Meteorológicas

Temperatura: Conforme avanza el año, se da un almacenamiento de energía desde la estación de invierno. En diciembre y enero se presentan las menores temperaturas. El máximo térmico y de radiación solar se presenta en el mes de julio. Posteriormente la temperatura se modifica por la presencia de masas de aire más frío y húmedo presentando descensos térmicos cerca de los 3°C hacia septiembre. En octubre y noviembre, hay penetración de masas frías del norte que intensifican el enfriamiento del suelo, en diciembre y enero se alcanzan los mínimos térmicos entre 13 y 15°C.

Precipitación: la parte norte de México es una región de precipitación escasa con aridez como respuesta de su situación geográfica en relación a la línea subtropical de alta presión. Los diagramas ombrotérmicos de la región señalan que casi toda el área tiene mayor influencia de las lluvias estacionales de verano, donde las precipitaciones originan fuertes chubascos de tipo convectivo y sólo hacia el sur y suroeste, las lluvias presentes son de tipo orográfico por lo que también son abundantes. Al activarse la circulación ciclónica de septiembre, vuelve a tenerse en el área una influencia de las masas de aire húmedo que van teniendo mayor importancia en la producción de lluvia en la zona (INEGI, 1986).

1.2.4 Fisiografía y topografía

La región se localiza dentro de la Provincia Geológica de la Sierra Madre Oriental, la cual limita hacia el norte con la Región del Big Bend y hacia el sureste con la Provincia del Eje Neovolcánico. Esta es un conjunto de sierras menores de estratos con plegamientos presentes, la más notable produce una topografía con fuertes ondulados paralelos, con condiciones variables en topografía, pendiente y orientación de laderas, que ejercen un efecto importante en la distribución de las comunidades vegetales. La elevación dentro del área fluctúa desde los 600 msnm hasta los 3,400 msnm. Las pendientes en la zona son de 0% a 1% en las zonas planas, hasta de 170% en ciertas partes de la Sierra, presentando los sedimentos marinos hasta en una posición vertical (Figura 1.3).

1.4.5 Geología

La región de la Sierra Madre Oriental está conformada por rocas de tipo sedimentario que varían en edad desde el Triásico hasta el Terciario, las cuales han sido depositadas sobre un basamento Paleozoico y Precámbrico. Por su litología, las rocas sedimentarias consisten en los tipos Caliza, combinaciones de Caliza-Lutita, Caliza-Yeso y Lutita-Arenisca (Mesozoico); Conglomerado (Cenozoico), se presentan también formaciones en abanico de aluvión (Figura 1.4).

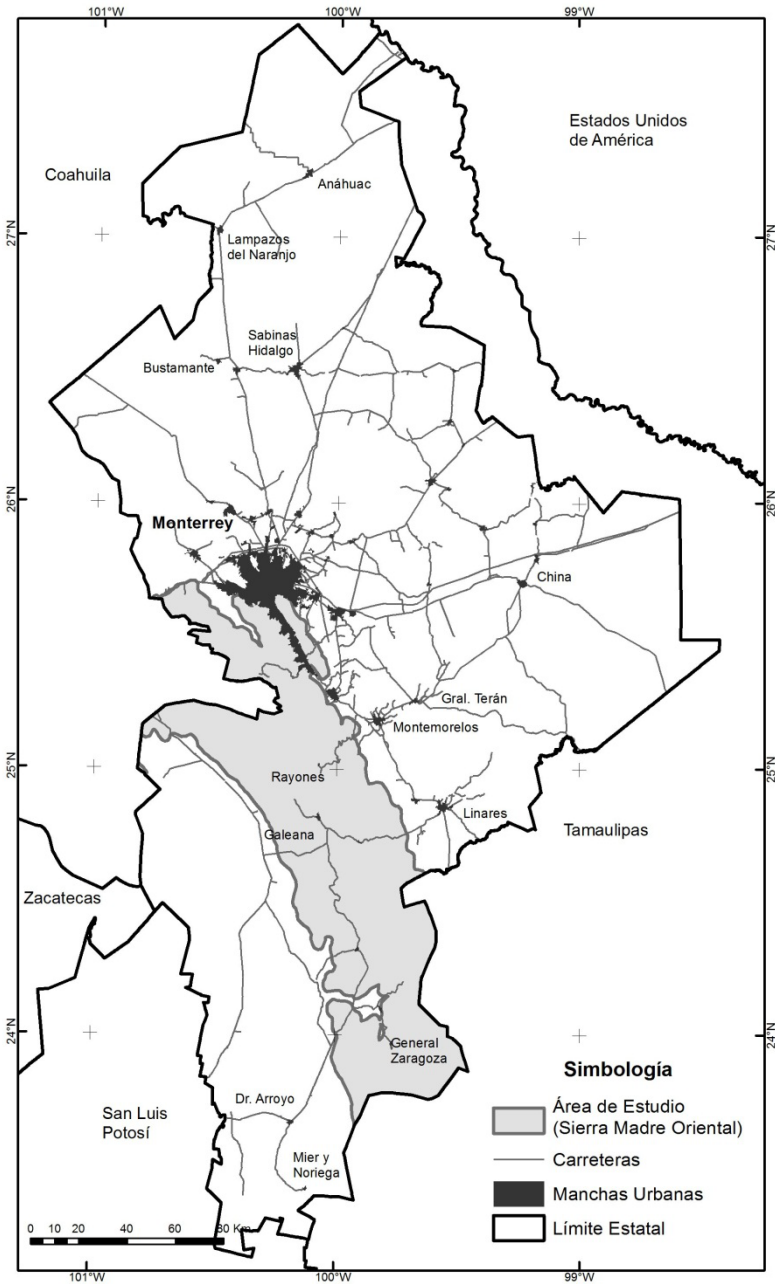


Figura 1.1. Localización del área de estudio.

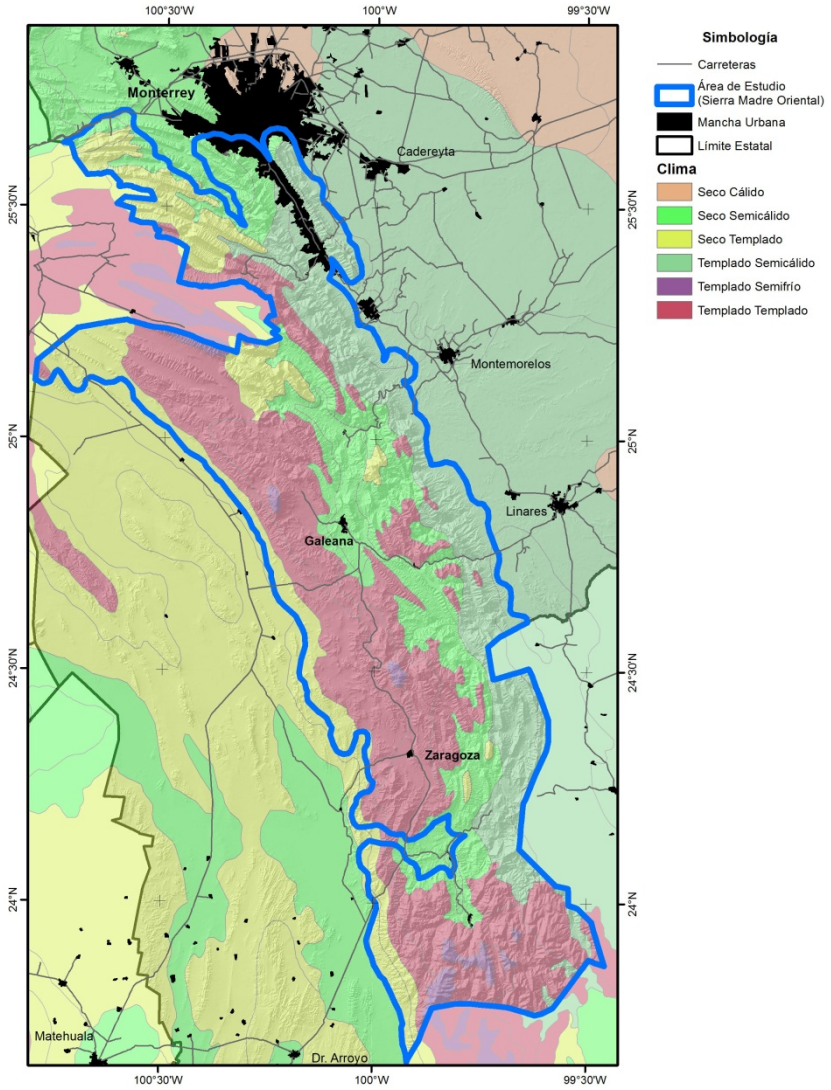


Figura 1.2. Climas predominantes en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León.

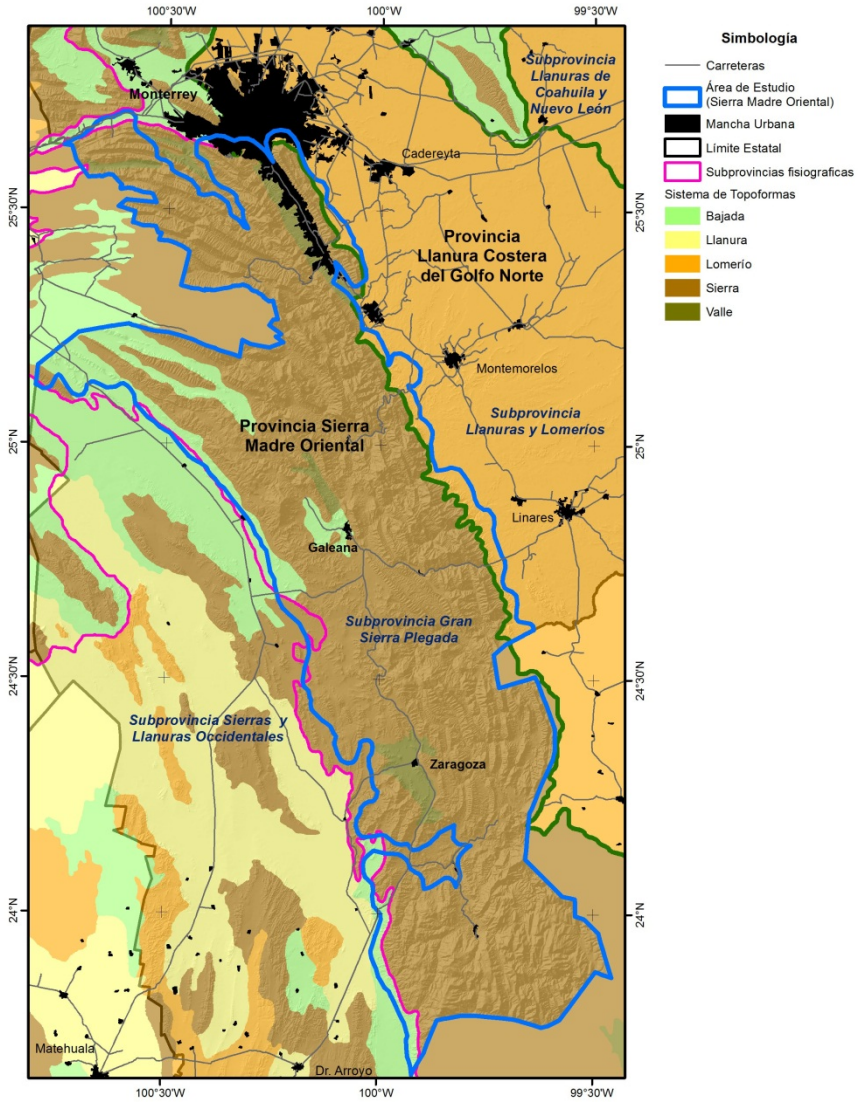


Figura 1.3. Fisiografía de la Sierra Madre Oriental de Nuevo León.

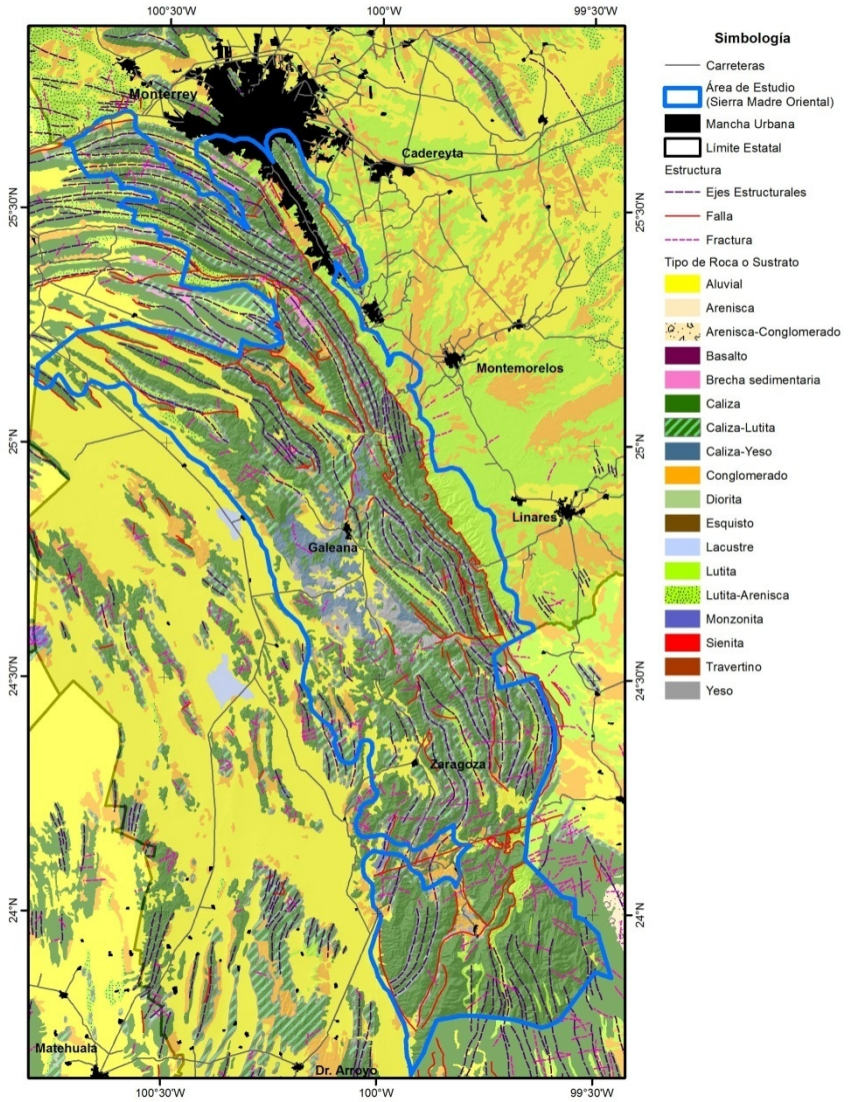


Figura 1.4. Geología del área correspondiente a la Sierra Madre Oriental de Nuevo León.

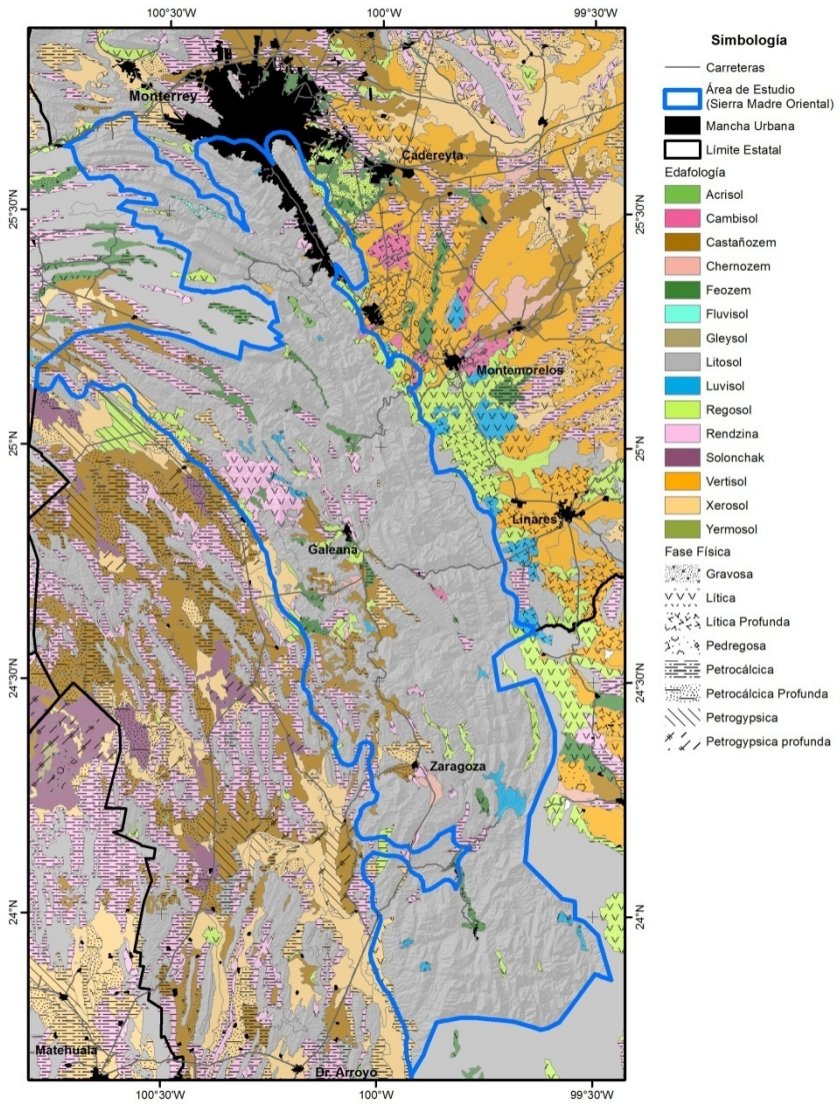


Figura 1.6. Edafología de la Sierra Madre Oriental de Nuevo León.

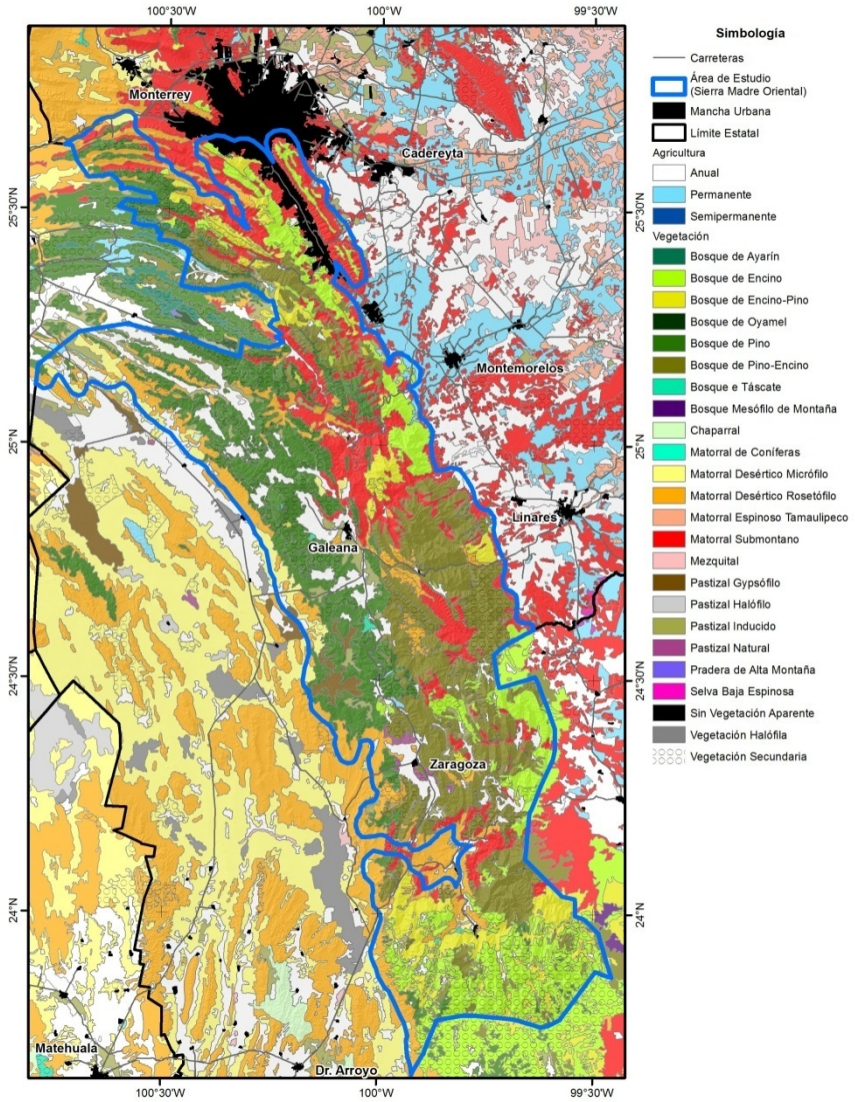


Figura 1.7. Tipos de Vegetación presentes en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León.

1.4.6 Edafología

En la región, los suelos son poco profundos y de textura gruesa y en ocasiones presentan subsuelos duros o poco permeables. Los tipos edáficos que cubren unidades de superficie >1,000 ha son el litosol, rendzina, regosol, feozem, castañozem, xerosol, luvisol y fluvisol (ITESM, 1994). Los que pueden estar sujetos a desertificación y a la pérdida por erosión, tanto eólica como hídrica. Los suelos de la parte norte dentro del municipio de Santa Catarina, son típicos de regiones semiáridas, como los litosoles en combinación con rendzinas, fluvisoles y feozem y se asocian con vegetación de tipo desértica. Esto da cuenta de el régimen climático donde han sido formados, con un régimen de evapotranspiración mayor a la precipitación pluvial, de esta manera el agua no alcanza a percolar a través de todo el perfil del suelo, y como consecuencia el agua aprovechable por las plantas es mínima y se presenta en períodos cortos. Como caso especial, se observa que el uso dado al suelo de las zonas de planicie tiene un efecto en una concentración alta de sales que culmina en la formación de horizontes salinos; además, estos suelos presentan en su perfil carbonatos de calcio, con lo cual se forma en algunos de ellos, horizontes cálcicos y petrocálcicos (Figura 1.6).

1.4.7 Vegetación

La complejidad fisiográfica y climática favorece la presencia de una variedad de comunidades vegetales presentes en ésta porción de la Sierra Madre Oriental como son los Bosques de Encino, Bosques de Pino, Bosques de Pino-Encino, Bosques Mixtos de Coníferas, Chaparrales y Matorral Desértico Rosetófilo en laderas secas. Las zonas bajas en la exposición este presentan Matorral submontano y las de exposición oeste presentan Matorral Desértico Micrófilo. Existen además pequeñas aéreas con comunidades particulares como son el Matorral de Coníferas, Bosques de Táscate y la Pradera de alta montaña. Algunos valles y bajadas presentan desmontes y un uso agrícola con régimen de riego temporal (INEGI, 1986 y 2005) (Figura 1.7).

3.2 Referencias bibliográficas

- Bezaury-Creel, J., D. Gutiérrez Carbonell et al.** 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 385-431.
- Cabral-Cordero, I., Villarreal-Quintanilla J., Estrada-Castillón E.** 2007. *Agavealbopilosa* (Agavaceae: Subgénero *Littaea*, Grupo *Striatae*), una especie nueva de la Sierra Madre Oriental del Noreste de México. *Acta Botánica Mexicana*, 80: 51-57.
- CONANP.** 2006. Programa de conservación y manejo. Parque Nacional Cumbres de Monterrey. <http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/PCM-20DIC06.pdf>. 179 pp.
- Enkerlin-Hoeflich, E., Macías-Caballero C., Monterrubio-Rico T., Cruz-Nieto M., Snyder N., Venegas-Holguín D., Cruz-Nieto J., Ortiz-Maciél G., González-Elizondo**

- J., y Stone E.** 1999. Status, distribución, ecología y conservación de las cotorras serranas (*Rhynchopsitta pachyrhyncha* y *R. terrisi*) en el Norte de México. Reporte Final. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Centro de Calidad Ambiental. Programa de Manejo Sostenible de Ecosistemas, Monterrey, Nuevo León, México.
- Estrada-Castillón, E., Villarreal J., Cantú C., Cabral I., Scott L. y Yen C.** 2007. Ethnobotany in the Cumbres de Monterrey National Park, Nuevo Leon, Mexico. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*: 3: 8.
- Figuroa, F., Sánchez-Codero V., Illoldi-Rangel P. y Linaje M.** 2011. Evaluación de la efectividad de las áreas protegidas para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. ¿Un índice es suficiente?. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 951-963.
- INEGI.** 1986. Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. INEGI.SPP. 170 pp.
- INEGI.** 2005. Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III. México.
- ITESM.** 1994. Estudio de Cobertura, Uso Actual del Suelo y Creación de una Base de Datos sobre los Recursos Naturales para el Parque Nacional Cumbres de Monterrey. ITESM, Centro de Calidad Ambiental. Laboratorio de Información Georreferenciada. 213 pp.
- Jiménez-Guzmán, A., Zúñiga-Ramos M.A. y Niño-Ramírez J.A.** 2001. Los mamíferos de Nuevo León, México. Primera edición. Universidad Autónoma de Nuevo León. 172 pp.
- Navarro-Sigüenza, A., Garza-Torres H.A., López de Aquino S., Rojas-Soto O. y Sánchez-González L.A.** 2004. Patrones biogeográficos de la avifauna. pp: 469-486. En: Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental, Luna I., Morrone J.J. y Espinosa D. (eds). Primera edición. CONABIO. 521pp.
- Ortiz-Maciel, S. G., Macías-Caballero C. y Enkerlin-Hoeflich E.** 2010. Maroon-fronted parrot (*Rhynchopsitta terrisi*) breeding home range and habitat selection in the northern Sierra Madre Oriental, Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology* 122(3):513–517.
- Rappole, J.H., King D.I., and Leimgruber P.** 2000. Winter habitat and distribution of the endangered golden-cheeked warbler (*Dendroica chrysoparia*). *Animal Conservation* 2: 45–59.
- Rosas-Rosas, O. y López-Soto J.H.** 2002. Distribución y estado de conservación del jaguar en Nuevo León, México. pp. 393-401. En: El jaguar en el nuevo milenio (R. A. Medellín et al, eds.) Fondo de Cultura Económica – Universidad Nacional Autónoma de México – Wildlife Conservation Society. 647 pp.
- Zepeda-González, J., Arroyo-Cabrales J., Polaco O.J. y Jiménez-Guzmán A.** 1997. Notas a cerca de la distribución de algunos mamíferos del sur de Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 2: 101-112.

2. Biodiversidad: Conceptos y contexto estatal de su uso y conservación

Autor:

José Juan Flores Maldonado

2.1 ¿Qué es y qué tanto conocemos de la biodiversidad?

Por diversidad biológica o biodiversidad entendemos la variedad de las formas de vida (Gaston, 2010). Toledo (2005), describe a este concepto como la trilogía biológica, ya que incluye tres componentes, que se encuentran íntimamente relacionados. El primero de ellos abarca la diversidad genética, es decir la información contenida en los genes de los organismos y su variabilidad dentro y entre individuos que pertenecen al mismo grupo. El segundo nivel lo compone la diversidad de especies, es decir, la variación en formas de vida tanto de animales, plantas, hongos, bacterias etc. Finalmente, el tercer componente es la diversidad de paisajes, o en otras palabras, se refiere a los ecosistemas, mismos que sustentan importantes procesos ambientales (CONABIO, 1998).

México es reconocido como uno de los países mega diversos a nivel mundial (Mittermeier y Goettsch, 1992), esto como consecuencia de la gran variabilidad topográfica y climática, misma que ha favorecido la presencia de una gran cantidad de especies de plantas y animales. Aunado a ello, los países que combinan alta biodiversidad, presentan también una diversidad cultural importante (Boege, 2009). Esta enorme riqueza biológica o capital natural, ha estado íntimamente ligada al desarrollo y evolución de la sociedad, de modo que también podemos argumentar que, en este contacto entre hombre y naturaleza, ha derivado en el desarrollo de una cultura en torno a la biodiversidad. Estas manifestaciones se describen a través de la memoria intangible de los diversos pueblos y comunidades en la forma de la domesticación de especies silvestres como el caso del maíz (Kato *et al.* 2009), el desarrollo de arte popular (Turok, 2009); en los conocimientos populares, tradiciones, usos y creencias que las distintas poblaciones tanto indígenas como rurales que forman parte de la visión cosmogónica y el folklore de estas comunidades. Por otra parte, es importante señalar que la biodiversidad representa una parte importante de la economía nacional y de la de autoconsumo de no menos de 20% de la población del país (Conabio, 2006), principalmente de la población rural.

Pese a que la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad se considera como un asunto estratégico, manifestado en la Cumbre de Río de Janeiro, en la actualidad, la diversidad biológica, no ha sido lo suficientemente valorada en la agendas de la política ambiental (Noss, 1990). Varias son las causas de esta situación, sin embargo, una de las más importantes es el desconocimiento o la carencia de diagnósticos sobre los recursos naturales dentro de las distintas entidades geográficas, lo que se traduce en la dificultad para su monitoreo, y en

consecuencia, su administración y el manejo sustentable de biodiversidad en sus distintos componentes.

Al hablar de la Sierra Madre Oriental, podemos señalar que esta región proporciona innumerables servicios ambientales a las grandes ciudades de Monterrey, Nuevo León, Cd. Victoria, Tamaulipas y Saltillo, Coahuila, principalmente a través de la provisión de agua y servir como un sumidero de carbono que contribuye a mejorar la calidad del aire (Alanís, 2004), además de proporcionar a las distintas comunidades rurales, recursos naturales entre los que destacan plantas medicinales, alimentos de origen animal y vegetal, forrajes, artículos para la construcción de herramientas y hogares, entre otros (Estrada-Castillón *et al.*, 2007).

En ese respecto, el conocimiento que se tiene sobre la diversidad biológica de la Sierra Madre Oriental en Nuevo León, a pesar de que se cuenta con referencias de colectas botánicas y faunísticas desde 1900 (Velazco-Macías, 2009; Zepeda-González *et al.*, 1997), dista aún de estar completo, situación que refuerza la necesidad de realizar trabajos que permitan sistematizar los datos sobre biodiversidad y de esa manera, permitan el desarrollo de un marco de referencia que contribuya al manejo sostenible de sus recursos naturales, a partir de la diversificación productiva del sector rural.

2.2 Usos y aprovechamientos de la biodiversidad en Nuevo León

Desde los albores de la humanidad, la biodiversidad ha sido un elemento fundamental que ha permitido la permanencia de las civilizaciones humanas (Benitez y Bellot, 2008), jugando un papel crítico en el funcionamiento de los ecosistemas y en los múltiples servicios que de ella obtenemos (Moreno y Verdú, 2007). Cuadro 2.1.

Actualmente, los bienes derivados de la biodiversidad, representan una parte importante de la economía nacional y de la de autoconsumo de no menos de 20% de la población del país (Conabio, 2006). Esta situación es más evidente en áreas rurales, donde la población habitante de estas localidades, recurre al aprovechamiento de los recursos naturales disponibles.

2.3 El Contexto Estatal del aprovechamiento de la biodiversidad

2.3.1 Productos Forestales Maderables

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2003), define el aprovechamiento forestal como la extracción de los recursos forestales del medio en que se encuentren, incluyendo los maderables y los no maderables. Por su parte, en lo referente a la definición de los Recursos Forestales Maderables, esta

ley los define como aquellos constituidos por vegetación leñosa susceptibles de aprovechamiento o uso.

Cuadro 2.1. Síntesis de cambios de uso del suelo y vegetación en la Sierra Madre Oriental.

Tipo de Servicio	Descripción
Servicios de suministro o uso directo,	Son los productos naturales o transformados que obtenemos de los ecosistemas. Entre ellos se destaca los recursos genéticos, alimentos, fibras y medicamentos. Estos servicios pueden o no tener algún costo monetario, ya que en muchos de los casos, éstos son utilizados para autoconsumo.
Servicios de regulación	Son los beneficios que se obtienen de los flujos de energía y materia que ocurren naturalmente en los ecosistemas, como el control de inundaciones, la polinización, la regulación climática, entre otros
Servicios de mantenimiento o estructura	Son beneficios imprescindibles para conservar los distintos elementos de la biodiversidad y por consiguiente para sostener la producción de todos los demás servicios del ecosistema. Como ejemplos podemos mencionar a la producción de oxígeno, la formación de suelo, el reciclaje de nutrientes, entre otros.
Servicios culturales	Son beneficios no materiales o intangibles que las personas obtenemos a través de nuestro enriquecimiento espiritual, moral, ético etc. Por ejemplo los usos religiosos de ciertos elementos de flora y fauna, o el disfrute de la naturaleza a través del turismo.

En ese sentido, el estado de Nuevo León la superficie arbolada por bosques son 348,637 Ha, la cual representa el 6.7 % estatal, por su parte, la superficie forestal con vegetación de zonas áridas es de 4'542,350 ha, el 87.3 %, y la superficie forestal con áreas perturbadas es de 128,820 ha, el 2.5 % del total (Capó-Arteaga *et al.*, 2007b). Estas cifras, colocan a Nuevo León, con un 3.7% del total nacional ubicándose en el 10° lugar por estados. Particularmente, la región correspondiente a la Sierra Madre Oriental ostenta una cubierta forestal de 884,002 hectáreas.

Según el estudio realizado por el Consorcio Forestal del Norte de México (2011), podemos señalar que a nivel estatal, los aprovechamientos forestales maderables de mayor importancia, en cuanto a fuente de empleo e ingresos para los dueños y poseedores del recurso forestal, se presentan en los municipios Galeana (38.79%), General Zaragoza (19.55%) y Aramberri (8.55%) (Figura 2.1).

2.3.2 Productos Forestales No Maderables

Los Productos Forestales No Maderables (PFNM), son bienes con origen biológico diferentes de la madera que se derivan de los bosques, áreas forestales y de árboles aislados de los bosques; que son recolectados de manera silvestre y también pueden producirse en plantaciones forestales y/o sistemas;

teniendo como finalidad usos alimentarios, artesanales, culturales, medicinales, cosméticos, entre otros para la población humana (López-Camacho, 2008).

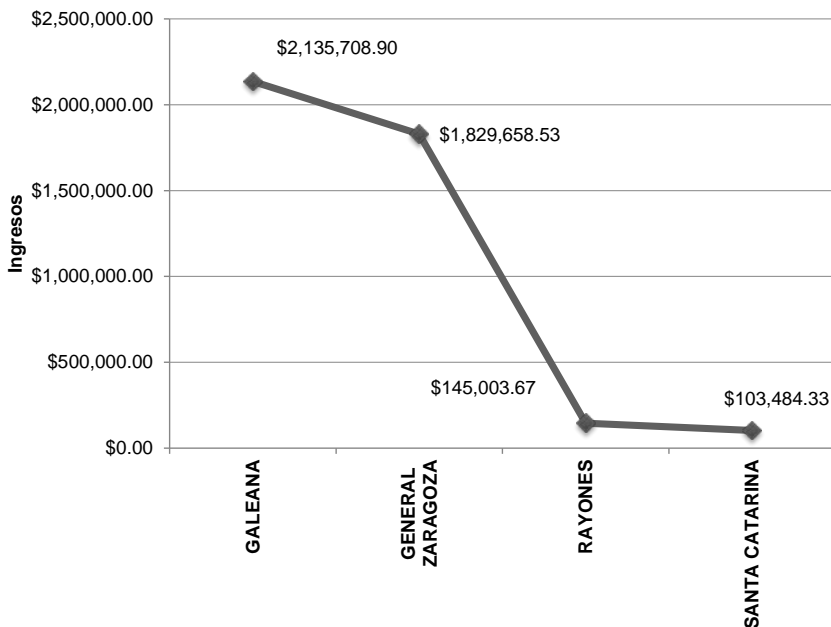


Figura 2.1. Ingresos promedio por el aprovechamiento forestal de pino en el periodo (2006 – 2011) para los municipios donde se desarrolló el proyecto (fuente: <http://www.agronuevoleon.gob.mx/oeidrus/>).

Así, los PFNM constituyen una colección de recursos biológicos que incluye una gran variedad de beneficios, como por ejemplo: frutas, nueces, semillas, aceites, especias, resinas, gomas, plantas medicinales y muchos otros (Tapia-Tapia y Reyes-Chilpa, 2008). Sin embargo, básicamente se estos recursos bióticos, pueden clasificarse dentro de estas categorías; a) Frutos y semillas (incluimos arilos y flores); b) Exudados vegetales (como látex o resinas) y 3) Estructuras vegetativas (es decir, hojas, raíces, cortezas, ramas, yemas o tallos) (GAIA A.C., 2004).

De esa forma, los PFNM, incluyen productos importantes en la vida diaria de las comunidades locales (López-Camacho, 2008), ofreciendo un potencial importante como fuente de ingresos y empleo (Gómez-Peralta *et al.*, 2006). Algunos PFNM que se aprovechan en la región de la Sierra Madre Oriental y en particular la zona de estudio, pueden mencionarse al paixtle (*Tillandsia usneoides*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), candelilla (*Euphorbia antisyphillitica*), Sangre de drago (*Jatropha dioica*), sotol (*Dasyllirion wheeleri*), nopal rastrero

(*Opuntia rastrera*), soyate (*Nolina cespitifera*) y la palma (*Yucca filifera*) (Consortio Forestal del Norte de México, 2011).

Pese a esta situación, los PFSM de México en lo general, y en lo particular en el área del proyecto, han sido degradados y subutilizados (Tapia-Tapia y Reyes-Chilpa, 2006). De esa manera, la contribución de los recursos forestales no maderables en el país para el 2003, se estimó en un total \$498'098,712 pesos mexicanos, cifra que se puede considerar como baja. La entidades que representaron el 85,45% del total del valor de la producción nacional no maderable fueron Veracruz, Michoacán, Tamaulipas, Coahuila y Baja California (Tapia-Tapia y Reyes-Chilpa, 2008).

En lo concerniente al contexto estatal, el valor económico de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales del estado, para el año 2000, fue apenas del 1.67% de participación en el PIB estatal (INEGI, Anuario Estadístico del estado de Nuevo León, México 2000). De esa cifra, según el Diagnóstico del Sector Forestal de Nuevo León (Capó-Arteaga, 2007), la producción forestal no maderable aportaba un total de 1,500 toneladas, con un promedio de \$ 3, 497,340.00. En lo relativo, a las especies más utilizadas, las fibras contribuyeron con el 95% del total de la producción no maderable, el de heno 2.32%, el de pino 1.62%, y el de otros 1.06%. Siendo los municipios de Mina, Aramberri, Doctor Arroyo, Galeana, Iturbide, Mier y Noriega, Montemorelos y Santiago, con mayor volumen de producción forestal (Capó-Arteaga, 2007) (Figura 2.2).

Dentro de los factores que pueden considerarse limitantes para el desarrollo de la producción forestal no maderable, Gómez-Peralta et al, (2006), priorizan al desinterés de las comunidades rurales en organizarse para mejorar la calidad de vida a través del aprovechamiento racional de estos recursos renovables. En ese sentido, las acciones sugeridas para detonar estas actividades son: el involucrar a las comunidades en proyectos productivos, gestionar las propuestas de industrialización y comercialización ante las autoridades correspondientes. Así mismo, el aprovechamiento ecológicamente sustentable y económicamente rentable de los PFSM requiere de investigaciones ecológicas, sociales y económicas integradas, así como un marco regulatorio eficaz (Tapia-Tapia y Reyes-Chilpa, 2008).

2.3.3 Vida Silvestre

La fauna silvestre, como recurso, ha tenido un papel relevante en la cultura y en la economía del pueblo mexicano, siendo utilizada de diferentes formas y maneras; una de estas actividades de aprovechamiento es la cacería en sus diversas modalidades, como la cacería de subsistencia, que sirve para alimentarse y vestirse, la deportiva o cinegética; la que se practica con fines comerciales; la que se utiliza como control de plagas o bien la cacería ritual practicada todavía en algunos pueblos y asociada siempre a creencias populares (Contreras-Balderas et al., 2001).

En 1997 la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), puso en operación el Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural 1997-2000 (SEMARNAP, 1997), teniendo como propósitos generales el establecer incentivos para la configuración de intereses privados y públicos en favor de la conservación, y el abrir nuevas oportunidades de generación de ingresos, de empleo y de divisas en las áreas rurales. Creándose de esta manera, las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre o también conocidas como UMAS.

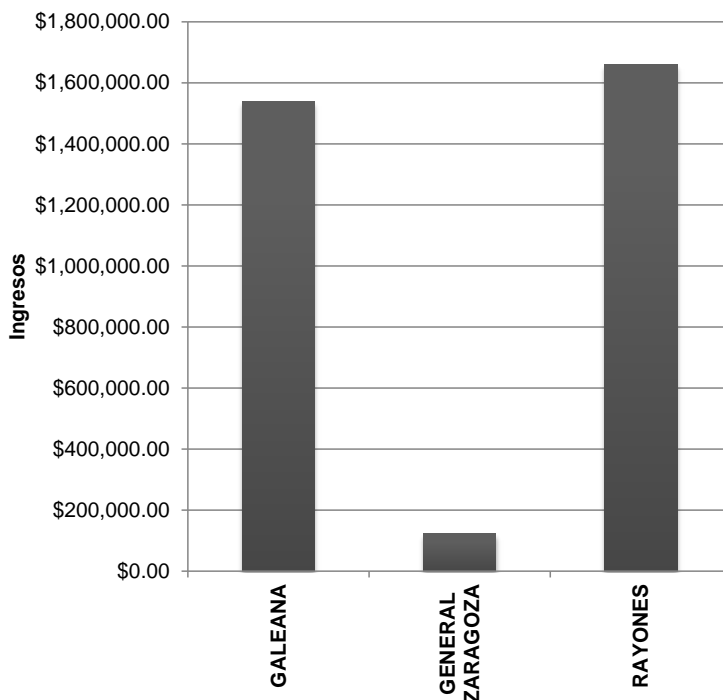


Figura 2.2. Ingresos promedio obtenidos a partir del aprovechamiento de productos forestales no maderables para los municipios donde se desarrolló el proyecto, durante el período 2006 – 2011 (Fuente: <http://www.agronuevoleon.gob.mx/oeidrus/>).

Actualmente, estas unidades de manejo, se constituyen como una herramienta de la gestión para la conservación y aprovechamiento de la biodiversidad, en conjunto con las áreas naturales protegidas y el ordenamiento ecológico del territorio en sus diversas modalidades (Cañas, 2008). De esa forma, las UMAS, han tenido un gran auge, mostrando un incremento significativo desde su creación a la fecha, en cuanto al número de unidades registradas (Gallina-Tesaro *et al.*, 2008). Particularmente, para el estado de Nuevo León existen 1,321 Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS); de los cuales 92 corresponde a unidades de Manejo intensivo (78 criaderos intensivos,

4 Viveros, 2 jardines botánicos, 4 zoológicos y áreas de recreación “ecoturismo”); 1,229 unidades de manejo extensivo (1,226 ranchos cinegéticos “para cacería” y 3 áreas de recreación “cacería y ecoturismo”, registradas ante la SEMARNAT, ocupando una superficie de 1, 400,000 Ha., siendo de esta forma, el estado con mayor número de UMAS en toda la República Mexicana. Esto debido a la enorme derrama económica que la actividad cinegética aporta al estado. Algunas de las especies que se ofrecen para la caza en estas UMAS son; venado cola blanca, gato montés, jabalí, coyote y armadillo. Geográficamente la zona de mayor importancia para actividades de aprovechamiento cinegético se localiza en la parte norte del estado, en contraparte, la región sur de la entidad, contribuye con un bajo porcentaje de superficie considerada bajo este esquema de aprovechamiento de la biodiversidad (Capó-Arteaga, 2007).

2.3.4 Turismo de la naturaleza

El turismo es un segmento sumamente importante para la economía de México, representando el 13.3% del PIB (aproximadamente \$276.9 billones de Dólares), así como el 12.9% de empleos (3.8 millones de trabajos). Aunado a ello, una fortaleza de nuestro país, es la presencia de una flora y fauna única que se constituye como una importante oportunidad para desarrollar e implementar estrategias de adaptación que apoyen sus esfuerzos de conservación de sus recursos naturales, tales como la exploración para el desarrollo de un mercado del turismo de aventura y naturaleza (Xola, 2009).

Uno de los requisitos previos, para que esta actividad productiva se detone, es la necesidad de contar con un diagnóstico de los recursos que permita ofertarlos en los distintos mercados. Esta situación prevalece también en el ámbito estatal y particularmente para la zona de estudio. Como un ejemplo particular, podemos señalar a un mercado interesante de explotación, representado por el aviturismo o la observación de aves silvestres. En este tenor, es preciso señalar que esta actividad turística para el vecino país del norte y específicamente para el estado de Texas, captura una gran derrama económica, superior a los 10 millones de dólares (Woodin *et al.*, 1998 y 2000). En ese sentido, Flores-Maldonado y Varela-Echavarría (2003), al desarrollar un análisis del potencial por aviturismo en el área del río Sabinas, Coahuila, enumeran algunas condiciones que deben de cumplirse para el inicio de un programa para esta región, identificando a) la necesidad de establecer un inventario sistematizado de la fauna de aves, b) la capacitación y organización de los interesados (en este caso los ejidatarios y pequeños propietarios), c) el desarrollo de infraestructura básica y d) el desarrollo de un programa de comercialización y difusión para el mercado local y foráneo, a fin de que este producto turístico encuentre los canales de comercialización que conduzcan a la consolidación de esta actividad productiva.

Respecto a la oferta de otros atractivos naturales, es importante señalar que las áreas rurales donde se desarrolló el proyecto, cuentan con parajes y atributos silvestres que pueden ser objeto de un aprovechamiento de este tipo.

2.4 La pérdida de la diversidad biológica, ¿Cómo nos afecta?

En las últimas décadas, la pérdida de la biodiversidad ha sido considerada como uno de los temas más importantes dentro de las diversas agendas de los distintos niveles de gobierno, esto como consecuencia del impacto antropocéntrico de origen directo (sobreexplotación) o indirecto (pérdida y alteración del hábitat) (Moreno, 2001). Actualmente, diversos estudios sugieren que las actividades humanas han causado la extinción entre el 5 al 20% de las especies en varios grupos de organismos (Rao y Larsen, 2012), incrementándose dramáticamente la tasas de extinción en un rango de 100 a 1,000 veces más que tiempos pre-humanos, en diversos grupos taxonómicamente bien conocidos (Pimm *et al.*, 1995).

Pero, ¿Cómo afecta a la sociedad la pérdida de la diversidad biológica? Diversos estudios realizados, han intentado traer una respuesta más clara ante tal cuestionamiento. En un trabajo reciente, Hooper y colaboradores (2012), desarrollaron una síntesis de más de 100 trabajos relativos a la pérdida de biodiversidad, identificando que las consecuencias ambientales de la pérdida de especies locales son tan importantes como los efectos directos de varios factores estresantes de cambios mundiales que han movilizado gran preocupación internacional y los respectivos esfuerzos de remediación.

De esa forma, en la actualidad, hay más pruebas de que la pérdida de especies, altera los procesos críticos de los ecosistemas, los cuales son fundamentales para garantizar la provisión de servicios para la sociedad humana (Cuadro 2.2 – Tomado de Moreno y Verdú, 2007).

Cuadro 2.2. Síntesis de cambios de uso del suelo y vegetación en la Sierra Madre Oriental.

Proceso	Descripción
Seguridad alimenticia	La biodiversidad incrementa la disponibilidad de alimentos y permite a las comunidades locales adaptarse a presiones económicas y perturbaciones ecológicas externas. Las prácticas agrícolas que se basan en un uso sostenible y mantienen la biodiversidad, pueden mejorar su seguridad alimenticia. Asimismo, el mantenimiento de una elevada diversidad de genomas en los cultivos incrementa la probabilidad de supervivencia de algunas variedades ante el brote de distintas patologías vegetales
Vulnerabilidad	Muchas poblaciones han experimentado desastres naturales durante las últimas décadas. Innumerables poblados costeros han sufrido con cada vez mayor intensidad, severas inundaciones debido a la pérdida de manglares y arrecifes coralinos, que son excelentes amortiguadores naturales contra los efectos de las tormentas, ciclones y huracanes..
Salud	El cambio de patrones alimentarios ha favorecido el aumento de personas con sobrepeso en nuestro país. Por otro lado, la pérdida de biodiversidad se ha relacionado con el aumento de enfermedades infecciosas (en especial zoonosis) al provocar cambios en el número de agentes infecciosos, hospederos y

Proceso	Descripción
Seguridad energética	vectores. Los combustibles derivados de la madera proveen más de la mitad de la energía usada en los países en desarrollo. En áreas con elevadas densidades poblacionales humanas sin acceso a fuentes de energía alternativa y asequible, se presentan problemas serios por escasez de estos combustibles naturales.
Agua limpia	La continua deforestación y el uso indiscriminado de compuestos fitosanitarios reduce la calidad y cantidad de agua disponible para el consumo doméstico y agrícola.
Relaciones sociales	Muchas culturas tienen ligados a los ecosistemas y a sus componentes distintos valores espirituales, estéticos, religiosos y de ocio. La pérdida o daño a estos componentes puede afectar las relaciones sociales, tanto por limitar la creación de lazos afectivos generados por las experiencias compartidas, como por causar resentimiento hacia los grupos que se benefician de su explotación.
Posibilidad de elección	Las pérdidas de biodiversidad, que muchas veces son irreversibles, a menudo significan pérdidas de opciones sobre el uso de recursos por nosotros mismos o por las generaciones futuras. El saber que tenemos oportunidad de elección, es un componente esencial del aspecto de libertad implícito en el concepto de bienestar humano.
Recursos básicos	La biodiversidad provee incontables bienes que las personas necesitamos para asegurar nuestro sustento. Además de las actividades agrícolas, la biodiversidad contribuye a una amplia variedad de sectores, incluyendo el ecoturístico, farmacéutico y pesquero.

3.2 Referencias bibliográficas

- Alanís-Flores, G. J.** 2004. Conservación y uso racional de los bosques del noreste. Pp: 503-510. En: Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. I. Luna, J. J. Morrone y D. Espibisa (Eds). Primera edición. CONABIO. 521 p.
- Benitez, H. y M. Bellot.** 2008. Biodiversidad, uso, amenazas y conservación. CONABIO. 25 pp.
- Boege, E.** 2009. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Primera edición. Instituto Nacional de Antropología e Historia. 343 p.
- Cañas, R., A. Ortiz-Monasterio, E. Huerta y X. Zoluetá.** 2008. Marco legal para el conocimiento tradicional sobre la biodiversidad, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio. México, pp. 557-564.
- Capó-Arteaga, M. A., C. Luján-Álvarez, E. Treviño-Garza, J. A. Nájera-Castro, L. Morales-Quiñones, I. Cabral-Cordero, J. L. Cuevas-Hernández.** 2007a. Diagnóstico del Sector Forestal del Estado de Nuevo León. Informe técnico final. 40 p.
- Capó-Arteaga, M. A., C. Luján-Álvarez, E. Treviño-Garza, J. A. Nájera-Castro, L. Morales-Quiñones, I. Cabral-Cordero, J. L. Cuevas-Hernández.** 2007b. Plan Estratégico Participativo para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Nuevo León. Informe técnico final. 64 p.

- CONABIO.** 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de país. Comisión para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- CONABIO.** 2006. Capital natural y bienestar social. Comisión para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Consorcio Forestal del Norte de México.** 2011. Estudio regional forestal Unidad de Manejo Forestal UMAFOR 1901. Reporte técnico. 342 p.
- Contreras-Balderas, A. J., García-Salas, J. A., A. Guzmán-Velasco y J. I. González-Rojas.** 2001. Aprovechamiento de las aves cinegéticas, de ornato y canoras de Nuevo León, México. *Ciencia UANL.* 4(4): 462-470.
- Estrada-Castillón, E., J. A Villarreal, C. Cantú, I. Cabral, L. Scott y C. Yen.** 2007. Ethnobotany in the Cumbres de Monterrey National Park, Nuevo León, México. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine.* (3): 8.
- Flores-Maldonado, J. J. y A. Varela-Echavarría.** 2003. Observaciones y notas preliminares sobre la avifauna del río Sabinas; Un listado preliminar. Reporte técnico. Instituto Coahuilense de Ecología. 14 p.
- GAIA A.C.** 2004. Métodos para la valoración de productos forestales no maderables con fines de manejo sostenible. Santa María Huatulco, Oaxaca. 29 p.
- Gallina-Tesaro, S., A. Hernández-Huerta, C. A. Delfín-Alfonso y A. González-Gallina.** 2008. Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. *Investigación Ambiental.* 1(2): 143-152.
- Gaston, K. J.** 2010. Chapter 2. Biodiversity, Pp: 27-44. In; *Conservation biology for all.* Sodhi, N. S. y P. R. Erlich (Eds). Primera edición. Oxford University Press. 399 p.
- Gómez-Peralta, M. A. Cabrera-González, M. P. Angón-Torres.** 2006. Aprovechamiento de recursos forestales no maderables. *La Jornada,* 30 de agosto, p. 2.
- Hooper, D. U., E. C. Adair, B. J. Cardinale, J. E. K. Byrnes, B. A. Hungate, K. L. Matulich, A. Gonzalez, J. E. Duffy, L. Gamfeldt y M. I. O'Connor.** 2012. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature* 000:1-5.
- INEGI.** 2000 Anuario Estadístico del estado de Nuevo León. México.
- Kato et al.** 2009. Origen y diversificación del maíz: Una revisión analítica. UNAM, CONABIO. México, DF. 116 p.
- López-Camacho, R.** 2008. Productos forestales no maderables: importancia e impacto de su aprovechamiento. *Revista Colombia Forestal.* (11): 215-231.
- Mittermeier, R. y C. Goetsch.** 1992. La importancia de la biológica. México ante los retos de la biodiversidad. Sarukan, J. y R. Dirzo (Eds). 14 p.
- Moreno, C. E.** 2001. Métodos para medir la Biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis, SEA, Zaragoza, España, 88 p.
- Moreno, C. y J. R. Verdú.** 2007. ¿Por qué preocuparnos por la pérdida de la biodiversidad?: Relaciones entre biodiversidad, servicios de los ecosistemas y bienestar humano. Cuadernos de Biodiversidad.

- Noss, R. F.** 1990. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation biology*. 4(4): 355-364.
- Pimm, S. L., G. J. Russel, J. L. Gittleman, T. M. Brooks.** 1995. The future of biodiversity. *Science*. (268): 347-350.
- Rao, M. y T. Larsen.** 2012. Ecological consequences of extinction. Lesson on conservation. (3): 27-53.
- SEMARNAP.** 1997. Programa de conservación de vida silvestre y diversificación productiva en el sector rural México. Primera edición. 190 p.
- Tapia-Tapia, E. C y R. Reyes-Chilpa.** 2006. Economía de productos forestales no maderables: aprovechamiento sustentable de un recurso fotoquímico en México. 12 p.
- Toledo, V.** 2005. Repensar la conservación: ¿áreas naturales protegidas o estrategia bioregional? *Gaceta ecológica* (77): 67-82
- Turok.** 2009. Presentación. Artesanías y Medio Ambiente.
- Velazco-Macías, C.** 2009. Flora del estado de Nuevo León, México: Diversidad y análisis espacio-temporal. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónomas de Nuevo León. 299 p.
- Woodin, M., M. K. Skoruppa y G. C. Hickman.** 1998. Breeding bird surveys at the Galvan Ranch, Webb County, Texas, U. S. Geological Service. Informe Técnico. 26 p.
- Woodin, M., M. K. Skoruppa y G. C. Hickman.** 2000. Breeding bird surveys and ecotourism potential at Laredo, Webb County, Texas. U. S. Geological Service. Informe Técnico. 22 pp.
- Xola.** 2009. Reporte del diagnóstico del potencial de los recursos de turismo de naturaleza en México. 142 p.
- Zepeda-González, J., J. Arroyo-Cabrales, O. J. Polaco y A. Jiménez-Guzmán.** 1997. Notas a cerca de la distribución de algunos mamíferos del sur de Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* (2): 101-112.

3. Contribución preliminar al conocimiento de la biodiversidad de las comunidades rurales en la Sierra Madre Oriental

Autores:

José Juan Flores Maldonado
Cauhtémoc Ibarra Sánchez
Rubén Marcos González Iglesias
Sonia Gabriela Ortiz Maciel
Nora Nallely Villa Hernández
Claudia Beatriz Ramos Silva
Óscar Gehú Paz
Santiago Salazar Hernández

3.1 Introducción

Los recursos naturales, es decir las plantas, los animales, el agua y los montes, son parte fundamental de la cultura de los pueblos. De ese modo podemos señalar que existe una relación muy estrecha entre la diversidad biológica y la sociedad, misma que se ve manifestada desde muy distintas percepciones como los usos, las tradiciones, las costumbres y las creencias generadas a partir de esta relación (Ramos-Silva *et al.*, 2007). En ese sentido, la diversidad biológica es parte del patrimonio natural de la sociedad, por lo que resulta importante establecer medidas que garanticen su manejo y aprovechamiento sustentable. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, un aspecto fundamental para su manejo, es el conocimiento de las distintas especies que se distribuyen dentro del territorio de gestión. De ahí que los inventarios biológicos son pieza fundamental para conocer cuántas especies existen, dónde se distribuyen y cuál es su abundancia. Respuestas críticas que soportan el manejo de los recursos.

Pese a contar con una importante tradición taxonómica en nuestro país, aún hay áreas que carecen de inventarios sistemáticos que permitan a los poseedores de los terrenos, contar con datos actualizados que faciliten el manejo y aprovechamiento de su territorio y sus recursos. Desgraciadamente, el desconocimiento de la biodiversidad y su importancia, redundan en el escaso interés para su conservación.

Particularmente esta cuestión resulta muy importante en el momento actual, esto dadas las condiciones de deterioro ambiental y su relación directa con las situaciones de pobreza y marginación social. De ese modo, consideramos que esta breve contribución puede sentar las bases para la recopilación de esta información de nuestra herencia biológica y cultural además de poder constituir los cimientos para el desarrollo de estrategias que deriven en el aprovechamiento racional de la biodiversidad regional, propiciando a su vez la

mejora en la calidad de vida de las poblaciones que interactúan diariamente con estos recursos naturales.

En el presente capítulo describen los resultados obtenidos a partir del trabajo de campo desarrollado en los ejidos de Tepozanes, El Refugio, Galeana, Rayones y la Comunidad de San Antonio de la Osamenta, además del uso de información proveniente de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad de la CONABIO. Para de esta manera, integrar los listados de flora y fauna para estas comunidades rurales. Finalmente, como parte de este análisis se describieron algunos de los usos y aprovechamientos actuales y potenciales de las especies presentes en los territorios rurales intervenidos, a manera de ejemplificar el valor de la biodiversidad como un aspecto estratégico para el desarrollo rural.

3.2 Análisis de la biodiversidad dentro de los ejidos estudiados

3.2.1 Integración de información sobre biodiversidad

Se colectaron registros de flora vascular y mamíferos provenientes de las bases de datos digitales disponibles en la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB). Es importante señalar que se indagó sobre otros grupos faunísticos, sin embargo, la información colectada fue reducida por lo que se descartó para el desarrollo de los análisis sobre biodiversidad. Sin embargo, la información de mamíferos y plantas vasculares puede ofrecernos un panorama que nos describa las condiciones sobre el conocimiento de la biodiversidad de la Sierra Madre Oriental y en lo particular de los municipios involucrados en el estudio.

Los registros obtenidos a partir de las consultas realizadas, fueron depurados y georeferenciados para su incorporación dentro del Sistema de Información Geográfica del proyecto. El marco espacial para la colecta de los registros de las familias de flora y fauna fue a nivel nacional, sin embargo el inventario fue depurado, considerando solamente aquellas especies que se cuentan con registros dentro del estado y la región comprendida por la Sierra Madre Oriental.

3.2.2 Trabajo de campo y análisis de datos

Para esta fase, se realizaron muestreos de flora y fauna, para lo cual se utilizaron métodos específicos para los distintos grupos estudiados, mismos que a continuación se describen:

Aves: Se realizaron puntos de conteo de distancia y tiempo definidos (20 m. de radio y 10 min., Ralph *et al.* 1996). Además, se colocaron algunas redes de niebla para la captura e identificación de especies. La observación e identificación visual de las especies se realizó con apoyo de binoculares Pentax (10X43), y con base en la Guía de Campo de Aves de National Geographic (2010), Howell y Webb (1995) y Sibley, (2003). Los muestreos se realizaron

desde el amanecer hasta cuatro horas después del mismo y posteriormente un período vespertino donde se muestreó después de las 4:00 PM hasta las 6:30 PM. A partir de los datos obtenidos, se elaboró un listado ordenado filogenéticamente de acuerdo al criterio de Cheser *et al.* (2011). Con base a las observaciones de campo y a lo mencionado por Howell y Webb (1995), se determinará su temporalidad (residencialidad). Además se definió su estacionalidad y grupo funcional en base a Ehrlich *et al.* (1988).

Mamíferos: Para este grupo se utilizaron diversos métodos de muestreo, en el caso de roedores se emplearon trampas shermann, cebadas con crema de cacahuate y avena, colocadas en transectos de 100 m. de longitud con 20 m. de separación; mientras que para mamíferos medianos, se utilizaron trampas tomahawk cebadas con sardina. Asimismo, se realizaron transectos por caminos y veredas para registrar excretas y huellas. En el caso de los murciélagos se colocaron redes de niebla, tanto a nivel del suelo como aéreas. La identificación de las especies se realizó con base a la guía de campo de Mamíferos de Norteamérica (Kays y Wilson 2002) y a la guía Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México (Aranda, 2000).

Herpetofauna: Para el muestreo de estos grupos de vertebrados, se desarrollaron transectos, llevándose a cabo recorridos por veredas y caminos. Para la identificación de los individuos encontrados se utilizó la guía de Reptiles y Anfibios de Norteamérica Este/Centro de Peterson (Conant y Collins, 1998).

Plantas Vasculares: Los muestreos se desarrollaron a partir del establecimiento de parcelas de estudio de 1000 m², en donde se cuantificaron todos los elementos mayores a 1 cm de Diámetro a la altura de pecho (DAP). Todos los ejemplares con estas tallas fueron registrados. La definición de la ubicación del muestreo, fue establecida mediante el análisis cartográfico, basado en: el tipo de vegetación de la cartografía de INEGI (1981) de Uso del Suelo y Vegetación (serie III), altitud, pendiente, posición topográfica y accesibilidad, de modo que se garantizara el cubrimiento de los hábitats o unidades de paisaje. Toda la información proveniente de los levantamientos de campo será referenciada, mediante un receptor del sistema de posicionamiento global (GPS). La determinación taxonómica se realizó con el auxilio de las siguientes obras: The Pines of México and Central America (Perry, 1991), Claves taxonómicas para la identificación de los pinos del noreste de México (Favela, 1999), Trees and Shrubs of Mexico (Standley, 2009), Shinnery & Mahler's Illustrated Flora of North Central Texas (Diggs *et al.*, 1999), Manual of the Vascular Plants of Texas (Correll, 1979), Las cactáceas de México Vol I, II y III (Bravo, 1978; Bravo y Sánchez-Mejorada, 1991 a y b), The Cactus Family (Anderson, 2001 falta en la lit), Agaves de Norteamérica Continental (Gentry, 1982), Contribución al Conocimiento de los Encinos del Estado de Nuevo León, México (Banda-Silva), Flora of North America (Flora of North America Association, 2008), entre otras al igual de uso de artículos de diversas revistas sobre taxonomía en específico para

algunas especies. Para algunas familias, géneros y especies difíciles de identificar se contó con la ayuda y colaboración de especialistas.

3.3 Resultados

3.3.1. Información de la REMIB

Mamíferos

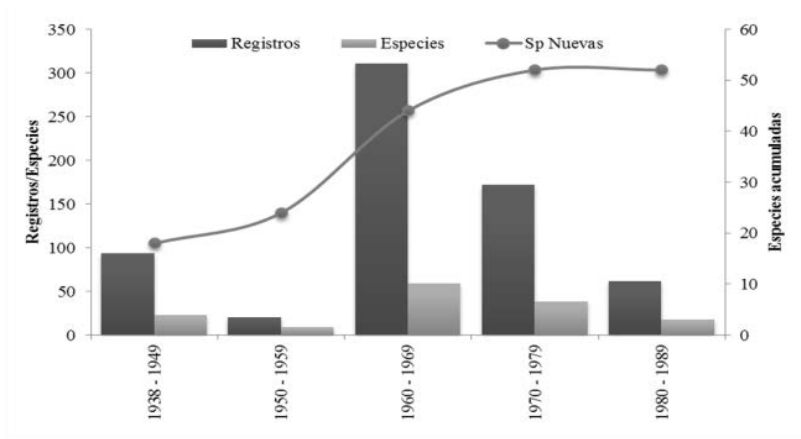
Para la zona de estudio consistente en los cuatro municipios donde se distribuyen las comunidades rurales intervenidas, colectamos un total de 663 registros provenientes de las colecciones biológicas en nodo con la REMIB, de los cuales el municipio de Galeana, es el que aporta la mayor cantidad de registros. Caso contrario se presenta para el municipio de Rayones, en el que solamente se cuentan con tres registros la mastofauna en colecciones biológicas. Este ejercicio nos brinda un indicativo del esfuerzo de colecta y sistematización de información biológica en los municipios donde se desarrolló el proyecto, ya que nos describen el proceso de colecta en el período que comprende desde 1938 hasta 1990. Con base en el análisis estadístico de estos datos podemos señalar que en este período, se ha logrado representar en las colecciones biológicas, entre el 70 y el 86% de la diversidad de mamíferos para estos municipios, sin embargo, es necesario intensificar las acciones de inventario para algunos municipios poco representados, de manera que nos permitan conocer mejor la diversidad de especies del área y abundar sobre la distribución de las mismas, algunas de las cuales, presentan interés como especies de subsistencia y otras de interés cinegético (Figura 3.1).

Por otra parte, con base en la información recopilada a través de la consulta de la REMIB, se determinaron un total de 52 especies, distribuidos en 34 géneros y 14 familias de mamíferos. Esta cifra representa el 36% de la diversidad de mamíferos reportados para el estado (González-Saldivar y Moreno-Valdez, 1999) y el 535 descritos para el país (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). Esta situación evidencia la importancia de las áreas de estudio para la protección de la biodiversidad, en este caso los mamíferos.

Plantas Vasculares

En lo respectivo a las especies de plantas vasculares, podemos señalar que con la información proveniente de los registros depositados en diversas colecciones biológicas (8,240 registros), la diversidad reportada para los municipios donde se encuentran las comunidades intervenidas, se constituye en un total de 1,858 especies, distribuidas en 537 géneros y 64 familias. Observando la distribución espacial de los registros de la flora vascular para la Sierra Madre Oriental y particularmente para los municipios de estudio, podemos señalar que el municipio mejor representado en cuanto a número de registros y especies, es el de Galeana, por otra parte, Rayones se constituye nuevamente como el

municipio con menor número de registros y especies reportadas (Cuadro 3.1, Figuras 3.2, 3.3).



Estimador	Especies estimadas	Compleitud
Chao 2:	62.16	0.8365
Jackknife 1:	68.14	0.7631
Jackknife 2:	73.56	0.7068
Bootstrap:	60.17	0.8641

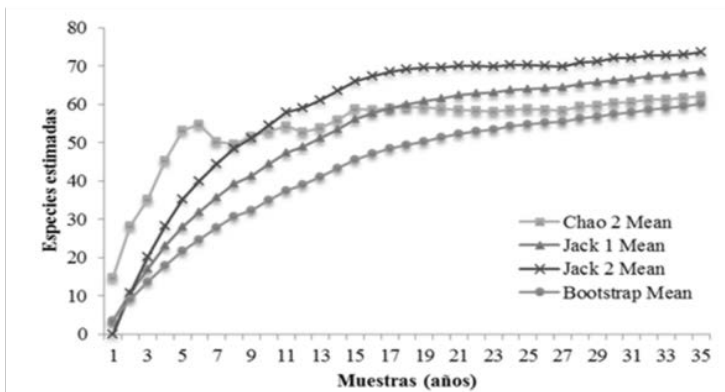


Figura 3.1. a) Descripción de colectas de mamíferos, desarrolladas en períodos de 10 años en los municipios que integran la Sierra Madre Oriental, b) valores obtenidos por los estimadores no paramétricos de la fauna de mamíferos reportada para la Sierra Madre Oriental, c). Curva de acumulación de especies de la mastofauna reportada en las colecciones biológicas para la Sierra Madre Oriental.

Cuadro 3.1 Esfuerzo de muestreo y número de especies presentes en colecciones biológicas de institutos de investigación.

Municipio	Número de Registros en colecciones biológicas	Número de especies Reportadas
Galeana	6,077	1,469
General Zaragoza	1,420	623
Rayones	305	218
Santa Catarina	438	271
Total general	8,240	1,858

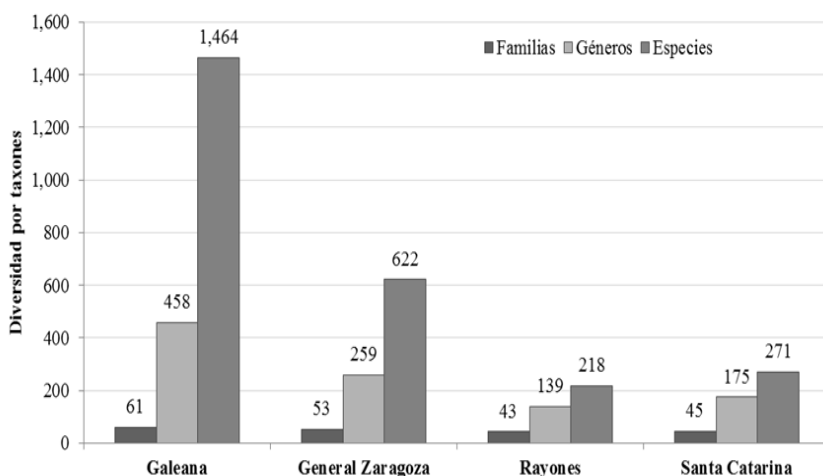


Figura 3.2. Número de familias, géneros y especies, reportados para cada uno de los municipios donde se desarrolló el presente estudio.

De este gran total de especies reportadas la familia más importante en cuanto a número de especies es Asteraceae (Compuestas), de la cual se reportan un total de 596 especies, seguido por la familia de las gramíneas o zacates con 151 especies, y en tercer lugar Lamiaceae con 97. La diversidad para esta área sistematizada en las colecciones biológicas, corresponde al más de la mitad de la riqueza florística reportada para el estado (Velazco-Macías, 2009), eso enfatiza la necesidad de plantear esquemas en donde se logre compatibilizar el aprovechamiento del territorio sin detrimento de la biodiversidad.

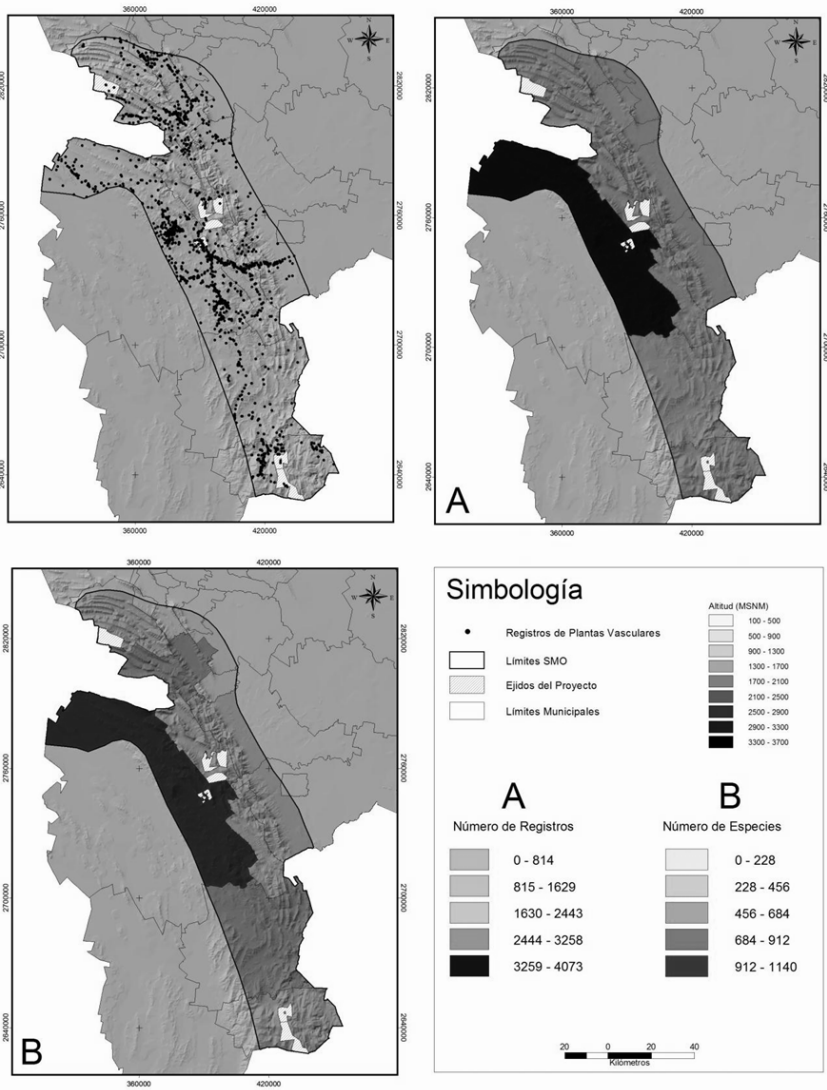


Figura 3.3. Mapas donde se muestra los registros provenientes de las colecciones biológicas que se encuentran disponibles en la REMIB, A). Número de registros de flora vascular reportados para cada uno de los municipios que integran la Sierra Madre Oriental, B). Número de especies de flora vascular reportada para los municipios donde se desarrolló el presente estudio.

3.3.2 Inventarios de Campo

Plantas Vasculares

Por otra parte, con base en los muestreos de campo se han determinado un total de 201 especies, distribuidas en un total de 150 géneros y 64 familias (Figura 5, Tabla 5). Particularmente, la familia más diversa en cuanto a número de especies resultó ser Fabaceae con un total de 23, seguida por Asteraceae (22), Cactaceae (19), y Agavaceae (13) (Figura 5). Es importante señalar que en tan solo estas cuatro familias botánicas se describen cerca del 40% de la diversidad total reportada. Por su parte los géneros más diversos fueron *Quercus* (7); *Pinus* (6) y *Agave* (5) (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2 Listado taxonómico de las especies de plantas vasculares reportadas para las comunidades rurales donde se desarrolló el proyecto.

Familia	Especie	Nombre
Agavaceae	<i>Agave americana</i>	Magüey cenizo
	<i>Agave bracteosa</i>	Magüey
	<i>Agave celsii</i>	Magüey de roca
	<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla
	<i>Agave montana</i>	Magüey
	<i>Agave striata</i>	Espadín
	<i>Nolina sp.</i>	Soyate
	<i>Dasyllirion sp.</i>	Sotol
	<i>Hesperloe funifera</i>	Cortadillo
	<i>Yucca filifera</i>	Palma
	<i>Yucca sp.</i>	Palma
	<i>Yucca thompsoniana</i>	Palma
	<i>Yucca carnerosana</i>	Palma
	<i>Amaranthus hybridus</i>	Amaranto
Amaranthaceae	<i>Rhus lanceolata</i>	Lantrisco
	<i>Rhus microphyla</i>	Lantrisco
Anacardiaceae	<i>Rhus virens</i>	Lantrisco
	<i>Rhus trilobata</i>	
	<i>Pistacia mexicana</i>	Lantrisco
Arecaceae	<i>Brahea decumbens</i>	Palma
	<i>Brahea dulcis</i>	Palma
Asclepidaceae	<i>Asclepia curassavica</i>	Algodoncillo
	<i>Asclepia angustifolia</i>	Algodoncillo
	<i>Asclepia elata</i>	Algodoncillo
	<i>Asclepia oenotheroides</i>	Algodoncillo
	<i>Asclepia mexicana</i>	Algodoncillo
Aspleniaceae	<i>Asplenium sp.</i>	
Asteraceae	<i>Achillea millefolium</i>	Milenramia
	<i>Ageratina sp.</i>	Eupatorium blanca
	<i>Artemisia mexicana</i>	
	<i>Aster spinosus</i>	
	<i>Bacharis salicifolia</i>	
	<i>Cirsium texanum</i>	
	<i>Dahlia coccinea</i>	
	<i>Dahlia tubulata</i>	
	<i>Eupatorium azureum</i>	
	<i>Gaillardia pulchella</i>	
	<i>Gnaphalium canescens</i>	
	<i>Gochnatia hypoleuca</i>	Chomonque
	<i>Gutierrezia sarothrae</i>	
	<i>Gymnospermum glutinosum</i>	
	<i>Senecio sp.</i>	
	<i>Solidago sp.</i>	

Familia	Especie	Nombre
	<i>Sonchus oleraceus</i>	
	<i>Tagetes lucida</i>	Yerbanis
	<i>Taraxacum officinalis</i>	Diente de león
	<i>Tymophylla pentachaeta</i>	
	<i>Varilla texana</i>	
	<i>Zinnia acerosa</i>	
Berbericaceae	<i>Berberis trifoliolata</i>	Agrito
Bignoniaceae	<i>Chilopsis linearis</i>	Mimbre
	<i>Tecoma stans</i>	Tronadora
Boraginaceae	<i>Cordia boissieri</i>	Anacahuita
	<i>Heliotropium sp.</i>	
	<i>Tiquilia canescens</i>	Oreja de ratón
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Paixtle
	<i>Tillandsia usneoides</i>	Paixtle
	<i>Hechtia glomerata</i>	Guapilla
Buddlejaceae	<i>Buddleja sessiliflora</i>	Tepozán
Cactaceae	<i>Ariocarpus retusus</i>	
	<i>Coryphanta sp.</i>	
	<i>Echinocactus enneacanthus</i>	
	<i>Echinocactus platyacanthus</i>	
	<i>Echinocereus sp.</i>	
	<i>Echinocereus knippelianus</i>	
	<i>Echinocereus papulosus</i>	
	<i>Ferocactus pilosus</i>	Biznaga barril de lima
	<i>Homalocephala texensis</i>	
	<i>Mammillaria heyderi</i>	
	<i>Mammillaria formosa</i>	
	<i>Mammillaria sp.</i>	
	<i>Platyopuntia imbricata</i>	Tasajillo
	<i>Platyopuntia leptocaulis</i>	Tasajillo
	<i>Cylindropuntia engelmanni</i>	Nopal
	<i>Cylindropuntia microdasys</i>	Nopal Cegador
	<i>Cylindropuntia rastrera</i>	Nopal rastrero
	<i>Cylindropuntia sp.</i>	Nopal
	<i>Epithelantha micromeris</i>	
Campanulaceae	<i>Lobelia gypsophila</i>	Lobelia de los yesos
	<i>Campanula rotundifolia</i>	
Capparaceae	<i>Polanisia dodecandra</i>	
Commelinaceae	<i>Commelina sp.</i>	
	<i>Tradescantia crasifolia</i>	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea sp.</i>	
Crassulaceae	<i>Echeveria mucronata</i>	
	<i>Echeveria walpoleana</i>	Siempre viva
	<i>Sedum sp.</i>	
	<i>Villadia aristata</i>	
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita foetidissima</i>	Calabaza loca
Cupressaceae	<i>Cupressus sp.</i>	Cedro
	<i>Juniperus flaccida</i>	Cedro
Cyperaceae	<i>Eleocharis sp.</i>	
	<i>Rhynchospora sp.</i>	
Ebenaceae	<i>Dyospiros texana</i>	Chapote
Ericaceae	<i>Arbutus occidentalis</i>	Madroño
	<i>Arbutus xalapensis</i>	Madroño
	<i>Arctostaphylos pungens</i>	Manzanita
	<i>Comarostaphylis polifolia</i>	madroño negro
Euphorbiaceae	<i>Bernardia myricifolia</i>	Bernardia
	<i>Croton torreyanus</i>	Salvia real
	<i>Euphorbia antisyphilitica</i>	Candelilla
	<i>Euphorbia prostrata</i>	
	<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago
Fabaceae	<i>Acacia angustissima</i>	
	<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo
	<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache
	<i>Acacia rigidula</i>	Chaparro prieto
	<i>Bauhinia macranthera</i>	Pata de vaca

Familia	Especie	Nombre
	<i>Bauhinia lunaroides</i>	Pata de vaca
	<i>Cassia greggii</i>	
	<i>Calliandra eriophylla</i>	
	<i>Caesalpinia mexicana</i>	Hierba del potro
	<i>Cercis canadensis</i>	Duraznillo
	<i>Dalea aurea</i>	
	<i>Dalea purpurea</i>	
	<i>Dalea nana</i>	
	<i>Eysenhardtia texana</i>	Vara dulce
	<i>Desmodium rotundum</i>	
	<i>Havardia pallens</i>	Tenaza
	<i>Lupinus texensis</i>	Lupino
	<i>Lupinus</i> sp.	
	<i>Mimosa biuncifera</i>	Uña de gato
	<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite
	<i>Sophora secundiflora</i>	Frijolillo
	<i>Tephrosia</i> sp.	
	<i>Mimosa pudica</i>	
Fagaceae	<i>Quercus aff. intricata</i>	Encino chaparro
	<i>Quercus cambyi</i>	Encino
	<i>Quercus laceyi</i>	Encino
	<i>Quercus</i> sp. 1	Encino
	<i>Quercus</i> sp. 2	Encino
	<i>Quercus</i> sp. 3	Encino
	<i>Quercus</i> sp. 4	Encino
Juglandaceae	<i>Juglans microcarpa</i>	Nogalillo
Koerberlinaceae	<i>Koerberlinia spinosa</i>	Corona de cristo
Lamiaceae	<i>Hedeoma drumondii</i>	Poleo
	<i>Marrubium vulgare</i>	Manrrubio
	<i>Salvia azurea</i>	Salvia azul
Lauraceae	<i>Persea borbonica</i>	Aguacate silvestre
	<i>Litsea parvifolia</i>	Laurel
Liliaceae	<i>Nothoscordum bivalve</i>	Cebolleta
Loasaceae	<i>Cevalia sinuata</i>	Mala mujer
Malpighiaceae	<i>Mascagnia macroptera</i>	Mariposa
Malvaceae	<i>Sida</i> sp.	
Nyctaginaceae	<i>Allioinia incarnata</i>	
Oleaceae	<i>Fraxinus berlandieri</i>	Fresno
	<i>Fraxinus</i> sp.	Fresno, escobilla
Orchidaceae	<i>Sarcoglottis shaffneri</i>	Orquidea
Oxalicaceae	<i>Oxalis</i> sp.	Agrito, trébol
Pappaveraceae	<i>Argemone mexicana</i>	Cardo santo
	<i>Argemone echinata</i>	
	<i>Hunnemannia fumariifolia</i>	
Pinaceae	<i>Abies vejari</i>	Oyamel cenizo
	<i>Pinus arizonica</i>	Pino de arizona
	<i>Pinus ayacahuite</i>	Ayacahuite
	<i>Pinus cembroides</i>	Pino piñonero
	<i>Pinus greggii</i>	Pino
	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino blanco
	<i>Pinus teocote</i>	Pino
	<i>Pseudosuga mesziensis</i>	
Plantaginaceae	<i>Plantago patagonica</i>	
Platanaceae	<i>Platanus occidentalis</i>	Álamo de río
Poaceae	<i>Mulhenbergia</i> sp.	Zacate
	<i>Arundo donax</i>	Carrizo
Portulacaceae	<i>Portulaca</i> sp.	
Pteridaceae	<i>Notholaena sinuata</i>	Helecho
	<i>Notholaena</i> sp.	Helecho
	<i>Adiantum</i> sp.	Helecho
Rhamnaceae	<i>Ceanothus coeruleus</i>	
	<i>Karwinskia humboldtiana</i>	Coyotillo
	<i>Ziziphus obtusifolia</i>	Palo verde
Rosaceae	<i>Cercocarpus montanus</i>	Conchilla
	<i>Vauquelinia corymbosa</i>	Magüira

Familia	Especie	Nombre
	<i>Crataegus pubescens</i>	Tejocote
	<i>Cowania plicata</i>	
Rubiaceae	<i>Cephalanthus occidentalis</i>	
Ranunculaceae	<i>Chiococca alba</i>	Perlas de la virgen
Rutaceae	<i>Decatropis bicolor</i>	Doradilla
	<i>Helietta parvifolia</i>	Barreta
	<i>Sargentia greggii</i>	Chapote amarillo
	<i>Zanthoxylum fagara</i>	Colima
Salicaceae	<i>Populus tremuloides</i>	Alamillo
	<i>Salix</i> sp.	Sauce
Sapindaceae	<i>Ungradia speciosa</i>	Monilla
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum frutescens</i>	Cenizo
Sellaginellaceae	<i>Sellaginella delicatissima</i>	Siempre viva
	<i>Sellaginella lepidophylla</i>	Siempre viva
Smilacaceae	<i>Smilax</i> sp.	Enredadera
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	Tabaquillo
	<i>Solanum eleagnifolium</i>	Mala mujer
	<i>Datura stramonium</i>	Toloache
Tamaricaceae	<i>Tamarix</i> sp.	Rompevientos
Thelypteridaceae	<i>Thelypteris</i> sp.	Helecho
Turneraceae	<i>Turnera difussa</i>	Damiana
Typhaceae	<i>Typha dominguensis</i>	
Ulmaceae	<i>Celtis laevigata</i>	Palo blanco
	<i>Celtis pallida</i>	Granjeno
Verbenaceae	<i>Lantana achyranthifolia</i>	Lantana
	<i>Lippia graveolens</i>	Orégano
	<i>Verbena officinalis</i>	
	<i>Verbena mexicana</i>	
	<i>Verbena</i> sp.	
Viscaceae	<i>Phoradendron</i> sp.	Injerto
Vitaceae	<i>Vitis berlandieri</i>	Uva
Zygophyllaceae	<i>Guajacum angustifolium</i>	Guayacán
	<i>Tribulus terrestris</i>	

Aves

Para los ejidos intervenidos se reportó una diversidad de 130 especies, repartidas dentro de 94 géneros y 36 familias (Cuadro 3.3). Siendo la familia más importante en cuanto número de especies reportadas, la familia Emberezidae, donde se reportan un total de 13 especies, seguida por Parulidae (12), Tyranidae (12), Trochillidae y Picidae (ambas con siete especies). Un total de 13 familias solamente reportaron una sola especie. Los géneros más importantes resultaron ser *Junco*, *Pipilo*, *Sayornis*, *Sethophaga* con tres especies respectivamente

Cuadro 3.3. Listado anotado de las aves reportadas para las localidades visitadas durante el proyecto.

Familia	Especie	Nombre Científico
Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguiluilla cola roja
	<i>Buteogallus anthracinus</i>	
	<i>Circus cyaneus</i>	Gavilán rastrero
Aegithalidae	<i>Psaltriparus minimus</i>	Sastrecillo
Cardinalidae	<i>Cardinalis cardinalis</i>	Cardenal
	<i>Cardinalis sinuatus</i>	Cardenal zaino
	<i>Passerina caerulea</i>	Blue Grosbeak
	<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogordo tigrillo
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura
	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote negro

Familia	Especie	Nombre Científico
Certhiidae	<i>Certhia americana</i>	Trepador americano
	<i>Polioptila caerulea</i>	Perliita azulgris
Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tórtola cola larga
	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma arroyera
	<i>Streptopelia decaocto</i>	Pichón
	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma ala blanca
	<i>Zenaida macroura</i>	Paloma huilota
	<i>Patagioenas fasciata</i>	Band-tailed Pigeon
Corvidae	<i>Aphelocoma californica</i>	Chara azul
	<i>Aphelocoma wollweberi</i>	Chara azul
	<i>Corvus corax</i>	Cuervo grande ronco
	<i>Corvus cryptoleucus</i>	Cuervo llanero
	<i>Cyanocorax morio</i>	Chara papán
	<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde
Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca
Cuculidae	<i>Geococcyx californianus</i>	Correcominos
Emberizidae	<i>Aimophila botterii</i>	Zacatonero de Botteri
	<i>Aimophila ruficeps</i>	Zacatonero corona rufa
	<i>Amphispiza bilineata</i>	Zacatonero garganta negra
	<i>Arremonops rufivirgatus</i>	Rascador oliváceo
	<i>Junco hyemalis</i>	Junco ojo oscuro
	<i>Junco phaeonotus</i>	Junco ojo de lumbre
	<i>Junco sp.</i>	Junco
	<i>Pipilo erythrophthalmus</i>	Toquí pinto
	<i>Pipilo fuscus</i>	Toquí pardo
	<i>Pipilo maculatus</i>	Towhee
	<i>Spizella atrogularis</i>	Gorrión barba negra
	<i>Spizella passerina</i>	Gorrión ceja blanca
	<i>Zonotrichia leucophrys</i>	Gorrión corona blanca
Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	Caracara
Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo
	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino
Fringillidae	<i>Carduelis psaltria</i>	Jilguero dominico
	<i>Carduelis pinus</i>	Jilguero pinero
	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Pinzón mexicano
	<i>Coccothraustes abeillei</i>	Pico gordo amarillo
Furnariidae	<i>Lepidocolaptes affinis</i>	Trepatroncos corona punteada
Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta
Icteridae	<i>Icterus galbula</i>	Bolsero de Baltimore
	<i>Icterus graduacauda</i>	Bolsero cabeza negra
	<i>Icterus parisorum</i>	Bolsero tunero
	<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojo rojo
	<i>Molothrus ater</i>	Tordo cabeza café
Laniidae	<i>Lanius ludovicianus</i>	Alcaudón verdugo
Mimidae	<i>Melanotis caerulescens</i>	Mulato azul
	<i>Mimus polyglottos</i>	Cenzontle
	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche pico curvo
	<i>Toxostoma longirostre</i>	Cuitlacoche pico largo
Motacillidae	<i>Anthus rubescens</i>	Bisbita de agua
Odontophoridae	<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Codorniz Moctezuma
Paridae	<i>Baeolophus atricristatus</i>	
	<i>Baeolophus bicolor</i>	Carbonerito
	<i>Baeolophus wollweberi</i>	
	<i>Poecile gambeli</i>	
	<i>Poecile sclateri</i>	
Parulidae	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorra rufa
	<i>Dendroica townsendi</i>	Chipe negroamarillo
	<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador
	<i>Myioborus pictus</i>	Chipe ala blanca
	<i>Opornis tolmiei</i>	Chipe de Tolmie
	<i>Parula superciliosa</i>	Parula ceja blanca
	<i>Seiurus motacilla</i>	Chipe arroyero
	<i>Setophaga coronata</i>	Chipe coronado
	<i>Setophaga occidentalis</i>	
	<i>Setophaga townsendi</i>	Chipe de townsend

Familia	Especie	Nombre Científico	
	<i>Vermivora celata</i>	Chipe corona naranja	
	<i>Vermivora crissalis</i>	Chipe crisal	
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión casero	
Picidae	<i>Colaptes auratus</i>	Carpintero de pechera	
	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje	
	<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero bellotero	
	<i>Picoides scalaris</i>	Carpintero mexicano	
	<i>Picoides villosus</i>	Carpintero veloso-mayor	
	<i>Sphyrapicus nuchalis</i>	Chupasavia nuca roja	
	<i>Sphyrapicus varius</i>	Chupasavia maculado	
	Psittacidae	<i>Ara militaris</i>	Guacamaya verde
		<i>Rhynchopsitta terrisi</i>	Cotorra-serrana oriental
	Ptilonotidae	<i>Phainopepla nitens</i>	Capulínero negro
<i>Ptilonotus cinereus</i>			
Regulidae	<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo de rojo	
Sittidae	<i>Sitta carolinensis</i>	Sita pecho blanco	
Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Búho cornudo	
	<i>Megascops trichopsis</i>	Tecolote rítmico	
Thraupidae	<i>Piranga flava</i>	Tángara encinera	
	<i>Piranga ludoviciana</i>	Tángara capucha roja	
Trochilidae	<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí yucateco	
	<i>Calothorax lucifer</i>	Colibrí lucifer	
	<i>Cyananthus latirostris</i>	Colibrí pico ancho	
	<i>Eugenes fulgens</i>	Colibrí magnífico	
	<i>Hylocharis leucotis</i>	Zafiro oreja blanca	
	<i>Hylocharis xantusii</i>	Zafiro de Xantus	
	Troglodytidae	<i>Lamporis clemenciae</i>	Colibrí garganta azul
		<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	Cactus Wren
		<i>Catherpes mexicanus</i>	Chivirín barranqueño
		<i>Salpinctes obsoletus</i>	Chivirín saltarroca
<i>Thryomanes bewickii</i>		Chivirín cola oscura	
<i>Thryothorus ludovicianus</i>		Chivirín de Carolina	
<i>Troglodytes aedon</i>		Chivirín saltapared	
Trogonidae		<i>Trogon elegans</i>	Trogón elegante
		<i>Trogon mexicanus</i>	Trogón mexicano
Turdidae		<i>Catharus gutatus</i>	Zorzal cola rufa
	<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	
	<i>Myadestes sp.</i>		
Tyrannidae	<i>Sialia mexicana</i>	Azulejo garganta azul	
	<i>Sialia sialis</i>	Azulejo garganta canela	
	<i>Turdus migratorius</i>	Mirlo primavera	
	<i>Camptostoma imberbe</i>	Mosquero lampiño	
	<i>Contopus pertinax</i>	Pibí tengofrío	
Vireonidae	<i>Empidonax sp.</i>		
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	
	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Papamoscas tirano	
	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Papamoscas atigrado	
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo	
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenalito	
	<i>Sayornis nigricans</i>	Papamoscas negro	
	<i>Sayornis phoebe</i>	Papamoscas fibí	
	<i>Sayornis saya</i>	Papamoscas llanero	
	<i>Tyrannus couchii</i>	Tirano de couch	
	<i>Vireo griseus</i>	Vireo gris	
	<i>Vireo huttoni</i>	Vireo de hutton	

Mamíferos

Para este grupo, se han determinado hasta el momento un total de 23 especies, repartidas en 17 géneros y 13 familias (Figura 4, Tabla 3). La familia más importante en cuanto a número de especies, fue Vespertilionidae con un total de

cinco taxa. Del total de especies reportadas, solamente el oso negro (*Ursus americanus eremicus*), además del murciélago magueyero (*Leptonycteris curasoae*), se encuentran catalogadas en la categoría de “En Peligro de Extinción” y “Amenazada” respectivamente, dentro de la NOM-059-Semarnat-2010.

Cuadro 3.4. Listado anotado de los mamíferos reportados para las localidades visitadas durante el proyecto.

Familia	Especie	Nombre Común
Canidae	<i>Canis lantrans</i>	Coyote
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris
Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca
Felidae	<i>Lynx rufus</i>	Gato montés
Heteromyidae	<i>Liomys irroratus</i>	Ratón de bolsas espinoso
Leporidae	<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo
Mephitidae	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo listado
Muridae	<i>Neotoma albigula</i>	Rata magueyera
	<i>Peromyscus pectoralis</i>	Ratón de campo
	<i>Peromyscus boylii</i>	Ratón arbustero
Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja
Phyllostomatidae	<i>Leptonycteris curasoae (A)</i>	Murciélago magueyero
Procyonidae	<i>Basariscus astutus</i>	Cacomixtle
	<i>Nasua narica</i>	Tejón
Sciuridae	<i>Sciurus alleni</i>	Ardilla de Nuevo León
Sciuridae	<i>Sciurus niger</i>	Ardillón
	<i>Spermophilus variegatus</i>	Ardilla terrestre
Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Jabalí
Ursidae	<i>Ursus americanus (P)</i>	Oso negro
Vespertilionidae	<i>Lasiurus cinereus</i>	Murciélago cola peluda norteño
	<i>Eptesicus fuscus</i>	Murciélago moreno norteamericano
	<i>Corynorhinus townsendii</i>	Murciélago
	<i>Idionycteris phylotis</i>	Murciélago mula de allen

Herpetofauna

La fauna herpetológica determinada a la fecha del presente reporte corresponde a un total de diez especies, con cuatro taxa infraespecíficos. Las familias Colubridae y Phrynosomatidae fueron las más diversas, presentando dos y tres especies. Del listado presentado, solamente la rana leopardo (*Lithobates berlandieri*) y la lagartija escamosa (*Sceloporus grammicus disparilis*), al igual que la cascabel de las rocas (*Crotalus lepidus*), las cuales se reportan como “Protección especial”, dentro de la legislación oficial vigente (Tabla 4).

Cuadro 3.5. Listado anotado de las aves reportadas para las localidades visitadas durante el proyecto.

Familia	Especie	Nombre Común
Bufonidae	<i>Anaxyrus punctatus</i>	Sapo
Hylidae	<i>Smilisca baudini</i>	Rana arborícola
Ranidae	<i>Lithobates berlandieri</i>	Rana leopardo
Colubridae	<i>Senticolis triapsis intermedia</i>	Culebra

Familia	Especie	Nombre Común
	<i>Trymorphon tau tau</i>	Culebra
Crotalidae	<i>Crotalus lepidus (Pr)</i>	Cascabel de las rocas
Teiidae	<i>Aspidoscelis scalaris gularis</i>	Lagartija
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus grammicus disparilis</i>	Lagartija escamosa
	<i>Sceloporus obero</i>	Lagartija escamosa
	<i>Phrynosoma spp.</i>	Camaleón

3.3.3 Usos y aprovechamiento de las especies de flora y fauna Silvestre

Tal y como se mencionó con anterioridad, desgraciadamente lo que no se conoce, no se conserva. Eso deriva en parte, en la pérdida de ese patrimonio natural o en su defecto, que los beneficios, sean obtenidos por terceros. De esa forma, una parte fundamental de este trabajo, es describir la importancia de la biodiversidad como una fuente potencial para el desarrollo rural sustentable. Para tal efecto, nos dimos a la tarea de realizar una revisión bibliográfica sobre los usos y aprovechamientos de la biodiversidad (flora, fauna y espacios naturales), para establecer una línea de base que nos permitiera identificar las oportunidades y las necesidades en el desarrollo de proyectos que integren la visión del desarrollo social bajo un marco de conservación de la biodiversidad.

Uno de los problemas respecto a la valoración de la biodiversidad, es su propia complejidad, además del carácter irreversible de su pérdida, a la falta de información y a diversos tipos de presiones socioeconómicas. Por lo que traducir su valor para el bienestar humano, en categorías lo suficientemente sencillas y tangibles como para ser comunicables entre actores y autoridades, es uno de los retos más importantes para los investigadores (Keppler, 1999)

Básicamente, se reconocen dos tipos de valores de la biodiversidad: el primero de ellos, se conoce como Valor Intrínseco o Inherente: El cual hace referencia de la importancia de la biodiversidad per se. Es decir, la biodiversidad es valiosa por el solo hecho de existir, por lo que la justificación del progreso y desarrollo económico no es suficiente para eliminar sistemas biológicos. Por su parte, el Valor Instrumental o Utilitario, es aquel cuya presencia o uso beneficia a otros, es decir es un enfoque de carácter antropocéntrico (Meléndez-Ramírez, 2011) (Figura 3.4).

De acuerdo al inventario de flora y fauna realizado, podemos señalar que en el caso de las plantas vasculares, del listado generado un total de 106 especies, es decir un poco más del 50% de la riqueza florística determinada, presentó algún uso (Figura 3.5), destacando las especies de interés medicinal.

Como ejemplo de este grupo podemos señalar al yerbanis (*Tagetes lucida*), especie que es muy socorrida para la elaboración de té, así mismo podemos citar al lantrisco (*Rhus virens*), el cual se utiliza para el tratamiento de la diabetes al igual que la tronadora (*Tecoma stans*). Así mismo, otras especies, de interés medicinal destaca la sangre de drago (*Jatropha dioica*), misma que se utiliza

para el tratamiento de gingivitis, la vara dulce (*Eysenhardtia texana*), el cenizo (*Leucophyllum frutescens*) el cual es utilizado para el tratamiento de malestares respiratorios. Parte de las especies reportadas para presente estudio, se ha documentado su comercialización en los mercados populares del área Metropolitana de Monterrey (Nicholson y Arzeni, 1993), esto en parte se debe a que las plantas medicinales continúan siendo una fuente de salud importante para la población, específicamente la rural (Vargas-López *et al.*, 2007).



Figura 3.4. Valores de uso de la biodiversidad (tomado de Meléndez-Ramírez, 2011).

Por otra parte, las especies ornamentales se constituyen como el segundo grupo en importancia, de acuerdo al número de especies reportadas (40 taxa). Es importante señalar que recientemente se ha dado un fuerte enfoque al uso de especies nativas con fines de reforestación y forestación urbana (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; Alanís-Flores y González-Alanís, 2003; Alanís-Flores, 2005; Alanís-Villalón *et al.*, 2009). Sin embargo, existe un déficit en la producción de plantas nativas en los viveros comerciales (Sánchez-Zavala *com, pers*). Básicamente las especies más atractivas y sobre todo más socorridas en el uso ornamental se encuentran los encinos (*Quercus* spp.) y los pinos (*Pinus* spp.), especies de tallas arbóreas que son frecuentemente utilizadas en los camellos y proyectos mobiliarios. Es importante señalar que existen especies con características ornamentales y fisiológicas que los hace atractivos de acuerdo a las condiciones de la región que pretendemos reforestar, algunas especies que entran en esta categoría se encuentra la anacahuita (*Cordia boissieri*), especie que se considera la flor representativa de nuestro estado, así mismo podemos citar a las asclepias o algodoncillos (*Asclepias* spp.) especies ornamentales a las que se recurre para el diseño de jardines para mariposas, ya que esta familia de plantas, son

utilizadas por las mariposas monarcas (*Danaus plexippus*) para alimentarse. Otras especies como la magüira (*Vauquelinia corymbosa*) representan un enorme potencial para ser utilizada en este tipo de aprovechamientos.

En lo respectivo a las especies de interés alimenticio destaca el pino piñonero (*Pinus cembroides*), ya que para algunas comunidades, el comercio de este producto forestal no maderable constituye una fuente importante de recursos para los habitantes de estos sitios. Por otra parte, otras especies de interés alimenticio destaca las flores de palma (*Yucca* spp.) y los cabuches (botones florales de *Ferocactus pilosus*), mismas que son utilizadas en la gastronomía regional y en algunos casos comercializándose de manera informal. De igual forma, el nopal es altamente consumido por las comunidades de estudio, preparándose de diversas formas y aprovechándose también la tuna como fruto de esta planta (*Opuntia engelmannii*). Un caso de especial interés es el producto del exudado del Agave spp., conocido como aguamiel. El aguamiel es un producto de aspecto líquido, de sabor dulce agradable, de olor característico, con colores que varían de blanco tenue a amarillo claro. La cantidad de aguamiel que se puede extraer de cada planta varía de acuerdo al tamaño de la planta, de su madurez óptima y de la estación del año. Una vez extraída de la planta, el “aguamiel” debe ser rápidamente utilizado, ya que a los dos a cuatro horas después de haber sacado de la planta se inicia el proceso de fermentación, esto depende de la temperatura del ambiente. La forma como los pobladores pueden evitar la fermentación del aguamiel, es sometiendo a ebullición por un tiempo de cinco minutos. En algunas localidades, el aguamiel es “curado” con hojas de yerbanís. Particularmente este proceso enfatiza el sabor del producto, mejorando su sabor. Si el producto continúa en cocción, puede hacerse una miel; producto que tiene más tiempo de anaquel y puede ser comercializado como tipo “conserva”, ya que bajo la forma natural no se puede comercializar porque es muy inestable, rápidamente se fermenta (Bautista-Cruz, 2006). Estudios bromatológicos desarrollados encontraron que en el aguamiel contiene 4.41 % de proteína cruda, alto contenido de Ca, Zn, Fe. Por lo tanto, al ingerir 500 ml por persona se aportará aproximadamente el 60% del requerimiento diario de Fe y Zn (Silos-Espino *et al.*, 2010). Esta condición y la oportunidad de crear cultivos multipropósitos con las especies de agave, pueden derivar en proyectos productivos y de conservación en las regiones donde se distribuyen sus especies (Alanís-Flores y González-Álvarez, 2010).

Finalmente otro de los usos y aprovechamientos que les dan los pobladores a las plantas, es para la construcción. Particularmente, en este rubro se reconocen al menos un total de 23 especies, dentro de las cuales destaca el sollate (*Nolina* sp.) especie que es aprovechada para la construcción de techos. Así mismo se utiliza los varejones de la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), en la elaboración de los techos, y finalmente, otra especie utilizada es la barreta (*Helietta parvifolia*), el cedro (*Cupressus* spp, *Juniperus* spp.) para la fabricación de cercos.

En lo relativo al aprovechamiento de la fauna silvestre, podemos considerar que los usos son de subsistencia, principalmente a partir de la cacería para la obtención de alimentos (carne). En ese sentido las especies más socorridas son el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus miquihuanensis*), el guajolote silvestre (*Mealleagrís gallopavo*), y conejos (*Silvilagus floridanus*), en mayor proporción. Ocasionalmente, también es consumida la carne de otras especies como el jabalí (*Pecari tajacu*).

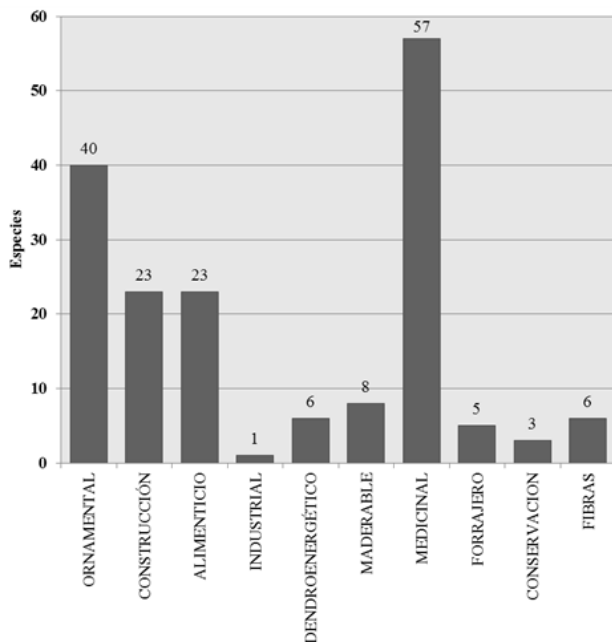


Figura 3.5. Especies útiles de la flora que se reporta para las comunidades rurales de la Sierra Madre Oriental en Nuevo León.

Del inventario realizado, podemos señalar que las áreas rurales donde se realizó el estudio, ostentan una diversidad de especies de fauna que potencialmente pueden ser aprovechadas a través de esquemas de diversificación productiva. Caso concreto es el de la fauna de interés cinegético, dentro de la que destacan el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus miquihuanensis*), el pecarí de colla o jabalí (*Pecari tajacu*) y el guajolote silvestre (*Melleagrís gallopavo*), especies que aún se presentan en los sitios, situación que propicia el desarrollo de acciones de mejoramiento el hábitat para dichas especies, con lo que se propiciaría su aprovechamiento racional.

Por otra parte, y particularmente en el caso de las aves, un 14% del inventario reportado (150 especies), es considerado como aves canoras y de ornato. Los pobladores de los sitios, refieren que anteriormente esta era una práctica

desarrollada principalmente por personas foráneas a las comunidades. Sin embargo, refieren que algunas especies como el jilguero o zorzal (*Myadestes occidentalis*), así como el ceniztonle (*Mimus polyglotos*), y cardenales (*Cardinalis cardinalis*, *C. sinuatus*), son socorridos como aves ornamentales (Figura 3.6).

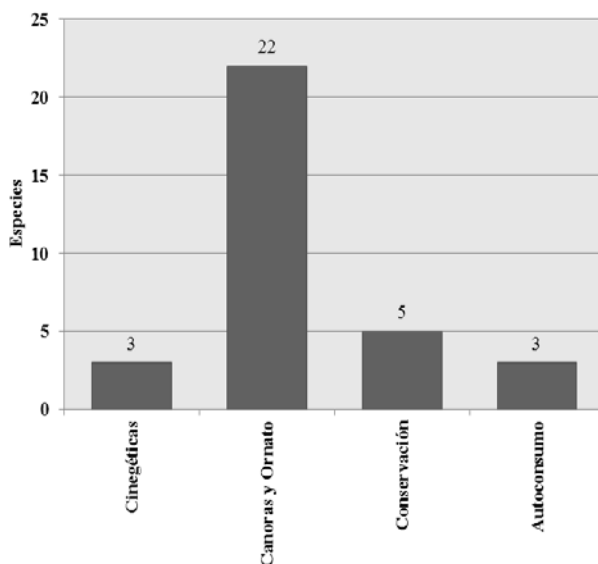


Figura 3.6. Algunos de los usos reales y potenciales que pueden ser dados a la diversidad ornitofaunística de las comunidades rurales de la Sierra Madre Oriental.

Finalmente, es importante hacer mención aquellas especies que son objeto de gran interés de conservación para agencias de gobierno, así como para organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas tanto nacionales como extranjeras. En ese sentido podemos señalar que para el área de estudio, varias especies encuentran las condiciones propicias para desarrollar sus ciclos de vida, caso concreto podemos mencionar al chipi mejida dorada (*Setophaga chrysoparia*) y el vireo gorra negra (*Vireo atricapilla*) especies de aves que se encuentran catalogada en peligro crítico de extinción y de la cual se destinan una gran cantidad de recursos económicos (U.S. Fish and Wildlife Service, 1990). Así mismo, otras especies de interés internacional destaca el murciélago magueyero (*Leptonycteris nivalis*), especie íntimamente ligada a la diversidad de magueyes, ya que se alimenta principalmente de polen y néctar de agaves, además de varios cactáceas (Arrollo-Cabrales *et al.*, 2008). Estos son ejemplos de estas especies que pueden derivar en proyectos para su protección donde los miembros de las comunidades rurales sean beneficiarios a través de esquemas

como el pago por servicios ambientales para la protección de la biodiversidad o la suscripción de convenios de servidumbres ecológicas (Pronatura, 1997).

3.3.4 Estrategias y acciones para el manejo y aprovechamiento racional de la biodiversidad en la Sierra Madre Oriental

A manera de ejercicio, desarrollamos este análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para identificar estrategias preliminares para la atención de las necesidades en torno a la conservación y desarrollo rural sustentable.

FORTALEZAS

- F1** Cuentan con áreas en buen estado de conservación, lo que favorece la presencia potencial de las especies de flora y fauna.
- F2** Existe un interés creciente de las comunidades por contar con información que les permita hacer un mejor manejo de sus recursos naturales y su biodiversidad
- F3** En algunos casos se cuenta con infraestructura para el manejo sustentable y el aprovechamiento racional de los productos del bosque
- F4** Presencia de casos exitosos en el manejo y conservación de recursos naturales que pueden servir como ejemplo para otras comunidades

OPORTUNIDADES

- O1** Existen instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil que pueden apoyar a las comunidades en el levantamiento sistemático de los inventarios de recursos naturales (flora, fauna, paisajes)
- O2** Hay una oferta de programas de distintas instituciones de gobierno y fundaciones para el desarrollo de este tipo de proyectos
- O3** Existen instituciones que promueven incubadoras de empresas como la Universidad Autónoma de Nuevo León y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- O4** Los mercados "verdes" representan una buena oportunidad de posicionar productos del medio rural, de acuerdo a normas y estándares que integren el aspecto de conservación.

DEBILIDADES

- D1** Falta de organización comunitaria para el aprovechamiento racional de la biodiversidad
- D2** Carencia de información para el aprovechamiento de los recursos naturales de las comunidades rurales
- D3** Desarrollo de prácticas productivas sin enfoque de conservación, p. ej. Ganadería, agricultura, aprovechamiento forestal sin directrices
- D4** La falta de planeación participativa para el manejo colectivo de recursos naturales, p. ej. Carencia de ordenamientos ecológicos comunitarios.

AMENAZAS

- A1** Intereses ajenos a las comunidades rurales para el aprovechamiento de los recursos forestales y la biodiversidad
- A2** Falta de incentivos por parte de las autoridades
- A3** Pérdida de recursos por fenómenos naturales y siniestros como incendios.
- A4** Desinterés de instituciones académicas, ONG's, prestadores de servicios profesionales para el desarrollo de proyectos de este tipo

ESTRATEGIAS

E1	Establecer convenios entre las comunidades rurales y las instituciones académicas y ONG´s para la sistematización de la información relativa a la biodiversidad de sus predios
E2	Crear programas de capacitación del sector rural, enfatizando la importancia de la biodiversidad dirigida al sector rural de la Sierra Madre Oriental de Nuevo León.
E3	Establecer una cartera de casos exitosos del manejo, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad para la difusión ante el sector rural.
E4	Crear una relación de los programas y apoyos institucionales que fomentan el desarrollo de proyectos de conservación, manejo y aprovechamiento de la biodiversidad
E5	Difundir y capacitar a los pobladores rurales en aspectos relacionados a la diversificación productiva a manera que visualicen y adopten nuevos proyectos productivos en el campo.
E6	Promover a nivel municipal y comunitario el desarrollo de estrategias de planeación participativa (ordenamientos, planes municipales de desarrollo, programas estratégicos de desarrollo rural sustentable), a modo que se definan líneas estratégicas para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad
E7	Impulsar políticas públicas relativas a la protección de los recursos bióticos comunitarios.

3.4 Conclusiones y propuestas

A lo largo de esta sección hemos visto una pequeña proporción de los usos, aprovechamientos y el potencial de la biodiversidad como un elemento fundamental para el desarrollo rural sustentable. Es importante señalar que el presente estudio constituye una muestra puntual de este enorme potencial, pero de igual forma es ilustrativa de la riqueza biológica, los patrones y procesos culturales asociados a su presencia.

Bajo esta perspectiva no es posible visualizar el desarrollo social sin asociarlo a un buen nivel del estado de la conservación de la biodiversidad. Dicho sea de otra forma, la pérdida de la diversidad biológica reduce considerablemente las oportunidades y opciones de desarrollo. Sin embargo, en el presente, aún resulta primordial, generar información que nos permita aumentar el conocimiento de lo que tenemos, para con ello favorecer su gestión y aprovechamiento sustentable. Esta acción debería ser una política pública que se impulse desde el ámbito de acción de las distintas agencias gubernamentales, y por ende, posicionarse como una prioridad en sus respectivos planes de trabajo. Bajo este contexto, sin contar con un inventario de recursos bióticos (flora y fauna), el desarrollo social carecería de indicadores ambientales (biodiversidad), con lo que estaríamos imposibilitados a medir los alcances de los proyectos de desarrollo.

Hay un creciente reconocimiento de la importancia de la biodiversidad y su manejo sustentable por parte de instancias, organizaciones, instituciones académicas y grupos rurales, por lo que el fomento de programas de capacitación y comunicación educativa en este tema, resultan primordiales para

empoderar a estos actores. De esa forma, es importante que la información biológica colectada por las instituciones académicas y grupos de especialistas, sea difundida a la sociedad en general, específicamente a los propietarios de los terrenos silvestres.

Actualmente, afrontamos una crisis ecológica que pone en riesgo la integridad de la biodiversidad y por ende del futuro de la sociedad, sin embargo, ante tal escenario, existen mecanismos que tratan de atenuar y proponer nuevos enfoques de manejo y aprovechamiento de la biodiversidad. Sin embargo, un punto crítico que puede contribuir a la exploración de esos caminos, es el contar con un estado de conocimiento adecuado de los recursos naturales: la flora y la fauna nativa. Solo se conserva lo que se conoce y esa es una premisa fundamental que debería fomentarse como una política de estado.

Particularmente, el estado de Nuevo León ostenta una gran riqueza biológica, caracterizada por una variada de flora, fauna y paisajes integrados dentro de un mosaico importante de ecosistemas. Un punto negativo para su conservación y manejo, es la carencia de un Estudio de Estado y subsecuentemente de una Estrategia Estatal de Biodiversidad. Particularmente estos documentos, son medulares en el fortalecimiento de una política pública en torno a la biodiversidad y su gestión. Para la conformación de estos procesos, es fundamental la concurrencia de diversos actores destacando las instituciones académicas, las organizaciones de la sociedad civil, usuarios y organizaciones rurales, así como dependencias gubernamentales e iniciativa privada. En ese mismo orden de ideas, existen ejemplos de otras entidades de la república que ha implementado en coordinación con la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) este tipo de estrategias, lo que hace factible su implementación para el caso Nuevo León. Finalmente, es importante recapitular la importancia de la realización de estudios tendientes al estudio de la diversidad biológica, ya que solo a través del aumento del conocimiento en el acervo natural y ecológico, podremos manejar este patrimonio de los nuevoleonenses, asegurando su conservación y aprovechamiento sustentable para las siguientes generaciones.

3.5 Referencias bibliográficas

- Alanís-Flores, G.J. y González-Alanís F.** 2003. Flora nativa ornamental para el Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. Primera edición. Universidad Autónoma de Nuevo León. 110 pp.
- Alanís-Flores, G.J.** 2005. El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. *CienciaUANL*. 8(1): 20-32.
- Alanís-Flores, G. y González-Álvarez M.** 2010. Formas de uso de los magueyes (*Agave* spp.) en Nuevo León, México. IX Simposium – Taller Nacional y II Internacional de producción de nopal y maguey. 14pp.

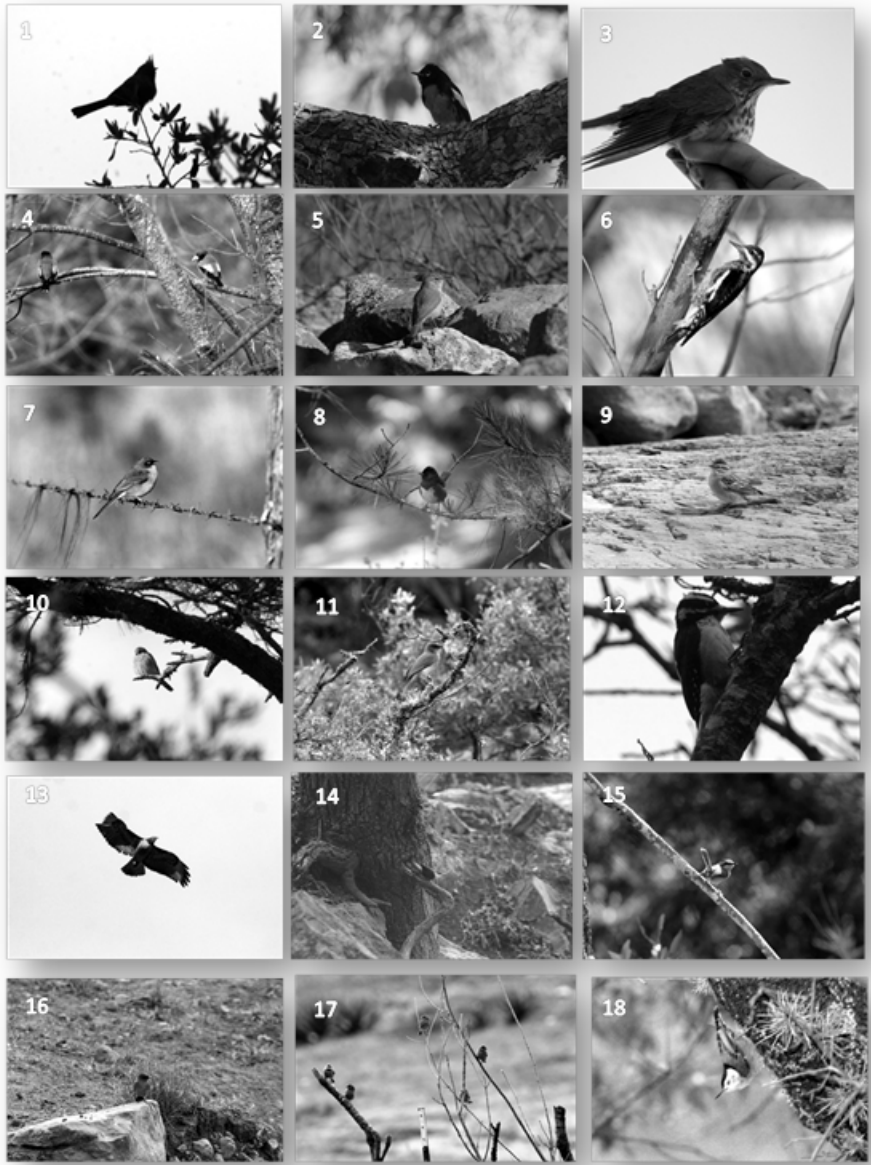
- Alanís-Villalón, J.A., Rodríguez-Rodríguez G.A., Velazco-Macías C., Martínez-Pineda J., Sánchez-Zavala E., Martínez-Graciano A., González-Garza R., Segura-Ríos C.M., Leal J. y Villalón-Moreno H.** 2009. Lista de Plantas y Principios para su Uso en Ornato en el Estado de Nuevo León. Parques y Vida Silvestre, Gobierno del Estado de Nuevo León. 11pp.
- Aranda, M.** 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Instituto de Ecología A.C. 212 pp.
- Arroyo-Cabrales, Miller J., Reid B., Cuarón F., y De Grammont P.C.** 2008. *Leptonycteris nivalis*. En: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2.
- Banda-Silva, R.** 1974. Contribución al conocimiento de los encinos del estado de Nuevo León, México. Tesis de licenciatura. UANL, FCB. 55 pp.
- Bautista-Cruz, N.** 2006. Estudio químico-bromatológico y elaboración de néctar de aguamiel de *Agave americana* L. (maguey) procedente de Ayacucho. Tesis inédita. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 89 pp.
- Bravo, H.** 1978. Las cactáceas de México. Vol. 1, 2ª. ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 743 pp.
- Bravo, H. y Sánchez-Mejorada H.** 1991a. Las cactáceas de México 2ª. ed. Vols. 2. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.
- Bravo, H. y Sánchez-Mejorada H.** 1991b. Las cactáceas de México 2ª. ed. Vols. 3. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.
- Chesser, R.T., Banks R.C., Barker F.K., Cicero C., Dunn J.L., A. Kratter W., Lovette I.J., Rasmussen P.C., Remsen J.V., Rising J.D., Stotz D.F. and Winker K.** 2011. Fifty-second supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of North American Birds. *Auk* 128(3):600-613.
- Conant, R. y J. T. Collins.** 1998. Reptiles and Amphibians Eastern/Central North America. 3a ed. Peterson Field Guides. Houghton Mifflin Company. NY, USA. 616 pp.
- Correll, D.S.** 1979. Manual of the Vascular plants of Texas. University of Texas at Dallas. 1881 pp.
- Diggs, G., Lipscomb B., O'kennon R. and Heagy L.** 1999. Shinnery & Mahler's Illustrated Flora of North Central Texas. Botanical Research Inst. of Texas. 1640 pp.
- Ehrlich, R.P., Dobkin D.S. and Wheye D.** 1988. The birders Handbook. A Fireside Book Published by Simon y Schuster Inc. New York. 785 pp.
- Favela, S.** 1999. Taxonomía de los pinos del noreste de México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. H038. México, D.F.
- Flora of North America Association.** 2008. Flora of North America North of México. Flora of North America Association. www. <http://floranorthamerica.org/>.
- Gentry, H.S.** 1982. Agaves de Norteamérica Continental. Universidad de Arizona Press. 670 pp.
- González-Saldivar, F. y Moreno-Valdez A.** 1999. Capítulo 2. Mamíferos. pp 27., En: Listado preliminar de la fauna silvestre del estado de Nuevo León, México., Contreras-

- Balderas, S., González-Saldivar F., Lazcano-Villareal D. y Contreras-Balderas A. (Eds). Consejo Consultivo Estatal para la Preservación de la Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León. Gobierno del Estado de Nuevo León, México.
- Howell, S.N. and Webb S.** 1995. A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press Inc., New York. U.S.A. 851 pp.
- INEGI.** 1981. Manual para la elaboración de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Escala 1:250 000. Inédito. DGG. Depto. de Uso del Suelo y Vegetación. Aguascalientes, México.
- Kays, R. y Wilson E.** 2002. Mammals of North America. Princeton University Press. 240 pp.
- Keppler, J. H.** 1999. La obtención del valor total de la biodiversidad a través de la mezcla de instrumentos. Economía de la biodiversidad. Memoria del Seminario Internacional de La Paz, BCS. Instituto Nacional de Ecología. 226 pp.
- Llorente-Bousquets, J., y Ocegueda S.** 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 283-322.
- Meléndez-Ramírez, V.** 2011. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Recursos con potencial económico. 453-456.
- National Geographic Society.** 2010. Field Guide to the Birds of North America. Third Ed. National Geographic Society. USA. 480 pp.
- Nicholson, M.S. y Arzeni C.B.** 1993. The market Medicinal plants of Monterrey, Nuevo León, México. *Economic Botany* 42(2):184-192.
- Perry, J.P.** 1991. The pines of México and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. U.S. 231 pp.
- Ralph, J.C., Geupel G.R., Pyle P., Martin T.E., DeSante D.F. y Milá B.** 2006. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany,CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 pp.
- Ramos-Silva, C.B, Flores-Maldonado J.J., Varela-Echavarría A., Hernández-Ramírez A., Aguillón-Hernández J.F. y Hernández-Pérez H.** 2007. Las plantas útiles del área prioritaria para la conservación Río Sabinas, Coahuila. En: Tópicos selectos de botánica. González-Álvarez y Salcedo-Martínez (Eds). pp:55-63.
- Sánchez-Zavala, E.** 2012. Comunicación personal.
- Sibley, D.A.** 2003. The Sibley Field Guide to Birds of Eastern North America. Alfred Knof, Inc. 544 pp.
- Silos-Espino, H., Tovar-Robles C.L., González-Cantú N., Méndez-Gallegos S.J. y Rossel-Kipping D.** 2010. Estudio integral del maguey (*Agave salmiana*): propagación y valor nutricional. IX Simposium – Taller Nacional y II Internacional de producción de nopal y maguey. 9pp.
- Standley, P.C.** 2009. Trees and Shurbs of Mexico. General Books LLC. 554 pp.

- U.S. Fish and Wildlife Service.** 1990. Endangered and threatened wildlife and plants; emergency rule to list the golden-cheeked warbler as endangered. *Federal Register* 55(87):18844-18845.
- Vargas-López, V., González-Álvarez M., Camacho-Benavides C.I. y Gámez-González H.** 2007. Inventario de las plantas medicinales de Aramberri, Nuevo León. En: Tópicos selectos de botánica. González-Álvarez y Salcedo-Martínez (Eds.). pp: 167- 169.
- Vázquez-Yanes, C., Batis-Muñoz A.I., Alcocer-Silva M.I., Gual-Díaz M. y Sánchez-Dirzo C.** 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. PROYECTO J-084 – CONABIO. 15pp.
- Velazco-Macias, C.G.** 2009. Flora del estado de Nuevo León, México: Diversidad y Análisis Espacio-Temporal. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. 299 pp.



1. *Tillandsia usneoides*; 2. Preparación de muestras botánicas; 3. *Stenocactus multicostatus*; 4. *Cercocarpus montanus*; 5. *Agave celsii*; 6. *Pinus greggii*; 7. *Agave scabra*, 8. *Pinus teocote*



1. *Ptilonopus cinereus*; 2. *Myoborus pictus*; 3. *Catharus guttatus*; 4. *Coccothraustes abeillei*; 5. *Salpinctes obsoletus*; 6. *Sphyrapicus nuchalis*; 7. *Junco phaeanotus*; 8. *Pipilo maculatus*; 9. *Chondestes grammacus*; 10. *Falco sparverius*; 11. *Aphelocoma wollweberi*; 12. *Picoides villosus*; 13. *Buteo jamaicensis*; 14. *Troglodytes aedon*; 15. *Basileuterus rufrons*; 16. *Sayornis nigricans*; 17. *Carpodacus mexicanus*; 18. *Sitta carolonensis*



1. Preparación de trampas; 2. *Eptesicus fuscus*; 3. *Lasiurus cinereus*; 4. Marcas de oso negro (*Ursus americanus eremicus*); 5. *Eptesicus fuscus*; 6. *Peromyscus boylii*



1. *Ara militaris*; 2. Bosques de encino del Ejido Tepozanes; 3. Ejido Rayones; 4. Comunidad San Antonio de la Osamenta (Paredes de anidación de *R. terrisi*); 5. Bosques de *Abies* del Ejido San Antonio de la Osamenta; 6. Panorámica del Bosque de *Abies* de San Antonio de la Osamenta; 7. Zargaoza, N. L., 8. Ejido Galeana, Galeana N. L.



1. Muestreo de aves; 2. Equipo de trabajo en la comunidad San Antonio de la Osamenta; 3. Recorrido de ubicación de sitio para la conservación en el Ejido Tepozanes; 4. Plática con la asamblea ejidal del Ejido El Refugio; 5. Explicación de acciones de inventario de biodiversidad; 6. Explicación de acciones de inventario de biodiversidad; 7. Habitantes del Ejido El Refugio, Zaragoza, N. L.

4. Análisis de la riqueza de especies de la familia Pinaceae en la Sierra Madre Oriental a partir de modelos de nicho ecológico para la identificación de áreas de relevancia para la conservación de la biodiversidad

Autores:

José Juan Flores Maldonado
Mario Alberto García Aranda
Antonio Moreno Talamantes
Susana Favela Lara*

* Laboratorio de Ecología Molecular, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León

4.1 Introducción

La diversidad de especies, se considera como uno de los indicadores más socorridos que nos pueden explicar lo que ocurre dentro de los ecosistemas. Para facilitar la interpretación de estos fenómenos, la diversidad de especies, ha sido dividida en tres componentes, acorde a una jerarquía de carácter netamente espacial, es decir dependiente de la escala de análisis. De esa forma, el primero de los componentes se le conoce como Diversidad Alfa (α), que se describe como la riqueza de especies en un marco geográfico puntual, como una localidad o un ejido.

El segundo componente es la Diversidad Beta (β), que se describe como el recambio espacial entre áreas o localidades, es decir la diferencia o similitud de especies que se presenta dentro de dos unidades de análisis, por ejemplo la similitud o diferencia en la composición de especies que se presentan en dos ejidos de estudio. Y finalmente, la Diversidad Gama (γ), la cual representa la riqueza global de un área extensa y heterogénea, por ejemplo la riqueza de especies del estado de Nuevo León (Whittaker, 1970; Whittaker *et al.*, 2001; Halffter y Moreno, 2005; Jobe, 2006). Cada uno de estos componentes de la diversidad de especies, nos proporciona una interpretación de diversos procesos evolutivos y ecológicos que nos dan una idea del grado de conservación o disturbio que se presenta en una región dada. El reconocimiento de estos patrones de riqueza soporta el planteamiento de estrategias de conservación basadas en conocimiento científico.

De esa forma, para la integración de estos análisis, es necesario contar con información suficiente que nos garantice que nuestros resultados estén basados en información confiable. Desgraciadamente, para muchos grupos biológicos y varias regiones de nuestro país, el conocimiento taxonómico aún es precario (Peterson, 2001; Villaseñor *et al.*, 2005; Hijmans *et al.*, 2000; Hortal *et al.*, 2007;

Hortal *et al.*, 2008). De ahí que sea necesario, contar con herramientas que nos permitan generar análisis robustos, para poder contribuir al reconocimiento de dichos patrones de riqueza biológica.

Actualmente una de las herramientas más promisorias en el estudio de la biodiversidad y sus patrones, es la modelación de nicho ecológico o modelos de distribución de especies (Grinnel, 1917). En particular, estos modelos, utilizan los registros geográficos puntuales de los taxa, correlacionándolos con variables ambientales para transformarlos en hipótesis sobre el área de presencia potencial de las especies (Peterson y Kluza, 2005).

De esa forma, estas aproximaciones, se constituyen en la actualidad, como una herramienta promisorias para el análisis de los patrones espaciales de la biodiversidad (Stockwell y Peters, 1999; Ortega-Huerta y Peterson, 2004; Lira-Noriega *et al.*, 2007), así como también para la planificación de la conservación (Sánchez-Cordero *et al.*, 2005; Papeş, 2007; Aguirre-Gutiérrez y Duivenvoorden, 2010), el estudio de especies poco conocidas (Leal-Nares, 2009; García-Aranda, 2011; García-Aranda *et al.*, 2012. Leal-Nares *et al.*, 2012), por mencionar algunos de los campos donde se han utilizado estas herramientas.

Particularmente para este capítulo, hemos implementado el uso de esta herramienta para describir patrones de riqueza de especies de un grupo indicador, en este caso los pinos del Noreste de México (*Pinus* spp.), por ser representativo de los bosques, además de ser un grupo de interés ecológico y económico e la Sierra Madre Oriental.

Los objetivos que pretendemos a través del presente análisis son identificar áreas de mayor concentración de especies de pinos como un indicador de biodiversidad, de modo que sirva de indicativo para la selección de áreas relevantes de ser sujetas a proyectos de conservación a través de pago por servicios ambientales en el tema de biodiversidad.

4.2 Metodología

4.2.1 Integración de información sobre biodiversidad

Para la colecta de los registros de las especies de los grupos indicadores, se obtuvo información primaria a través de la revisión de consultas en bases de datos digitales dentro de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB) y de la base de datos de los de la Colección de Pinos del Noreste de México (Favela-Lara, 1999). Los registros obtenidos a partir de las consultas realizadas, fueron depurados y georeferenciados para su incorporación dentro del Sistema de Información Geográfica del proyecto. El marco espacial para la colecta de los registros de las familias de flora y fauna fue a nivel nacional, sin embargo el inventario fue depurado, considerando solamente aquellas especies

que se cuentan con registros dentro del estado y la región comprendida por la Sierra Madre Oriental (Figura 4.1).

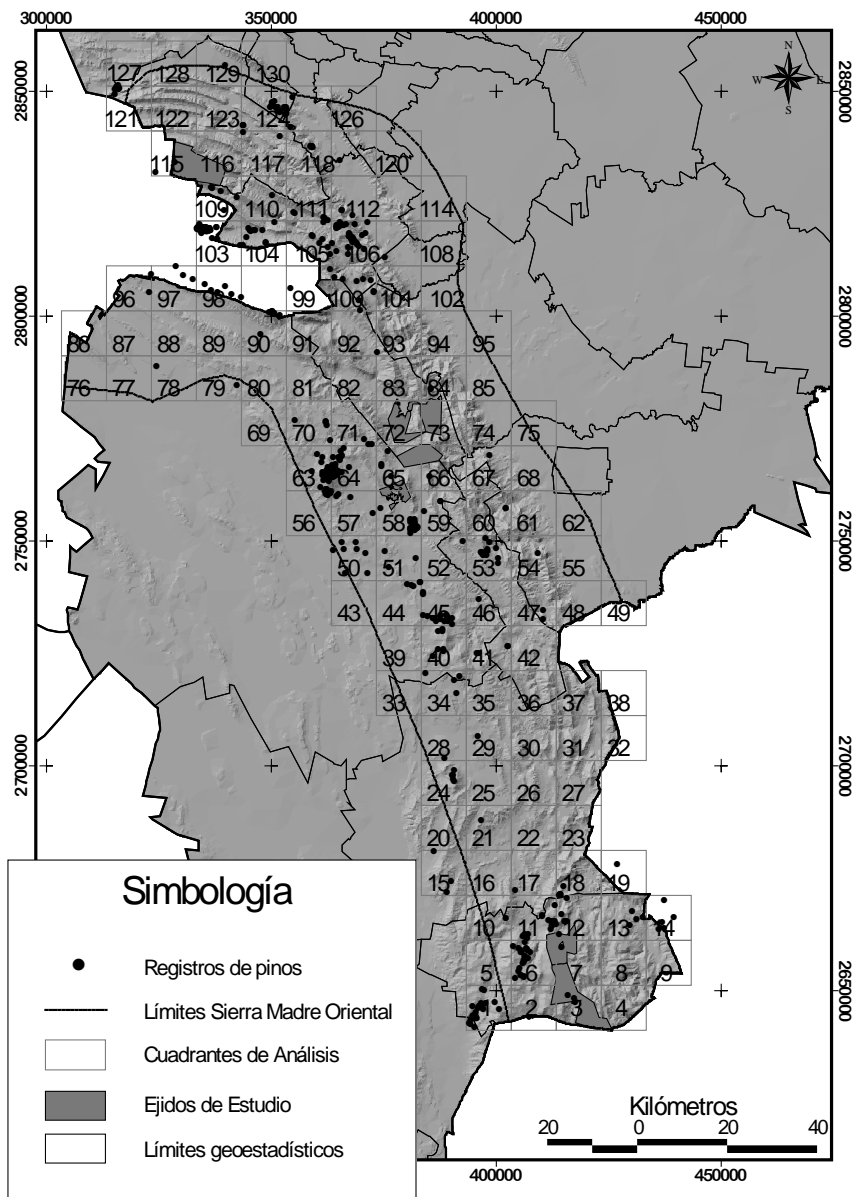


Figura 4.1. Ubicación del área de estudio y registros de las especies de Pinos para el Noreste de México (Favela-Lara, 1999)

4.2.2 Análisis de Patrones de riqueza bajo el uso de registros provenientes de bases datos y el uso de modelos de nicho ecológico

Área de estudio y determinación del nivel del inventario para los cuadrantes de análisis (Diversidad alfa α)

Para el procesamiento de la información se desarrolló en primera instancia una rejilla de análisis correspondiente en un total de 130 cuadrantes de 100 km², cubriendo una superficie total de 1, 300,000 ha, asignándosele un número de identificación a cada uno de dichos cuadrantes. Cada registro taxonómico, fue geoposicionado, para determinar a nivel de cuadrantes, el número de registros y especies del género *Pinus* que se encuentran en la colección biológica consultada. Posteriormente se describen los resultados obtenidos mediante este análisis a partir de registros puntuales y a continuación se llenarán los vacíos de información a partir de los modelos generados de nicho ecológico de las especies de pinos del noreste.

Modelado de Nicho Ecológico

Actualmente el modelado de nicho ecológico se ha convertido en una herramienta recurrente para predecir la distribución potencial de las especies. Estos modelos, tienen su fundamento en el concepto de Nicho Ecológico el cual se define como las condiciones ambientales bajo las cuales las poblaciones de una especie pueden sobrevivir indefinidamente sin la necesidad de inmigración (Grinnell, 1917). De esa forma es posible modelar su distribución potencial a partir de la correlación entre las variables ambientales (climáticas, topográficas, edáficas, etc.) con los registros de colectas y datos de campo. En la actualidad se reconocen más de 30 algoritmos que trabajan bajo este principio. De todos ellos, GARP (Genetic Algorithm for Rule Set Production) es uno de los mayormente utilizados. De esa forma, para el modelado de la distribución de las especies de pinos del noreste, utilizamos 19 variables climáticas provenientes de la base de datos BioClim (<http://www.worldclim.org/>), además del uso de cuatro variables topográficas obtenidas a partir del proyecto Hydro1K (Jarvis et al, 2006), con una resolución de 30 segundos de arco. Para generar los modelos de nicho ecológico, utilizamos el software Desktop GARP (GeneticAlgorithm for Rule-set Production; Stockwell y Noble, 1992) utilizando los registros previamente georreferenciados y espacialmente únicos en combinación con las variables antes descritas. Para aquellas especies con más de 10 registros se consideró la partición de los mismos en una proporción de 70 y 30% para ser utilizados como datos de entrenamiento del algoritmo y evaluación del modelo respectivamente. Para optimizar la capacidad predictiva, se desarrollaron 100 modelos por especie, considerando como parámetro de salida la selección de los 10 mejores modelos priorizando valores bajos de omisión y de comisión, acorde al protocolo definido por Anderson *et al.* (2003). Los modelos resultantes para cada especie presentaron valores altamente significativos ($p \leq 0.01$). Se generaron modelos binarios para las especies de pinos, considerando como

umbral de corte, los diez mejores modelos para cada taxa. Finalmente, para cada uno de los 130 cuadrantes de la Sierra Madre Oriental, fue actualizada la información referente a la riqueza de especies, a partir de la incorporación de la información proveniente de los modelos de distribución de las especies, para generar los análisis de diversidad (Figura 4.2)

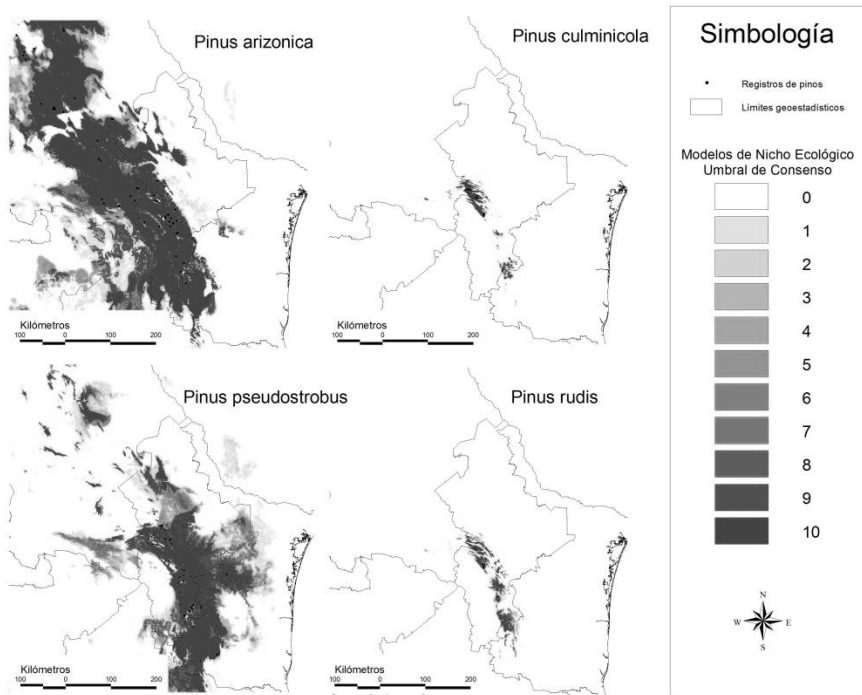


Figura 4.2. Modelos de nicho ecológico para las especies de pinos del noreste de México.

4.3 Resultados

4.3.1 Distribución y riqueza del género *Pinus*

A partir de las consultas desarrolladas de la base de datos de pinos del Noreste de México, se colectó un total de 1,098 registros, los cuales corresponden a una diversidad de 24 especies del género *Pinus*. En ese contexto, el taxa mejor representado en cuanto a número de registros fue *Pinus cembroides*, en contraparte, para *Pinus flexilis* solamente se contó con dos registros en la base de datos consultada. En relación a las especies reportadas para el área correspondiente a la Sierra Madre Oriental de Nuevo León, se reportan 22 de las 24 especies de *Pinus* para el Noreste (Figura 4.3) (Tabla 1).

Cuadro 4.1. Especies de pinos presentes en la colección de Pinos del Noreste de México (Favela-Lara, 1999).

Especie	Número de Registros
<i>Pinus apulcensis</i> *	54
<i>Pinus arizonica</i> *	72
<i>Pinus brachyptera</i> *	34
<i>Pinus catarinae</i> *	16
<i>Pinus cembroides</i> *	187
<i>Pinus culminicola</i> *	88
<i>Pinus estevezi</i> *	31
<i>Pinus flexilis</i> *	2
<i>Pinus gregii</i> *	42
<i>Pinus hartwegii</i> *	84
<i>Pinus johannis</i> *	15
<i>Pinus macrocarpa</i> *	12
<i>Pinus montezumae</i> *	34
<i>Pinus nelsonii</i> *	67
<i>Pinus patula</i> *	21
<i>Pinus pinceana</i>	21
<i>Pinus protuberans</i>	3
<i>Pinus pseudostrobus</i> *	102
<i>Pinus reflexa</i> *	3
<i>Pinus remota</i> *	12
<i>Pinus rudis</i> *	17
<i>Pinus stormiae</i> *	53
<i>Pinus strobiformis</i> *	29
<i>Pinus teocote</i> *	99
*reportados para la región de la Sierra Madre Oriental de Nuevo León	

En otro orden de ideas, al hablar de la distribución espacial de los registros, podemos señalar que el 53% de los cuadrantes (69 de 130), se reporta al menos una especie del género *Pinus*. Por otra parte, los municipios con mayor esfuerzo de colecta y más especies reportadas resultaron ser Galeana (181 registros, 15 especies); Zaragoza (54 registros y 14 especies) y Santiago (87 registros, 13 especies) (Figura 4.3).

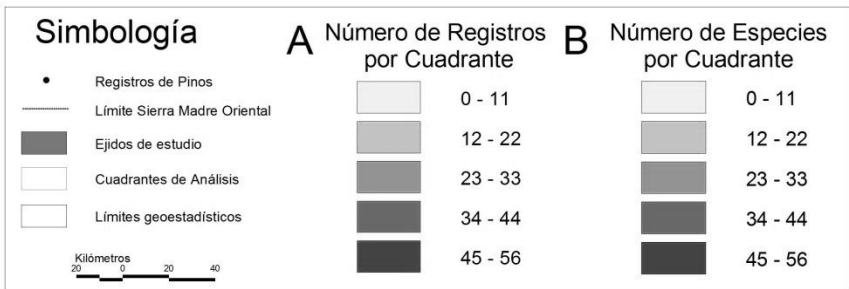
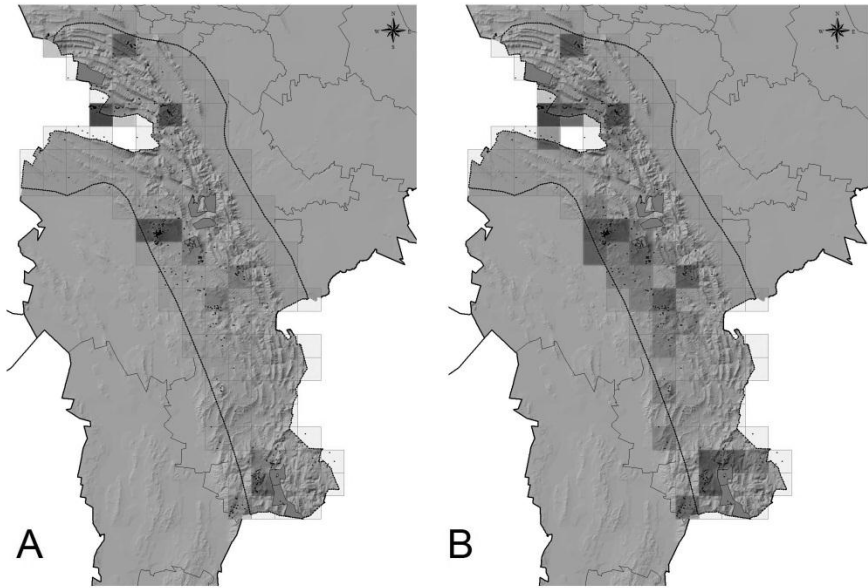


Figura 4.3. Distribución espacial de los registros y número de especies del género *Pinus* para el área correspondiente a la Sierra Madre Oriental.

Es importante señalar que el 47% de cuadrantes restantes, no se cuenta con información de colectas de este grupo, lo que en cierta forma dificulta la identificación de áreas por lo limitado de los datos que, en cierta forma oculta la riqueza potencial que estos sitios albergan para este grupo en particular. En un análisis complementario desarrollado posteriormente, se comparó la riqueza a nivel de cuadrantes entre las especies de pinos presentes en colecciones biológicas contra las especies de pinos modeladas a partir de su nicho ecológico. De esa forma, se observa que un 63% de los cuadrantes ($n = 83$) presentó un cociente bajo (0 a 0.182), mientras que en el caso de los valores medios (0.182 a 0.5), se presentan en una superficie correspondiente a los 31,000 Km² (23%) y finalmente las áreas mejor representadas en relación a la diversidad de pinos, se presenta apenas en un 12% del territorio del área analizada.

Traducido en otros términos, estos datos indican que para la mayoría de los cuadrantes y en general para el área de estudio, el nivel del conocimiento del inventario de las especies de *Pinus* oscila entre 0 y el 50% de las especies que potencialmente pueden presentarse en el área, y que sólo en un bajo porcentaje de la superficie del área de la Sierra Madre Oriental contamos con un nivel de inventario adecuado (Figura 4.4).

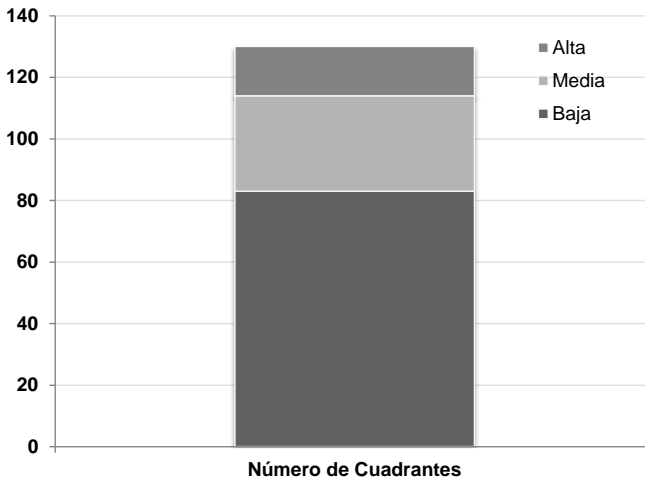


Figura 4.4. Número de cuadrantes de acuerdo al nivel de completitud (Conocimiento del inventario) para la región de la Sierra Madre Oriental en Nuevo León.

Por lo anteriormente mencionado, se hace necesario incrementar el esfuerzo de obtención en trabajos de campo para sistematizar la información correspondiente a este grupo de plantas. Estos resultados sin embargo, nos ayudan a ilustrar lo que ocurre con otros grupos de flora y fauna y de esta manera, poder ser un indicador del grado de conocimiento de nuestra biodiversidad.

4.3.2 Distribución y riqueza del género *Pinus*

Posteriormente al llenar los vacíos de información de las especies de pinos del noreste, y con base en el desarrollo de los modelos de distribución potencial de las especies, pudimos determinar que para cada cuadrante, al menos se registró una especie que potencialmente puede presentarse en el área, de acuerdo a las condiciones climáticas y topográficas (Figura 4.5 A). En ese sentido podemos observar que para la zona de estudio, se reconocen de manera general tres regiones de acuerdo a su riqueza potencial de especies; la primera caracterizada por una riqueza que oscila entre 1 y 5 especies, localizada en la porción norte y noroeste, extendiéndose hacia algunos cuadrantes del suroeste de la Sierra Madre Oriental (Figura 4.5 B).

En la segunda región, podemos observar áreas con una riqueza media (6 y 10 especies), ubicadas hacia la porción central de la Sierra Madre Oriental y finalmente, ubicamos una tercera región con una riqueza alta, que se presenta hacia el extremo sur del área de estudio y que ocupa la mayor proporción en número de cuadrantes al igual que en superficie (Cuadro x).

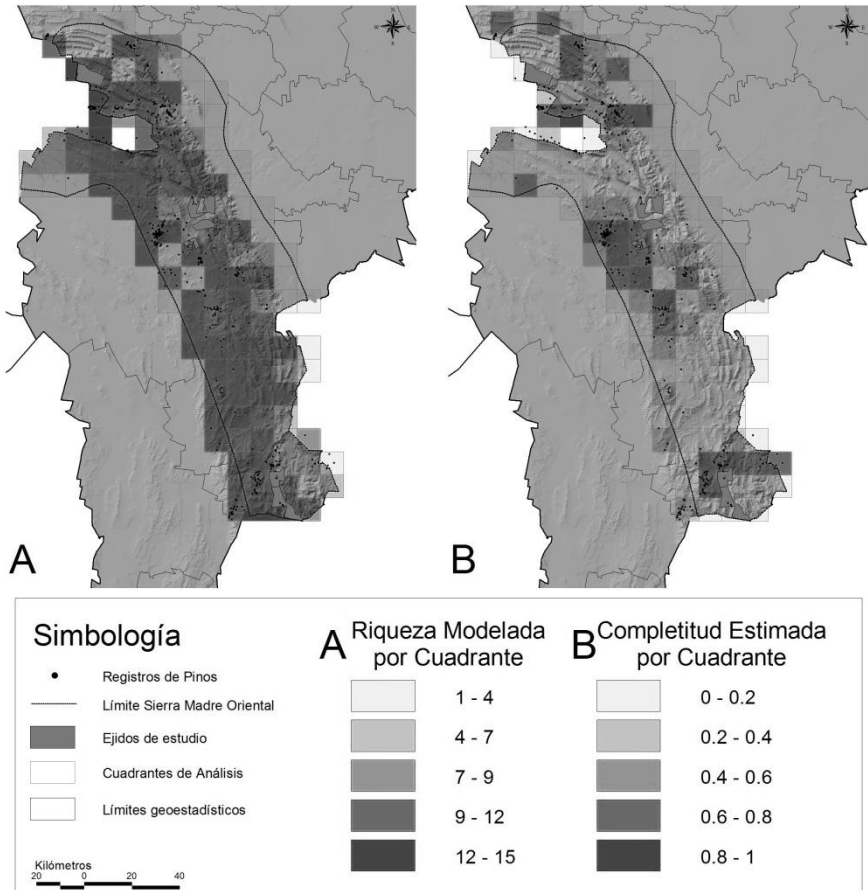


Figura 4.5. A). Cociente de especies observadas y especies modeladas a partir de sus nichos ecológicos, B) Riqueza potencial de especies de Pinus para la sierra madre Oriental, con base en los modelos de nicho ecológico generados.

Esta información nos brinda una perspectiva para poder ubicar aquellas áreas que pueden albergar una alta riqueza de especies y sobre todo, los datos facilitan una toma de decisiones con base en la información científica disponible a partir de las bases de datos de colecciones científicas, maximizadas por análisis robustos como los generados a partir del modelado de la distribución potencial de las especies.

Cuadro 4.2. Especies de pinos presentes en la colección de Pinos del Noreste de México (Favela-Lara, 1999).

Categoría	Riqueza Estimada	Número de Cuadrantes	Superficie (Km ²)
Baja	1 a 5 especies	41	4,100
Media	6 a 10 especies	41	4,100
Alta	11 a 16 especies	48	4,900
Totales		103	13,000

3.5 Conclusiones y propuestas

Los modelos de nicho ecológico son una herramienta de utilidad en el estudio de patrones de riqueza, con los que es posible identificar áreas de interés para la conservación y la posterior implementación de estrategias para el pago por servicios ambientales derivados de la biodiversidad.

Por una parte, el uso de estas herramientas nos permite, con base en información limitada generar un análisis confiable en un periodo de tiempo relativamente corto y accesible desde el punto de vista económico. Esto puede considerarse como una ventaja importante, ya que en la mayoría de los casos, la velocidad de cambio en la transformación de los hábitat es mucho mayor a la posibilidad de crear inventarios confiables, aunado a los limitados recursos económicos disponibles para su implementación, sistematización y cuantificación de tales inventarios.

Es importante recalcar que el empleo de estas herramientas no sustituye el trabajo de campo, sino por el contrario, facilita la planeación de colectas sistemáticas, optimizando los recursos materiales y humanos disponibles.

Si bien es cierto que se cuenta con fuentes de consulta de información biológica, el análisis desarrollado nos muestra que aún es necesario incrementar los esfuerzos para sistematizar la biodiversidad que existe en nuestro estado. Desgraciadamente, hay una relación estrecha entre el desinterés por su conservación y aprovechamiento sustentable con el desconocimiento de lo existe en esta región.

Por lo tanto consideramos fundamental que las investigaciones desarrolladas no se queden en los archivos de las bibliotecas institucionales, y que estos datos sean parte de una estrategia de difusión del conocimiento biológico de la Sierra Madre Oriental y de las comunidades rurales que habitan en ella.

4.5 Referencias bibliográficas

- Aguirre-Gutiérrez, J. y Duivenvoorden J.** 2010. Can we expect to protect threatened species in protected areas? A case study of the genus *Pinus* in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 875–882.
- Anderson, R. P., Lewc D. and Peterson A. T.** 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162: 211–232.
- Favela, S.** 1999. Taxonomía de los pinos del noreste de México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. H038. México, D.F.
- García-Aranda, M.** 2011; Distribución potencial y análisis ecológico de *Taxusglobosa* en México. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- García-Aranda, M., Cantú-Ayala C., Estrada-Castillón E., Pando-Moreno M., y Moreno-Talamantes A.** 2012. Distribución actual y potencial de *Taxusglobosa* (Taxaceae) en México. *J. Bot. Res. Inst. Texas* 6(2): 587 – 598.
- Grinnell, J.** 1917. The niche relationship of the Californian trasher *The Auk* 34: 427-433.
- Halffter G. y Moreno C.E.** 2005. Capítulo 1. Sobre el significado biológico de las diversidades Alfa, Beta y Gamma. En: Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff y A. Melic. (eds). 2005. Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. m3m-Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, Conabio, Grupo Diversitas y Conacyt. Zaragoza. IV + 142.
- Hijmans, R.J., Garret K.A., Huáman Z., Zhang D.P., Schreuder M. and Onierbale M.B.** 2000. Assessing the Geographic Representativeness of Genebank collections: The case of Bolivian wild potatoes. *Conservation Biology* 14: 1755–1765.
- Hortal, J., Jiménez-Valverde A., Gómez J. F., Lobo J. M. y Baselga A.** 2008. Historical bias in biodiversity inventories affects the observed environmental niche of species. *Oikos* 117: 847–58.
- Hortal, J., Lobo J. M. y Jiménez-Valverde A.** 2007. Limitations of biodiversity databases: Case study on seed-plant diversity in Tenerife, Canary Islands. *Conservation Biology* 21: 853–863.
- Jobe, T.** 2006. Biodiversity and scale: determinants of species richness in great Smoky Mountains National Park. Tesis doctoral. University of North Carolina.
- Leal-Nares, O.A.** 2009. Aspectos ecológicos y patrones de distribución de *Pinus martinezii* Larsen en la cuenca del lago de Cuitzeo, México: Un modelo de distribución potencial aplicado a la conservación. Tesis de maestría. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 185 pp.
- Leal-Nares, O.; M.E. Mendoza, D. Pérez-Salicrup, D. Geneletti, E. López-Granados y E. Carranza.** 2012. Distribución potencial de *Pinus martinezii*: un modelo espacial basado en conocimiento ecológico y análisis multicriterio. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:1152-1170.

- Lira-Noriega, A., Soberón J., Navarro-Sigüenza A.G., Nakazawa Y. and Peterson A.T.** 2007. Scale dependency of diversity components estimated from primary biodiversity data and distribution maps. *Diversity and Distributions* 13:185–195.
- Ortega-Huerta, M.A., Peterson A. Townsend.** 2004. Modelling spatial patterns of biodiversity in northeastern Mexico. *Diversity and Distributions*. 10:39-54.
- Papeş, M.** 2007. Ecological niche modeling approaches to conservation of endangered and threatened birds in central and Eastern Europe. *Biodiversity Informatics* 4: 14–26.
- Peterson, A.T.** 2001. Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. *Condor* 103: 599–605.
- Peterson, A.T. and Kluza D.A.** 2005. Ecological niche modeling as a new paradigm for large-scale investigations of diversity and distribution of birds. USDA Forest Service General Technical Report. PSW-GTR-191: 1201–1204.
- Sánchez-Cordero, V., Cirelli V., Munguía M. and Sarkar S.** 2005. Place prioritization for biodiversity representation using species' ecological niche modeling. *Biodiversity Informatics* 2: 11–23.
- Stockwell, D. and I. Noble R.** 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: A robust and informative method of data analysis. *Mathematics and Computer Simulations* 33: 385–390.
- Stockwell, D. y Peters D.** 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* 13:143–158.
- Villaseñor, J. L., Maeda P., Colín-López J. J. y Ortiz E.** 2005. Estimación de la riqueza de especies de Asteraceae mediante extrapolación a partir de datos de presencia-ausencia. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76: 5–18.
- Whittaker, R.H.** 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.
- Whittaker, K., Willis J. and Field R.** 2001. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28: 453–470.

5. Cambio de uso de suelo y captura de carbono en la Sierra Madre Oriental

Autores:

Antonio Moreno-Talamantes

Mario Alberto García Aranda

5.1 Deforestación y cambio de uso del suelo

México posee una de las cubiertas vegetales más variadas del mundo, con una alta riqueza de especies, estimándose que en el país se encuentra entre el 10 y 12% de la biodiversidad del mundo (Challenger, 1988), pero al mismo tiempo, ha sido sometida por parte del hombre, a procesos que la impactan de manera negativa, poniendo en riesgo su permanencia y al mismo tiempo afectando todas las funciones ecológicas ligadas a la vegetación.

Uno de los principales problemas que ocasiona la pérdida de la cubierta vegetal deriva principalmente de la deforestación de la cobertura primaria. Para el año 1988 se calculó para México una pérdida de 615,000 hectáreas, para el año 2000 la cifra alcanzó los 1'076,000 de hectáreas, bajando en el año 2005 hasta alcanzar las 348,000 hectáreas anuales. Al 2007 se había transformado alrededor del 29% de la cobertura de vegetación primaria de México, esto es el 27% de los bosques templados, 40% de los bosques mesófilos, 42% de las selvas y 10% de los matorrales. Entre los años 2002 y 2007 se calculó la pérdida de 175,000 hectáreas anuales de selvas, poco menos de 7,000 hectáreas anuales de bosques templados, 136,000 hectáreas anuales de matorrales xerófilos y 84,000 hectáreas anuales de pastizales (SEMARNAT, 2009).

La eliminación de la cubierta vegetal trae consigo la pérdida o modificación de los bienes y servicios ambientales, alteración de los ciclos hidrológicos, el calentamiento global, la pérdida del suelo, la pérdida de hábitats para la fauna y flora (Velázquez *et al.*, 2002), así como la belleza escénica y paisajística; desde luego, este proceso también involucra pérdidas económicas directas e indirectas, que afectan a tanto a los pobladores de las zonas afectadas, como a los que se encuentran alejados de la misma. Entre las pérdidas económicas tenemos, la reducción de producción de productos forestales maderables y no maderables, reducción de la producción agropecuaria por disminución de la cantidad y fertilidad del suelo, disminución de las poblaciones de vida silvestre con importancia cinegética, daño a infraestructura y pérdida de vidas por inundaciones, deslizamiento de suelo, etc. (CEPAL, 2003; Franquis e Infante, 2003).

Dado lo anterior, es importante conocer las tendencias de los procesos de deforestación, como apoyo a la planificación de las actividades productivas y de

conservación. Los estudios de cambio de uso del suelo y vegetación son herramientas diseñadas para establecer precisamente las tendencias de los procesos de deforestación, degradación y desertificación de una región, coadyuvando además a establecer posibles pérdidas en la diversidad (Lambin *et al.*, 2001).

En la actualidad, la posibilidad de la utilización de imágenes de satélite y fotografía aérea para la determinación de los tipos de cobertura terrestre, con relativa facilidad y a un costo razonable han permitido que en los últimos 20 años proliferen los trabajos de clasificación de la cubierta terrestre en todo el mundo y en todo tipo de biomas como lo demuestra los trabajos de Baltaxe, (1980) y los de Trejo y Hernández (1996) en selvas, o los realizados en bosques de coníferas y latifoliadas por Carneiro (1978), Lozano (1981), Velásquez, (1992), Treviño (1992), Fiorella y Ripple (1993), Treviño (1994), García (1996); García *et al.* (1999), o en matorrales y pastizales por Graetz y Gentle (1982), McDaniel y Hass (1982), Treviño (1992), Bonifaz y Gómez (1996), Saiz *et al.* (1996) y Hill *et al.* (1999), en los que se concluye que este tipo de insumos es una herramienta eficaz en la clasificación de la vegetación.

Las imágenes de satélite y fotografías aéreas son también usadas en el análisis del cambio multitemporal que sufre la vegetación por procesos antropogénicos o naturales, como los trabajos realizados por Correa (1996), en Hualahuises; N.L., Mas *et al.* (1996), en comunidades forestales de Veracruz, Oaxaca y Puebla; Trejo y Hernández (1996), en comunidades selváticas en Morelos, Treviño (1992), en Iturbide N.L., Treviño *et al.* (1996), en Linares N. L.; Lonard *et al.* (2000), en Texas; Senay y Elliott (2000), en Oklahoma; Díaz *et al.* (2001), en selvas de la Reserva de la Biosfera de Calakmul en Campeche; Franco *et al.* (2006), en el Nevado de Toluca; Carnevale *et al.* (2007), en la Cuña Boscosa Santafesina en Argentina; Dupuy *et al.* (2007), en comunidades rurales en el noreste de Quintana Roo; Platas *et al.* (2007), en la cuenca del Río San Juan en Nuevo León, México; Vela *et al.* (2007) y Vela y Lozano (2007), en la región de Cuenca de Burgos Cuenca de Burgos Tamaulipas y Nuevo León, México; Mas y Flamenco (2010), en comunidades selváticas del Ocote, Chiapas; Moreno (2007), en comunidades de bosque templado en Zaragoza, Nuevo León; Moreno *et al.* (2012), en matorrales de la Cuenca de Burgos Tamaulipas y Nuevo León, México. Demostrando lo anterior que el uso de imágenes de satélite y fotografías aéreas como insumo en el análisis del cambio de uso del suelo es importante dentro del monitoreo de la vegetación en el mundo.

5.2. Captura de carbono

Un problema mundial al que nos enfrentamos en los años recientes es el Cambio Climático, ya que éste marca un serio desequilibrio en la estabilidad y funcionamiento de las comunidades biológicas y los distintos ecosistemas. Este fenómeno consiste en una modificación que ocurre en el clima con respecto a su

historial en decenas de años anteriores a una escala mundial; entre estas modificaciones destaca la acumulación de gases de invernadero como dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) que al acumularse en el aire atmosférico tienen un efecto de incremento en la temperatura, alta presión atmosférica, y cambios en la nubosidad y el régimen de lluvia históricos.

Este fenómeno es causado por varios factores, uno de ellos es la deforestación descontrolada por cambio de uso del suelo sin una reforestación planificada, otro es el uso cada vez más intensivo de los combustibles de origen fósil (gasolina y otros derivados del petróleo). Entre los ecosistemas que se ven mayormente afectados por éste fenómeno, se encuentran los ecosistemas forestales que contienen una gran parte de la biodiversidad terrestre. En ellas se resguardan suelos y una biomasa vegetal verde que ayuda con los procesos de fotosíntesis (Producción de carbohidratos) en la fijación del gas de invernadero dióxido de carbono (CO₂) al ser estos absorbidos del aire por las plantas, además de que en las aéreas forestales se presenta también el efecto benéfico de la filtración del agua de lluvias que pasa a través del suelo forestal de manera directa al subsuelo de una manera eficiente sin impactar el suelo reduciendo los riesgos de erosión. En México, las principales actividades que inciden en la emisión de carbono son: el sector de energía, por el uso de combustibles fósiles con 83.8 MtC, el cambio de uso de suelo de áreas forestales con 30.2 MtC y los procesos de la industria del cemento con 3.1 MtC (Gay y Martínez, 1995).

En este sentido los bosques del planeta tienen una gran capacidad para absorber y retener el CO₂; y el día de hoy es ampliamente reconocido que los ecosistemas forestales pueden ayudar a reducir los impactos del cambio climático con un secuestro de carbono anual global estimado en 2 PgC (Richards y Stokes, 2003). Según los distintos ecosistemas forestales, éstos almacenan carbono al incrementarse el CO₂, y la cantidad secuestrado se distribuye según en los diferentes tipos de vegetación y zonas latitudinales. En los bosques templados del hemisferio norte la vegetación terrestre representa un sumidero neto de carbono y puede continuar así siempre que los aprovechamientos o desmontes forestales no rebasen las capacidades de producción, como sucede en Europa y Norte América (Spiecker *et al.*, 1996).

Brown *et al.* (1989), menciona que las estimaciones de biomasa de escala regional, nacional o mundial usan información de los inventarios forestales, logrando una cobertura y representatividad importantes de la población de interés. Una estimación de costos por gestión de los bosques dirigida a conservación y secuestro del carbono es un requisito para definir el papel de los bosques en la mitigación del cambio climático. En dicha estimación se procede a incluir un inventario forestal como un stock de capital (conservación y fijación de carbono), y la integración de algunas consideraciones de tipo biológico, sociales y económicas que sean propias de la región y posibles impactos de alternativas de la política forestal del país. Bajo este contexto se puede cuantificar el costo

total por año considerando el costo de rentas anuales, del mismo terreno, del volumen en biomasa (maderable o total) existente, éste procedimiento aplicado por Lewis *et al.* (1996) en Estados Unidos proporciona un valor económico por tonelada de carbono, en términos de incremento de carbono en los ecosistemas forestales.

Bajo este esquema, en México se han hecho diversos estudios encaminados a la medición del contenido de Carbón en diferentes comunidades vegetales de diversas regiones; se realizaron estimaciones para estimar biomasa y captura de carbono en 10 especies del Matorral Espinoso Tamaulipeco del Noreste Mexicano (Nájera, 1999); también existen estudios en zonas de vegetación de laderas (Acosta, *et al.*, 2001); el potencial Mexicano en materia de producción de servicios ambientales en materia de captura de carbono fue analizado por (Torres y Guevara, 2002); se ha evaluado la captura de carbono en plantaciones del género *Pinus* del noreste de México (De los Ríos, 2003); también en plantaciones forestales de *Pinus greggii* en Naolinco, estado de Veracruz (Alba y Mendizábal, 2007); se estimó el carbono almacenado en el bosque de pino-encino de la Reserva de la Biósfera El Cielo de Tamaulipas (Rodríguez *et al.*, 2009).

De acuerdo con Navar, (2010) Los bosques templados del estado de Nuevo León se encuentran en un estado juvenil donde la edad promedio es de 58 años, con un tiempo de paso de 18.4 años para pasar de una categoría diamétrica a otra y presentan baja diversidad arbórea porque presentan en promedio cerca de 4 especies, debido a este estado, los volúmenes de extracción son bajos y los crecimientos son altos, de cerca de los 2,5 m³ por año pero que, en su mayoría, se encuentran en especies del género *Quercus*, esto hace que el balance del carbono sea altamente positivo para estos bosques, con la posibilidad de ser considerados en los programas para el pago de los servicios ambientales por captura de carbono.

En un estudio de caso local, Domínguez-Cabrera *et al.* (2009) realizaron una estimación de biomasa de especies de ecosistema de bosque en el sur de Nuevo León, México, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus teocote* y especies de encino (*Quercus* spp.) basado en la modelación de datos morfométricos del arbolado obtenidas en campo, donde los resultados muestran que los diferentes tipos de bosques en el sur de Nuevo León pueden tener altos contenidos de biomasa, como ejemplo se menciona que el bosque de pino presenta más de 125 tB·ha⁻¹, comparado con un bosque tropical en Quintana Roo con un valor cercano a 134 tB·ha⁻¹. Los valores promedio de factor de expansión de biomasa fueron de 1.373 para *Pinus pseudostrobus* y 1.394 para *P. teocote*, cercanos al valor promedio (1.3) reportado para pinos por Husch *et al.* (2003). El mayor factor de expansión de biomasa obtenido en esta investigación es de 1.511 para las especies de encino, ligeramente superior al promedio para especies de hoja ancha en bosques templados obtenido por Husch *et al.* (2003). Las funciones de

biomasa y los factores de expansión obtenidos en estas especies permiten el desarrollo de proyectos que busquen hacer cálculos en el contenido de biomasa y carbono; considerándose herramientas para la estimación de biomasa en bosques del sur de Nuevo León.

5.2.1 Mercado de Carbono

En el contexto internacional el organismo denominado REDD (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques, incluyendo conservación, manejo forestal y mejora de los stocks de carbono forestal) es un esquema establecido de pagos que busca la promoción en materia de reducción de las emisiones derivadas de las actividades de deforestación y degradación de bosques. Los países desarrollados que inviertan en proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio, pueden obtener Certificados de Reducción de Emisiones por un monto similar a la cantidad de bióxido de carbono equivalente que se dejó de emitir a la atmósfera como resultado del proyecto.

En México existen diversas iniciativas para reducir las emisiones por deforestación y degradación, entre ellas se encuentra el "Proyecto México de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación forestal (MREDD+)" que es ejecutado por la Alianza integrada por The Nature Conservancy, Rainforest Alliance, Woods Hole Research Center, Carnegie Institution for Science, y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A. C. (FMCN), con el apoyo financiero de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y en colaboración con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Otra iniciativa es la "Estrategia Nacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques" (ENAREDD+), que busca contribuir a la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) y a transitar a una tasa de cero por ciento de pérdida del carbono en los ecosistemas forestales nativos, planteando políticas, medidas y acciones que deberán ser incorporadas en instrumentos de planeación para el desarrollo sustentable del país.

Por otro lado también existe en nuestro país un esquema de instrumentos de política en materia de bosques y cambio climático, que busca reducir la deforestación y la degradación de los ecosistemas y promover su conservación, promovido por multitud de instituciones públicas del sector ambiental (CONAFOR, CONANP, CONABIO, INE, PROFEPA, CONAGUA). Estos instrumentos son:

1. ProÁrbol
 - a) Plantaciones Forestales (PRODEPLAN)
 - b) Reforestación y Restauración (PROCOREF)
 - c) Desarrollo forestal (PRODEFOR)
 - d) Pago por servicios ambientales (PSA)
 - e) Prevención de incendios forestales

2. Programa de Desarrollo Forestal Comunitario (PROCYMAF)
3. Programa Nacional Hídrico
4. Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas
5. Programa "Hacia la igualdad de género y la sustentabilidad ambiental" 2007-2012
6. Programa de los Pueblos Indígenas y Medio ambiente 2007-2012
7. Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES)
8. Sistema de unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (SUMA)
9. Programa de Fomento a la organización Social, Planeación y Desarrollo regional Forestal.
10. Programa Especial de Cambio Climático
11. Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas
12. Programa Especial para la restauración de las Cuencas de los Lagos de Pátzcuaro y Zirahuén, Michoacán
13. Programa Especial para la restauración de las Microcuencas en Zonas Prioritarias del Sistema Cutzamala y de la Marquesa
14. Programa Integral de Conservación de los recursos Naturales del Sur-Poniente del Distrito Federal
15. Programa de Mecanismos Locales de Pago por Servicios ambientales a través de Fondos Concurrentes
16. Proyecto de Desarrollo Sustentable para las Comunidades rurales e Indígenas del Noroeste Semiárido (PRODESNOS)
17. Programa de Conservación Comunitaria de la Biodiversidad (COINBIO)

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) juega también un importante papel en el territorio forestal mediante diversos programas y componentes orientados al desarrollo rural, estos programas y acciones de política agropecuaria relacionadas con REDD+ son las siguientes:

1. Programa para la Adquisición de Activos Productivos
 - a) Agrícola,
 - b) Ganadero,
 - c) Desarrollo Rural,
 - d) Acuicultura y Pesca.
2. Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO para Vivir Mejor)
3. Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria;
 - a) Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA),
 - b) Recursos Biogenéticos y Biodiversidad,
 - c) Reconversión Productiva,
 - d) Acuicultura y Pesca,
 - e) Programa Ganadero (PROGAN).
4. Programa de Soporte
 - a) Sanidades e Inocuidad,
 - b) Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (SNIDRUS),
 - c) Asistencia Técnica y Capacitación, Innovación y Transferencia de Tecnología, Inspección y Vigilancia Pesquera y Acuícola.
5. Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC)

6. Tecnificación de riego
7. Proyecto Estratégico de Seguridad Alimentaria (PESA)
8. Sistema Nacional de Recursos Fitogénicos
9. Creación y conservación de bancos de germoplasma
10. Desarrollo de zonas áridas
11. Programa Especial para el Trópico Húmedo

De algún modo u otro, todas estas iniciativas, programas e instituciones ofrecen u ofrecerán mecanismos de financiamiento para frenar las los detonantes de la deforestación y degradación de los bosques en México.

Visto lo anterior, el objetivo de este capítulo es explicar de manera muy general el cambio de uso del suelo enfocado al manejo comunitario, como apoyo a la conservación, utilizando ejemplos de análisis realizados en el estado de Nuevo León, en la Sierra Madre Oriental, ligando además este análisis con los servicios ambientales, específicamente la captura de carbono, como recurso de conservación de zonas boscosas y fuente de ingreso alternativo a las comunidades.

5.3 Área de estudio

Se analizó el cambio de uso del suelo a dos escalas, una regional y una específica, la primera abarcando la sección de la Sierra Madre Oriental dentro del estado de Nuevo León; la segunda abarca la extensión del ejido Tepozanes, en el municipio de Zaragoza N. L. (Figura 5.1). Ambas áreas están dominadas por vegetación de tipo templado, principalmente bosques de coníferas y caducifolias, y matorrales típicos del pie de monte y sierra del noreste de México, en especial el matorral submontano, el desértico rosetófilo y el chaparral.

5.4 Marco metodológico

El proceso de análisis de cambio de suelo conlleva una serie de pasos anteriores. Es necesario homogeneizar las cubiertas de vegetación de los años a analizar, con el fin de eliminar discrepancias de criterio entre ellas, corregir posibles errores en los límites, puesto que es imperativo que las cubiertas utilizadas tengan exactamente la misma forma, extensión y codificación de clases.

Para el análisis del cambio de uso del suelo y vegetación a nivel regional se utilizaron 2 cubiertas vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación: la primera corresponde a la Serie 2, del año 1995 y la segunda corresponde a la Serie 3 que corresponde al año 2006. Para el caso del ejido Tepozanes, se utilizó una cubierta digitalizada de la carta de uso del suelo y vegetación de INEGI del año 1970 y una capa derivada de fotointerpretación de material del año 2008.

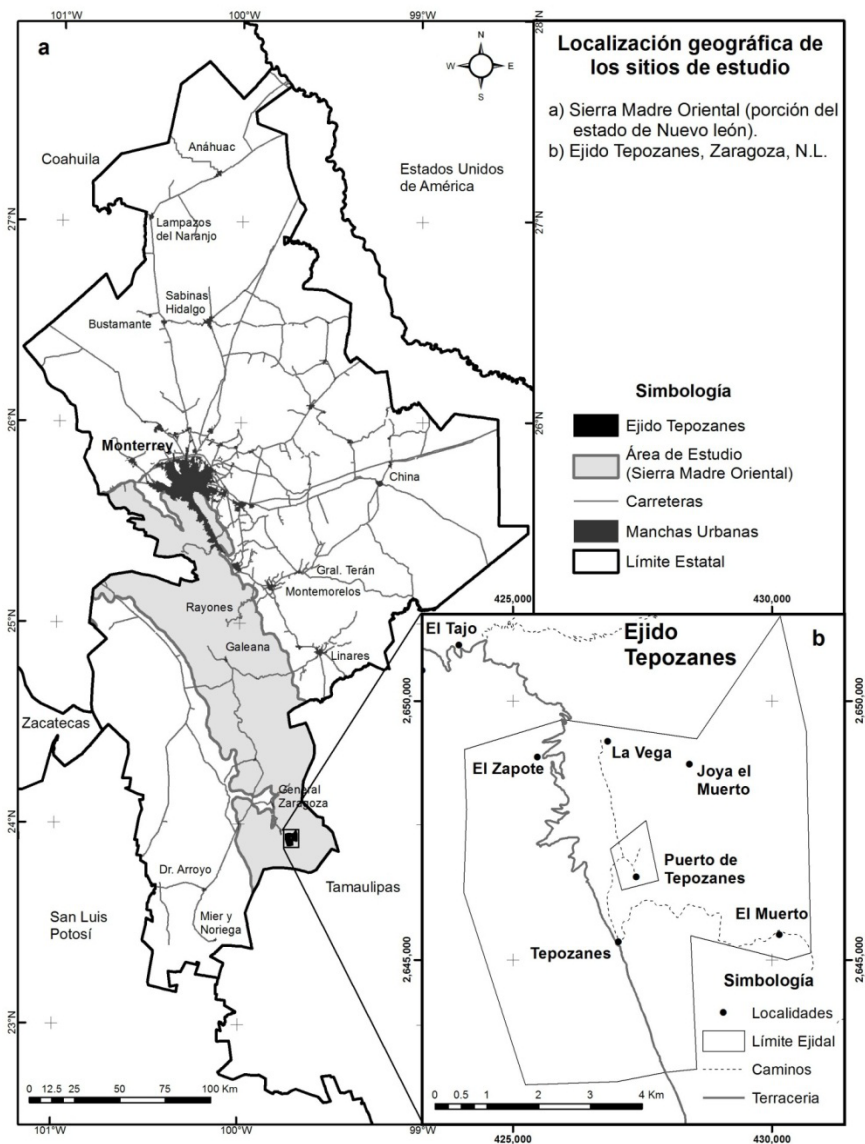


Figura 5.1. Localización geográfica de los sitios de estudio.

La clasificación de INEGI utilizada en ambas escala es amplia y complica este tipo de análisis, por lo que se procedió a reclasificarlas, utilizando una metodología adaptada para el área de estudio, desarrollada por el Grupo Interinstitucional de Ordenamiento Territorial, integrando por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría General del Consejo Nacional de Población

(CONAPO), los que conjuntaron esfuerzos para establecer las bases conceptuales de un programa estatal de ordenamiento territorial (SEDESOL, 2000). Esta metodología toma en cuenta todos los tipos de usos del suelo que INEGI reconoce para la República Mexicana, por lo que se puede usar en todo el país y permite comparar entre si diversos trabajos. Para el presente trabajo solo se usa aquellos conceptos y clasificaciones referentes a los tipos de vegetación que se encuentran en el área de estudio. Los grandes grupos, sus claves y los conceptos utilizados en este trabajo se muestran en el cuadro 5.1.

Cuadro 5.1. Generalización de la tipología de Uso del Suelo y Vegetación.

Grandes grupos	Clave	Cartografía de uso del suelo y vegetación 1:250,000 y 1:50,000.
Agricultura	AA	Zonas agrícolas y pastizales cultivados
Bosques de Coníferas	BF	Bosques de coníferas: oyamel, ayarín, cedro, pino, pino-encino y táscate
Bosques Deciduos	BD	Bosques de encino-pino, encino, y de galería
Selvas secas	SS	Selva baja caducifolia
Vegetación Secundaria	VS	Vegetación secundaria arbórea y arbustiva de cualquier tipo de vegetación (incluyendo chaparral del origen secundario).
Matorrales	VM	Matorral submontano, espinoso, desértico rosetófilo y chaparral primario
Pastizales y herbazales	VP	Pastizales: natural, halófilo, inducido. Pradera de alta montaña, sabana, bosque bajo abierto y vegetación secundaria herbácea
Diversos	VV	Vegetación, halófila, de galería, palmar. Zonas desprovistas de vegetación (suelo o sustrato) y de riego suspendido.
Urbanas	VZ	Zonas urbanas
Cuerpos de Agua	H2O	Cuerpos de Agua

A continuación se describen los grandes grupos utilizados:

- Agricultura. Zonas agrícolas y de pastizal cultivado en general.
- BF Bosque de Coníferas. Diversos bosques de: oyamel, pino y pino-encino, que constituyen la principal riqueza forestal pues se trata de especies comerciales. Se encuentran oyamel (*Abies vejarii*), *Pinus hartwegii*, *P. teocote*, *P. pseudostrobus*, Pino piñonero (*P. cembroides*) y diversas especies de encino.
- BD Bosque Deciduo o Caducifolio. Se trata de bosques de: encino-pino, encino y de galería. Predominan diversas especies de encino y en el caso de las galerías Álamo (*Platanus* sp.), Sauces (*Salix* spp.), Sabinos (*Taxodium mucronatum*) y otras.
- SS Selvas Secas. Comunidades selváticas con especies como: Magüira (*Phoebe tampicensis*), Palo de arco (*Lysiloma microphylla*), *Leucaena pulverulenta*,

Esenbeckia berlandieri, *Casimiroa pringlei* y en muchos casos con *Quercus sillae*.

- VS Vegetación secundaria. Se trata de condiciones arbóreas y arbustivas derivadas de selvas, bosques u otro tipo de vegetación.
- VM Matorrales. Se trata de una extensa área de matorrales donde sobresalen matorral submontano, el desértico rosetófilo, y el espinoso con muchas especies endémicas sometidas a extracción clandestina. Entre las especies dominantes se encuentran los huizaches y chaparros (*Acacia* spp.), las palmas y varas cuetes (*Nolina* sp., *Yucca carnerosana*, *Dasyllirion* spp.), nopales y cactáceas (*Opuntia* sp., *Stenocereus* sp., *Mammillaria* sp.), magueyes (*Agave* spp.), entre otras.
- VP Pastizales. Se agrupa aquí la vegetación graminoide y herbácea en general como los pastizales inducidos, halófilos, pradera de alta montaña. Entre las plantas dominantes están: *Distichlis spicata*, *Suaeda mexicana*, *Stipa tenuissima*, *Bouteloua* spp., *Baccharis conferta*, *Muhlenbergia macroura*, *Muhlenbergia* spp., *Aristida orcutiana*, etc.
- VV Vegetación Diversa como palmares de *Brahea* sp., vegetación de galería, áreas de suelo o sustrato expuesto.
- VZ. Zonas Urbanas. Se incluyen no sólo para mostrar su extensión sino también para evidenciar su crecimiento en contra principalmente de suelos agrícolas y forestales.
- H2O. Cuerpos de agua. Se incluyen solo los cuerpos de agua representables en escala a tratar.

Una vez reclasificadas y homogeneizadas las capas de vegetación, fueron comparadas entre sí para estimar el cambio por clase y la tasa de cambio en el período de diferencia analizado. Este proceso se llevó a cabo mediante un cruce de tablas con el comando *TABULATE AREA* en ArcGis 10® y el módulo *Land Change Modeler* (LCM) de IDRISI SELVA®. La primera consiste en una tabulación cruzada en la que las categorías de una capa son comparadas con las de otra mediante una tabla de doble entrada. En esta tabla aparece recogido el número de celdas de cada combinación posible. El módulo LCM de IDRISI SELVA® genera de forma semiautomática mapas temáticos de persistencias y cambios de vegetación y uso del suelo.

El panel Análisis de Cambios (*Change Analysis*) del LCM brinda una evaluación cuantitativa rápida de los cambios dibujando las ganancias y pérdidas por categoría de cubierta de terreno. Se obtuvo además el cambio neto, el cual muestra el resultado de tomar las áreas de cubierta de terreno anteriores, agregar las ganancias y luego sustraer las pérdidas

Para el caso del ejido Tepozanes fue realizada además la predicción de cambio al año 2048. El análisis y la predicción de cambios en el LCM están organizados en submodelos de transición. Un submodelo de transición puede consistir de una sola transición de cubierta de terreno o un grupo de transiciones que se supone tienen las mismas variables conductoras. Todos los submodelos de transición seleccionados deben ser modelados antes de poder llevar a cabo la predicción de cambios.

En los paisajes dominados por la intervención humana, los patrones de cambio pueden ser complejos y, por lo tanto, muy difíciles de descifrar. Para facilitar la interpretación en estos contextos, en el LCM se ha brindado una herramienta de análisis de tendencias espaciales. Ésta es la superficie de tendencias polinomiales que mejor se adapta al patrón de cambio. La tendencia por defecto es una superficie de 3^{er} orden que es buena para un amplio panorama general. Las tendencias de hasta 9no orden pueden ser calculadas. Sin embargo, el tiempo necesario para calcular la superficie aumenta sustancialmente a medida que se aumenta el orden.

La ficha Potenciales de Transición (*Transition Potentials*) del LCM le permite agrupar las transiciones en un grupo de submodelos y explorar el poder potencial de las variables explicativas. Las variables se pueden agregar al modelo como componentes estáticos o dinámicos. Las variables estáticas expresan aspectos de sustento básico para la transición en consideración y no cambian con el tiempo. Las variables dinámicas son conductoras dependientes del tiempo tal como la proximidad a un desarrollo o estructura existente y son calculadas nuevamente en el tiempo durante el término de una predicción. Para el presente trabajo se utilizaron como variables de distancia a caminos para modelar el impacto de infraestructura, mientras que para el impacto agropecuario se utilizó la distancia a las áreas agrícolas y pastizales, así como la distancia a la vegetación secundaria. Otra variable utilizada fue la pendiente, sobre todo para modelar el crecimiento agrícola. Estas variables fueron evaluadas mediante el Panel de Prueba y Selección de Variables Conductoras y de Lugar (*Test and Selection of Site and Driver Variables Panel*). Este es un panel opcional que brinda una rápida evaluación del poder explicativo potencial de una variable. El procedimiento de evaluación de las variables explicativas está basado en un análisis de tabla de contingencias. Esta es una rápida aunque imprecisa herramienta de captura. La medida cuantitativa de asociación usada es la V de Cramer. Una V de Cramer alta indica que el valor explicativo potencial de la variable es bueno, pero no garantiza un gran desempeño ya que no puede cumplir con los requisitos matemáticos del enfoque de modelamiento utilizado y la complejidad de la relación. Sin embargo, es un buen indicativo de que una variable se puede descartar si la V de Cramer es baja. El valor p expresa la probabilidad de que la V de Cramer no sea muy diferente de 0. Esto supone que todos los píxeles son muestreados independientemente y no tienen dependencia espacial en sus valores. Por lo tanto, un valor p bajo no es un buen indicativo del valor de una variable, pero un valor alto es un signo certero de que se puede rechazar una variable, considerándose valores útiles aquellos mayores a 0.15. Las variables utilizadas para este análisis obtuvieron valores globales de V de Cramer mayores a 0.20.

Una vez que las variables del modelo han sido seleccionadas, cada transición es modelada con la red de trabajo neural de IDRISI llamada Perceptrón Multi-Capas (*Multi-Layer Perceptron*). Para esta etapa se usaron los siguientes criterios para

detener la simulación: Error Medio Cuadrático (RMS) menor o igual a 0.1 ó 10,000 iteraciones o una tasa de precisión de 90%. El resultado es un mapa de potenciales de transición para cada transición, una expresión de potencial de tiempo específico para el cambio.

La fase de Predicción de Cambios (*Change Prediction*) brinda los controles para realizar un proceso de predicción dinámica de cambios en la cubierta del terreno. Luego de especificar la fecha final (que para el estudio a detalle fue de 2048), la cantidad de cambio en cada transición fue modelada por medio del análisis Cadena de Markov (*Markov Chain*), utilizando los dos modelos básicos de cambios que utiliza el panel: un modelo de predicción dura y un modelo de predicción blanda. El procedimiento de predicción dura usado por el LCM está basado en el módulo de IDRISI de asignación multiobjetivo de terreno (*MOLA*). IDRISI observa las transiciones y crea una lista de clases huéspedes (clases que perderán alguna cantidad de terreno) y una lista de clases demandantes (clases que adquirirán terreno) para cada huésped. Las cantidades son determinadas con una ejecución del módulo *MARKOV*. Posteriormente una asignación multiobjetivo es ejecutada para asignar terreno para todos los demandantes de una clase huésped y los resultados de la reasignación de cada clase huésped son superpuestos para producir el resultado. La predicción blanda produce un mapa de vulnerabilidad para cambiar por el grupo de transiciones seleccionado. Hay dos agrupaciones, el potencial de transición máximo y el *logical OR* de los potenciales de transición. El último es la opción por defecto y supone que si una ubicación tiene el potencial para realizar una transición debido a más de una clase demandante, es aún más probable que cambie en ese caso que si un solo demandante la quiere. La predicción dura produce un solo resultado, mientras que la predicción blanda es una evaluación exhaustiva del potencial de cambios. En este estudio solo se realizó la predicción dura.

5.4.1 Transformaciones y Permanencias.

Realizado el análisis el cruce de capas se procedió a establecer las transformaciones existentes para cada caso, interpretándose en función de la deforestación, la apertura de áreas agrícolas, del crecimiento de las ciudades, etc., asimismo depende de la forma en que se hayan agrupado los diversos usos del suelo y la vegetación. En el cuadro 5.2 se puede observar la matriz de tipificación de cambios.

La línea horizontal superior ubica las condiciones durante el tiempo 1 (T1) y la columna izquierda indica a lo que pasaron durante el tiempo 2 (T2). El interior del cuadro contiene los tipos de cambio descritos a continuación.

Cuadro 5.2. Tipificación de los cambios de uso del suelo y vegetación.

T2\T1	AA	BF	BD	BM	SS	VS	VM	VP	VZ	H2O
AA	SA	D1	D1	D1	D1	D3	D4	A+	ID	A+
BF	R1	SB	ID	ID	ID	R2	ID	R1	ID	R1
BD	R1	ID	SB	ID	ID	R2	ID	R1	ID	R1
BM	R1	ID	ID	SB	ID	R2	ID	R1	ID	R1
BC	R1	ID	ID	ID	ID	R2	ID	R1	ID	R1
SS	R1	ID	ID	ID	SB	R2	ID	R1	ID	R1
VS	R3	D2	D2	D2	D2	SMS	D2	R3	ID	R1
VM	R1	D2	D2	D2	D2	R2	SM	R2	ID	R1
VP	A-	D1	D1	D1	D1	D3	D4	SP	ID	R3
VV	A0	D2	D2	D2	D2	D2	D4	R3	ID	R3
VZ	AZ	D5	D5	D5	D5	D5	D5	D5	SZ	AZ
H2O	A-	H2O+	H2O+	H2O+	H2O+	H2O+	H2O+	H2O+	H2O+	SH2O

Permanencia de los distintos tipos de uso del suelo:

- SA. Permanencia de las zonas agrícolas.
- SB. Permanencia de las zonas boscosas.
- SM. Permanencia de los matorrales.
- SMS. Permanencia de la vegetación secundaria.
- SP. Permanencia de los pastizales y comunidades herbáceas.
- SS. Permanencia de diversos tipos de vegetación, poco representados en la zona de trabajo.
- SZ. Permanencia de las zonas urbanas.
- SH2O. Permanencia de los cuerpos de agua.

Deterioro de la vegetación y/o el suelo:

- D1. Deforestación total, de algún tipo de selva o bosque a agricultura o pastizal.
- D2. Degradación forestal: de vegetación primaria a vegetación secundaria (Incluyendo a zonas sin vegetación aparente, suelo o sustrato).
- D3. Deforestación terminal: de vegetación secundaria a agricultura o pastizal.
- D4. Desmatorralización. Pérdida del matorral debida a ocupación agrícola o pecuaria.
- D5. Disminución de las zonas forestales por crecimiento de las urbanas.

Recuperación de la vegetación y/o el suelo:

- R1. Repoblación forestal total: de agricultura o pastizal a vegetación primaria.

- R2. Recuperación forestal: de vegetación secundaria a vegetación primaria.
- R3. Recolonización forestal: de agricultura o pastizal a vegetación secundaria.

Deterioro y mejoramiento de la agricultura:

- A0. Pérdida de agricultura; pasa a ser algún tipo de vegetación.
- A+. Aumento y/o mejoramiento de la condición agrícola. Se agrupan los siguientes casos: (1) pastizales que pasan a ser agricultura y (2) vegetación diversa o zonas erosionadas que pasan a ser ocupadas por agricultura.
- A-. Degradación de la condición agrícola. Se agrupan los siguientes casos: (1) agricultura que pasa a ser pastizal y (2) agricultura o pastizal cultivado que pasa a ser pastos inducidos o herbazales.
- AZ. Disminución de las zonas agrícolas por crecimiento de las urbanas.

Otros:

- ID. Teóricamente transición imposible que puede darse por problemas de identificación entre las dos cartas o cambio de criterio, estos en ningún caso debe presentar valores significativos.
- H2O +. Aumento de espejo de cuerpo de agua.
- H2O -. Disminución de espejo de cuerpo de agua.

Además se calculó la tasa de cambio anual por cobertura vegetal o uso del suelo, que es el porcentaje de superficie remanente que es eliminada o incrementada cada año, expresándose en porcentaje anual y se calcula con la siguiente ecuación (modificada de Nascimento, 1991, y Mas *et al.*, 1996):

$$T = -1(100-100(A_2 / A_1)^{1/n})$$

En donde:

T = Tasa de cambio anual (porcentaje)

A₁= Superficie a la fecha 1

A₂= Superficie a la fecha 2

n= Número de años entre las dos fechas

5.5 Servicios Ambientales: Captura de Carbono.

Actualmente existen instituciones a nivel nacional e internacional que brinda fondos para la conservación y restauración de áreas forestales y de matorrales, con el fin de crea reservas de captura de carbono, que mitiguen el calentamiento global. En estos ejemplos se calculó, apoyado en los datos obtenidos del análisis de cambio de uso del suelo, la cantidad de carbono almacenado y el carbono secuestrado anualmente. Estos datos pueden ser usados para obtener fondos por pago de servicios ambientales en la CONAFOR o para establecer

Certificados de Reducción de Emisiones (CRE). Cabe aclarar que es una forma simplificada la estimación y que se debe hacer un proyecto específico para zona que sea susceptible a conservar para apoyo de estos programas.

Para establecer el monto de carbono almacenado es necesario contar con la cantidad de carbono por unidad de superficie y por tipo de vegetación o cubierta de suelo existente en la zona a estudiar, además de conocer la superficie de cada clase para obtener el monto global almacenado. La cantidad de carbono se puede obtener mediante estudios de cantidad de biomasa o carbono, basados en trabajo de campo en donde se obtiene por medio de un “muestreo destructivo” la cantidad de biomasa verde o de carbono por especie, esto es que ejemplares de las diversas especies son extraídos de su medio, seccionados y cortados y pesados en verde, secados y vueltos a pesar para obtener biomasa en el primer caso y carbono en el segundo. Al mismo tiempo se debe obtener la densidad por especie vegetal y en el caso de que aplique, datos dasonómicos para calcular la biomasa o el carbono a partir de los “muestreos destructivos” y la relación con fórmulas alométricas, para obtención de volumen. Cabe señalar que una tonelada de biomasa forestal equivale a 0.5 toneladas de carbono. En este ejemplo usaremos cantidades de carbono almacenado, obtenido en diversos trabajos en la zona específicos para algunas de los tipos de vegetación existentes y en datos genérico obtenidos para diversos grupos vegetales en varias partes del mundo. Se utilizaron los datos obtenidos por Aguirre-Calderón y Jiménez-Pérez (2011) para bosques de pino, mixtos y de encino.

El número de Certificados de Reducción de Emisiones (CRE) se obtuvo mediante el cálculo el dióxido de carbono equivalente (CO₂e), que se basa en el calentamiento global de este gas. Un CRE equivale a una tonelada métrica de CO₂e (Rügnitz, *et al.*, 2009). Para el cálculo de la cantidad de CO₂ equivalente se multiplica la cantidad de carbono almacenado por 3.67 (equivalencia de una tonelada de carbono equivale a 3.67 toneladas de dióxido de carbono equivalente).

5.6 RESULTADOS

5.6.1 Caso Sierra Madre Oriental

El bosque de coníferas junto con la vegetación secundaria son las clases con mayor superficie dentro de la Sierra Madre Oriental, ambos con arriba de 230,000 hectáreas, seguidas muy de cerca por el matorral y el bosque deciduo. El resto de las clases presentan superficies menores de 80,000 hectáreas (Figura 5.2, Cuadro 5.3).

La ganancia y pérdida mostrada por análisis del cambio de uso del suelo para el periodo 1996 y 2006, arroja que la vegetación secundaria (VS) ha tenido la mayor pérdida con más de 25,000 hectáreas, seguida por los matorrales (VM) con cerca de 10,000 hectáreas; mientras que los bosques de coníferas (BF) han

tenido una ganancia de cerca de 20,000 hectáreas, seguida por las zonas agrícolas y pastizales cultivados (AA) con un incremento cercano a 7,200 hectáreas. En menor medida destaca un ligero incremento en la superficie de bosques deciduos (BD), áreas de pastizal (VP) y zonas urbanizadas (VZ), además de una pérdida casi imperceptible en cuerpos de agua (H2O) y áreas de selvas secas (SS). Lo anterior puede observarse en el cuadro 5.3 y las figuras 5.3 y 5.4.

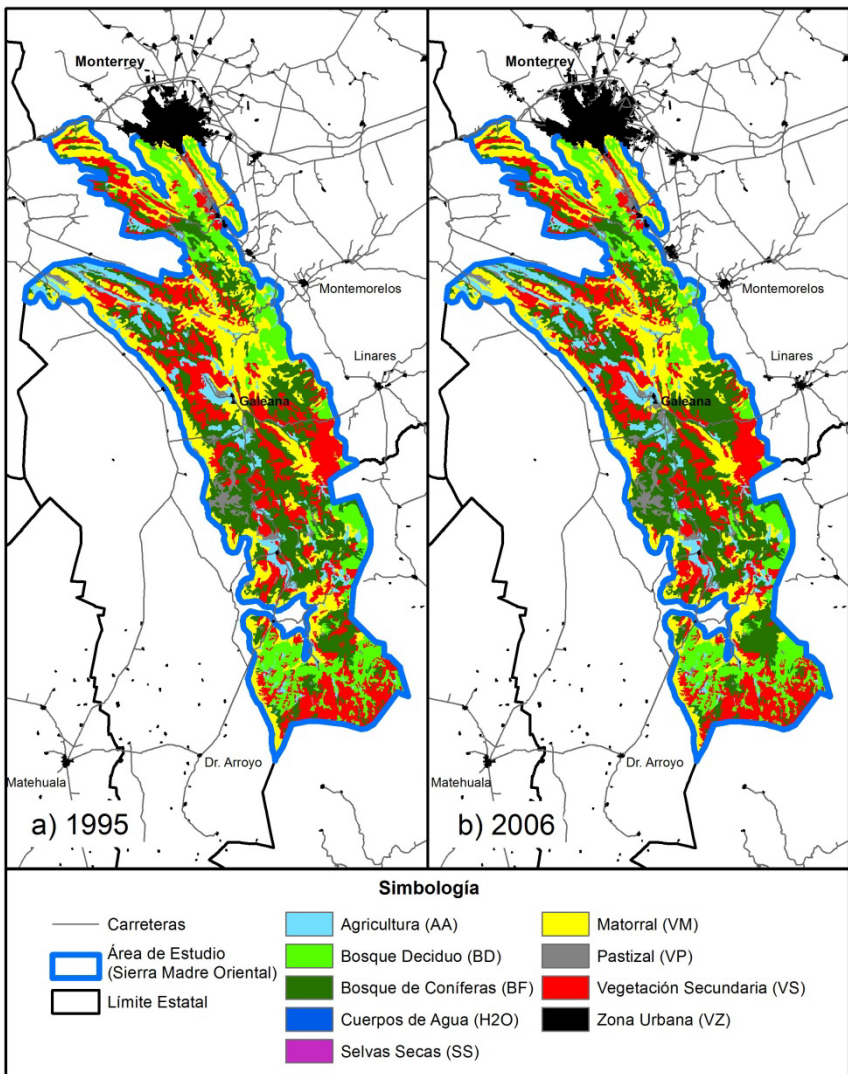


Figura 5.2. Uso del suelo y vegetación de la Sierra Madre Oriental. a) año 1995, b) año 2006.

En relación al cambio neto en el matorral se observó que esta perdió superficie principalmente en cambio hacia vegetación de tipo secundaria, áreas de pastizal y en menor medida un cambio hacia zonas agrícolas y pastizales cultivados, bosques y zonas urbanizada; una pequeña fracción de zonas de cuerpos de agua y bosques deciduos se transformaron hacia vegetación de matorral durante éste periodo de cambio (Figura 5.5).

Cuadro 5.3 Síntesis de cambios de uso del suelo y vegetación en la Sierra Madre Oriental.

Clase	Superficie en 1995 (Has)	Superficie en 2006 (Has)	Perdida/ Ganancia (Has)	Cambio neto* (Has)	Tasas de cambio anual* (%)
Agricultura	74,345	79,089	2,450/7,194	4,744	0.56
Bosque de Coníferas)	252,522	267,399	4,939/19,816	14,877	0.52
Bosque Deciduo	133,929	136,576	1,193/3,840	2,647	0.18
Cuerpos de Agua	425	350	144/69	-75	-1.75
Matorral	222,102	216,160	9,221/3279	-5,942	-0.25
Pastizal	33,581	35,181	1,695/3,295	1,600	0.42
Selvas Secas	-	69	0/69	69	-
Vegetación secundaria	252,680	233,715	25,102/6,137	-18,965	-0.71
Zonas Urbanas	1,482.00	2,527.00	275/1320	1,045.00	4.97
Total	971,066.00	971,066.00			

Fuente: Análisis SIG. *Signo negativo indica pérdida

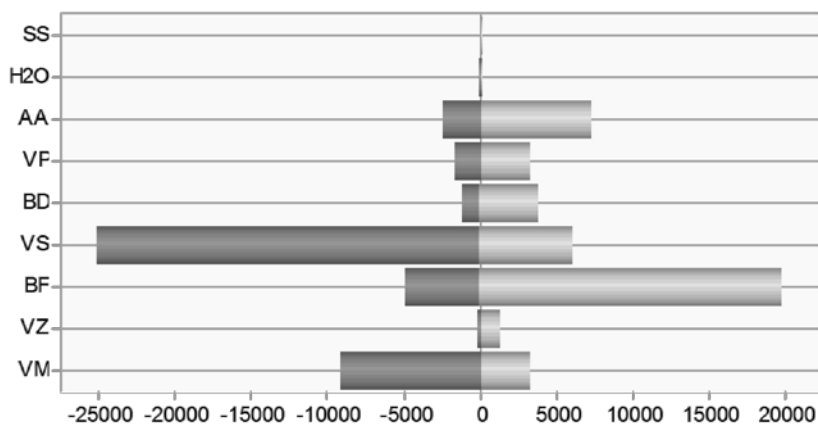


Figura 5.3. Ganancias y pérdidas (superficie en hectáreas) entre 1996 y 2006. SS= Selvas secas, H2O= Cuerpos de agua, AA= Agricultura, VP= Pastizal, BD= Bosque deciduo, VS= Vegetación secundaria, BF= Bosque de coníferas, VZ= Zonas urbanas, VM= Matorral.

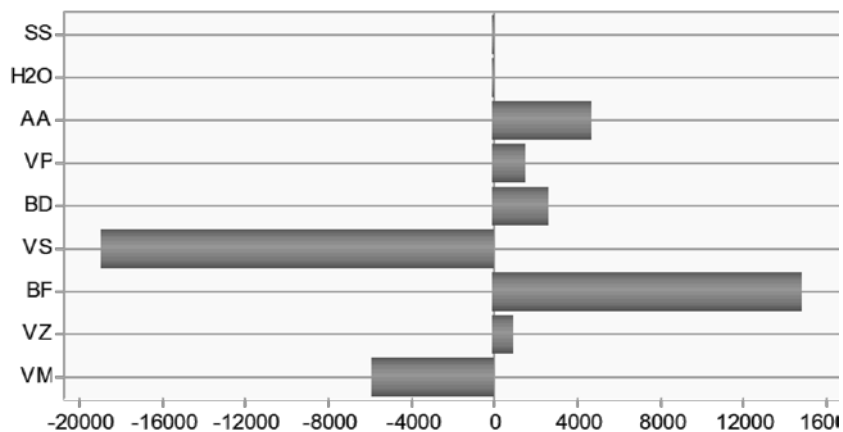


Figura 5.4. Cambio neto en superficie (has.) entre 1995 y 2006.

La figura 5.6 nos muestra que las áreas urbanizadas tuvieron una ganancia en superficie, aportada principalmente por áreas de vegetación secundaria, seguida por las áreas de pastizal, algunas zonas agrícolas y pastizales cultivados y áreas con matorral; en menor medida algunas zonas con cuerpos de agua, bosques de conifera y selvas secas cambiaron hacia el uso urbanizado.

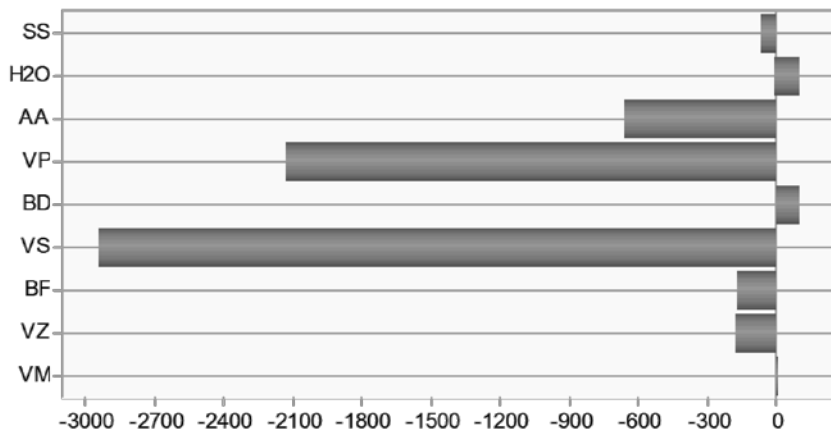


Figura 5.5. Contribución neta al matorral. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida en hectáreas.

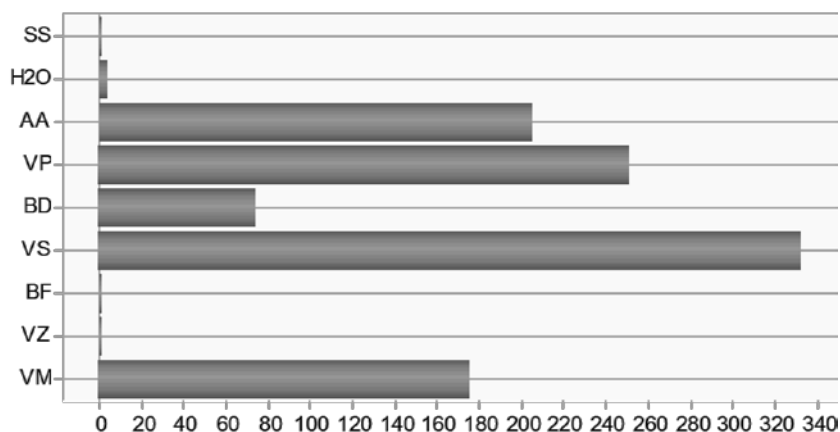


Figura 5.6. Contribución neta a las zonas urbanizadas. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida en hectáreas.

El cambio neto en los bosques de conífera se presentó de la siguiente manera, una ganancia de áreas de vegetación de tipo secundario hacia bosques y una pérdida en menor medida hacia zonas agrícolas y pastizales cultivados y zonas de pastizal (Figura 5.7).

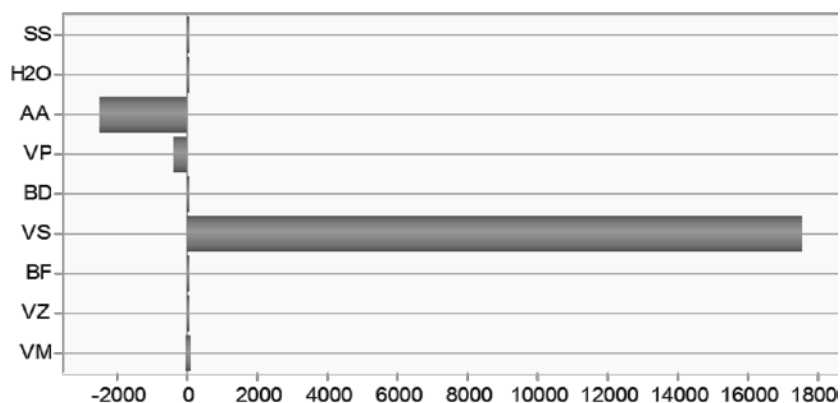


Figura 5.7. Contribución neta a los bosques de coníferas. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida en hectáreas.

La figura 5.8 nos muestra el cambio neto en relación a la vegetación secundaria, en ella puede observarse que el principal cambio se dio en un cambio hacia bosques de conífera, seguido por una menor cantidad de cambio hacia bosques deciduos, zonas agrícolas y pastizales cultivados y zonas de uso urbano. Por otro lado, una pequeña superficie de matorral cambio hacia vegetación de tipo secundario.

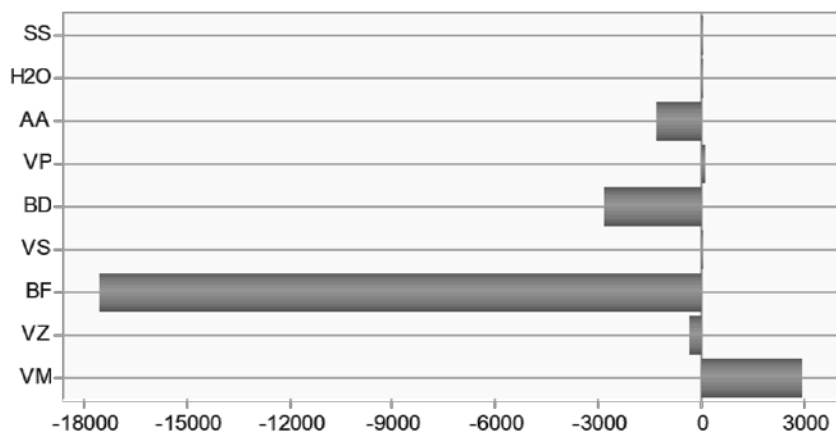


Figura 5.8. Contribución neta a la vegetación secundaria. Números positivos indican ganancia, números negativos indican pérdida en hectáreas.

Una superficie cercana a las 3,000 hectáreas de vegetación de tipo secundario cambió hacia bosques deciduos, por otro lado algunas áreas del bosque deciduo original presentaron un cambio en menor medida hacia de matorral, zonas urbanas, eras de pastizal y zonas agrícolas y pastizales cultivados (Figura 5.9).

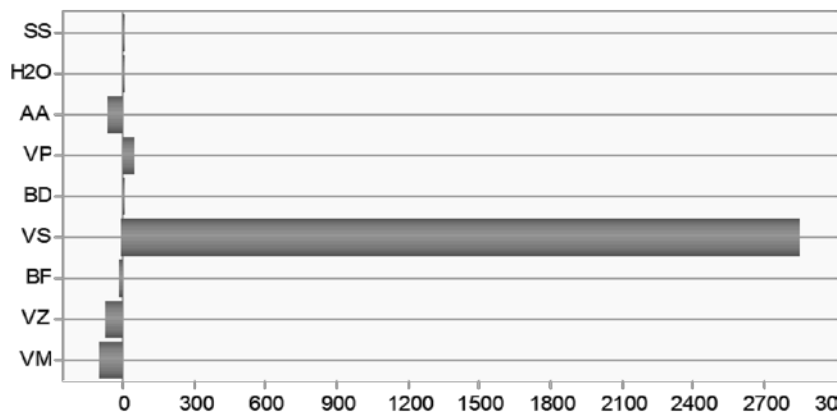


Figura 5.9. Contribución neta a los bosques deciduos. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida en hectáreas.

La figura 5.10 muestra la tasa de cambio neto en las áreas de vegetación de pastizal, donde se observa que áreas originalmente con vegetación de tipo matorral cambiaron hacia una condición de pastizal, mismo caso que algunas zonas de bosque de conífera pero un una menor proporción. Por el contrario, se presentó en el periodo, un cambio de zonas de pastizal hacia zonas agrícolas y

pastizales cultivados, zonas de uso urbano, vegetación secundaria y bosques deciduos principalmente, aunque en superficies menores a las 400 hectáreas.

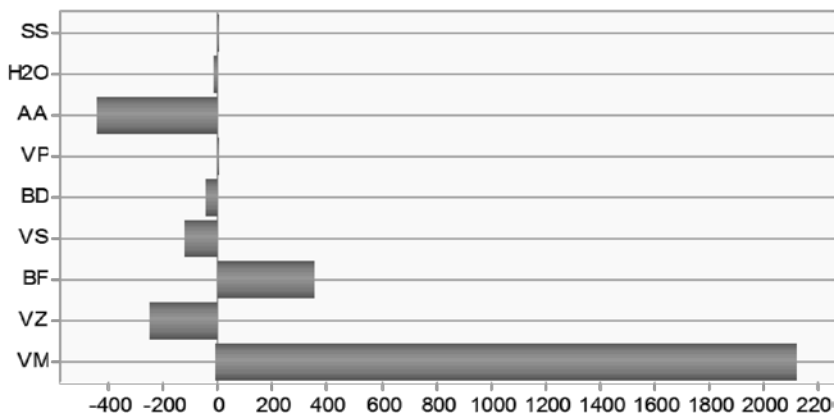


Figura 5.10. Contribución neta al pastizal. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida en hectáreas.

En relación al uso de zonas agrícolas y pastizales cultivados, se observa una ganancia de superficie en lo general, principalmente de zonas con bosque de coníferas, vegetación secundaria, en una menor proporción de zonas de vegetación de pastizal y matorral. Por e contrario una pequeña superficie de uso urbano observó un cambio hacia las zonas agrícolas y pastizales cultivados además de una superficie menor de cuerpos de agua que pasaron a tener uso agrícola (Figura 5.11).

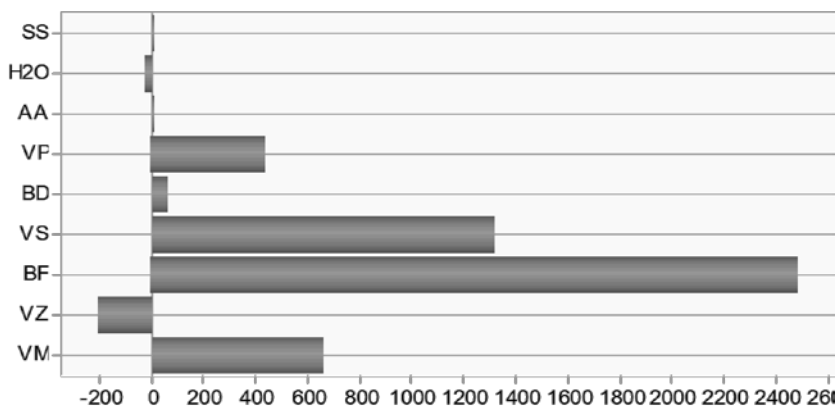


Figura 5.11. Contribución neta de las zonas agrícolas y pastizales cultivados. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida en hectáreas.

La figura 5.12 muestra el cambio neto en superficies de agua, donde el principal cambio es observado en una pérdida de esta superficie hacia vegetación de matorral. Mientras que por el contrario algunas zonas agrícolas y pastizales cultivados y zonas de pastizal se incorporaron en el éste periodo de cambio hacia cuerpos de agua.

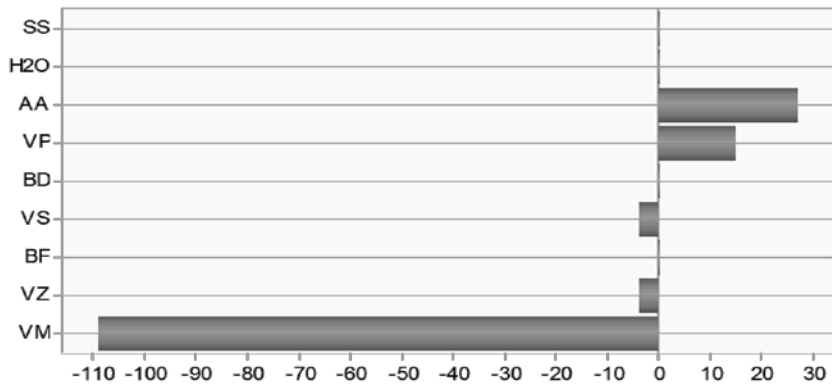


Figura 5.12. Contribución neta en hectáreas a los cuerpos de agua. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida.

La contribución neta de cambio de las pequeñas superficies con vegetación de selvas secas se observa en la figura 5.13, donde se muestra que el principal cambio se dio hacia una ganancia de superficie que originalmente era matorral. Este dato refleja un cambio de criterio entre la información usada, y no un verdadero cambio de uso del suelo.

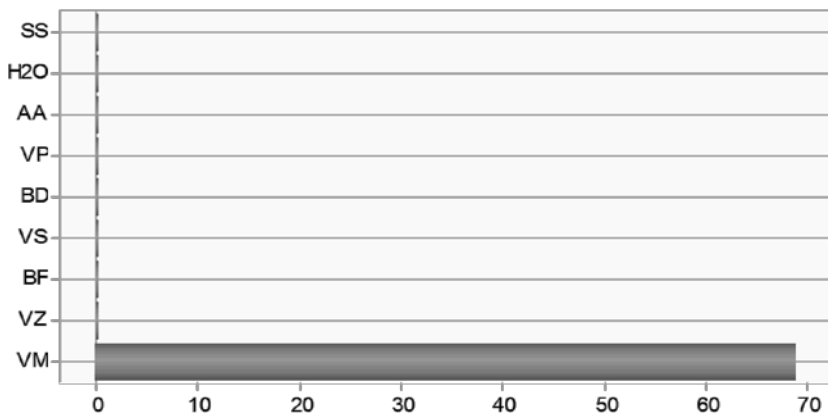


Figura 5.13. Contribución neta a la selva seca. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida de superficie en hectáreas.

En cuanto a los proceso de cambio, la recuperación forestal se presenta con un total de 23,113 hectáreas, esto es el paso de la vegetación secundaria a primaria. Todos los procesos de reforestación o recuperación suman un total de 25,496 hectáreas.

La deforestación total y la degradación forestal presentan valores muy similares (6,671 hectáreas y 6,275 hectáreas respectivamente). En general los procesos de pérdida de la cubierta forestal, incluyendo la desmatorralización se encuentran del orden de 17,428 hectáreas.

La degradación de la condición agrícola es de 450 hectáreas para la Sierra Madre Oriental, sin incluir la Disminución de las zonas agrícolas por crecimiento de las urbanas que es de 211 hectáreas. El aumento de la superficie agrícola se encuentra incluido en los procesos de la deforestación de la vegetación primaria. Por último, el aumento del espejo de los cuerpos de agua es de 42 hectáreas, mientras que la disminución de los mismos se encuentra en acumulado en los proceso de reforestación (Cuadro 5.4).

Cuadro 5.4. Procesos de cambio en el ejido Tepozanes (1970-2008).

Proceso	Superficie (Has.)
A-. Degradación de la condición agrícola	450
AZ. Disminución de las zonas agrícolas por crecimiento de las urbanas	211
D1. Deforestación total	6,671
D2. Degradación forestal	6,275
D3. Deforestación terminal	1,665
D4. Desmatorralización	1,708
D5. Disminución de las zonas forestales por crecimiento de las urbanas	1,109
R1. Repoblación forestal total	1,907
R2. Recuperación forestal	23,113
R3. Recolonización forestal	476.
H2O +. Aumento de espejo de cuerpo de agua.	42

Fuente: Análisis SIG.

5.6.2 Captura de carbono a nivel de la Sierra Madre Oriental

Una vez obtenido el dato de superficie por clase es posible obtener la cantidad de carbono almacenada por clase, multiplicando el contenido de carbono por hectárea por la superficie que cubra la clase a analizar, en este caso para el bosque de coníferas y el deciduo. El cuadro 5.5 muestra que para la Sierra Madre Oriental al año 2006 existía un total de 28'336,438.02 toneladas de carbono, equivalente a 103'994,727.53 toneladas del dióxido de carbono

equivalente o Certificados de Reducción de Emisiones que pueden ser comerciados en el mercado internacional de “bonos de carbono”.

En cuanto a pagos de servicios ambientales, CONAFOR clasifica la zona de bosques de coníferas y deciduos presentes en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León como zona III, con un pago por servicios ambientales de \$382 pesos/ha/año, lo que equivaldría a un total de \$154 millones de pesos anuales, siendo el apoyo por 5 años consecutivo un total acumulado aproximado de \$772 millones de pesos, cifra bastante impresionante, sobre todo cuando lo comparas con la producción forestal maderable del estado de Nuevo León para el año 2011, la cual fue de \$8'920,570 pesos y la acumulada en 5 años de \$53,639,505 pesos (OIEDRUS, 2012). El análisis aquí realizado, a este nivel de escala (1:250,000) no es el adecuado para la asignación de recurso, sin embargo puede ser usado para la planeación regional o estatal. Para la asignación de recursos es necesario un nivel de escala mayor (1:50,000, 1:20,000, 1:10,000, etc.) a nivel de predio, ejido o comunidad, con el fin de obtenerse estadísticas de cambio, basadas en muestreos locales de concentración de carbono, por lo cual el caso del ejido Tepozanes sería un ejercicio viable para incorporación a un sistema de pago de servicios ambientales ya sea de orden nacional o internacional.

Cuadro 5.5. Relación de carbono acumulado en la Sierra Madre Oriental (SMO) y Certificados de Reducción de Emisiones.

Clase	tC ha ⁻¹	Superficie en 2006 (Has.)	Carbono acumulado para 2006 (tC)	CRE para 2006
Bosque de Coníferas	73.18	267,399.00	19'568,258.82	71'815,509.87
Bosque Deciduo	64.2	136,576.00	8'768,179.20	32'179,217.66
Total para SMO	-	971,066.00	28'336,438.02	103'994,727.53

Fuente: Análisis SIG. tC ha⁻¹ = Toneladas de carbono por hectárea, CRE = Certificados de Reducción de Emisiones

5.6.3 Caso Ejido Tepozanes

Siguiendo un proceso similar que para la Sierra Madre Oriental, para el ejido Tepozanes se utilizó la cubierta de uso del suelo y vegetación digitalizadas de la carta 1:50,000 de INEGI del año 1970 y a partir de fotografía aérea de 2008 fue actualizada y adecuada para el análisis de cambio de uso del suelo y vegetación, además se elaboró una proyección del cambio de uso del suelo al año 2048, posteriormente se calculó la cantidad de carbono almacenado en los bosques de coníferas y deciduos. El bosque deciduo es el tipo de vegetación que actualmente presenta mayor superficie en el ejido, con un total de 2,220 hectáreas para el año 2008, seguido por la vegetación secundaria con una total de 839 hectáreas, el resto de las clases presenta valores menores a 400 hectáreas (Cuadro 5.6, Figura 5.14).

La ganancia y pérdida resultado del análisis del cambio de uso del suelo para el periodo analizado (1970-2008), mostró que el bosque deciduo tuvo la mayor pérdida con más de 800 hectáreas, las cuales 696.76 hectáreas pasaron a un estadio secundario. Los matorrales fueron la segunda cubierta vegetal con mayor pérdida dentro del ejido con cerca de 183 hectáreas; seguido por los pastizales y los bosques de coníferas, con una pérdida de menos de 30 hectáreas. La clase con mayor ganancia fue la vegetación secundaria, con más de 800 hectáreas, seguida por la agricultura y el pastizal (Cuadro 5.7 y Figura 5.15).

Cuadro 5.6. Superficie por tipo de vegetación o uso del suelo del ejido Tepozanes

Clase	Superficie en 1970 (Has.)	Superficie en 2008 (Has.)	Tasa de deforestación anual (%)
Agricultura	107.62	200.37	1.65
Bosque Deciduo	2,962.45	2,220.43	-0.76
Bosque de Coníferas	73.52	61.46	-0.47
Matorral	556.41	374.26	-1.04
Pastizal	139.59	157.01	0.31
Vegetación Secundaria	12.96	839.01	11.60

Fuente: Análisis SIG. Números negativo indican pérdida.

Como se mencionó anteriormente, el bosque deciduo tiene una pérdida global de 742 hectáreas, de las cuales 696 hectáreas pasan a un estadio secundario, producto de un incendio forestal, 28 hectáreas a agricultura y 17 hectáreas de pastizal, observándose que no existe contribución de ninguna clase al este tipo de bosque (Figura 5.16, Cuadro 5.7). Está dominado por especies de encino (*Quercus laceyi*, *Q. vaseyana*, *Q. canbyi*, *Q. fusiformis*), distribuyéndose por todas las laderas del ejido, principalmente al este de tepozanes.

Cuadro 5.7. Ganancias y pérdidas del uso del suelo y la vegetación al 2008.

Clase	Pérdida (Has.)	Ganancia (Has.)	Cambio Neto (Has.)
Matorral	-183	1	-182
Bosque de coníferas	-12	0	-12
Vegetación secundaria	-1	827	826
Agricultura	-2	94	92
Pastizal	-26	43	17
Bosque deciduo	-742	0	-742

Fuente: Análisis SIG. Números negativos indican pérdida

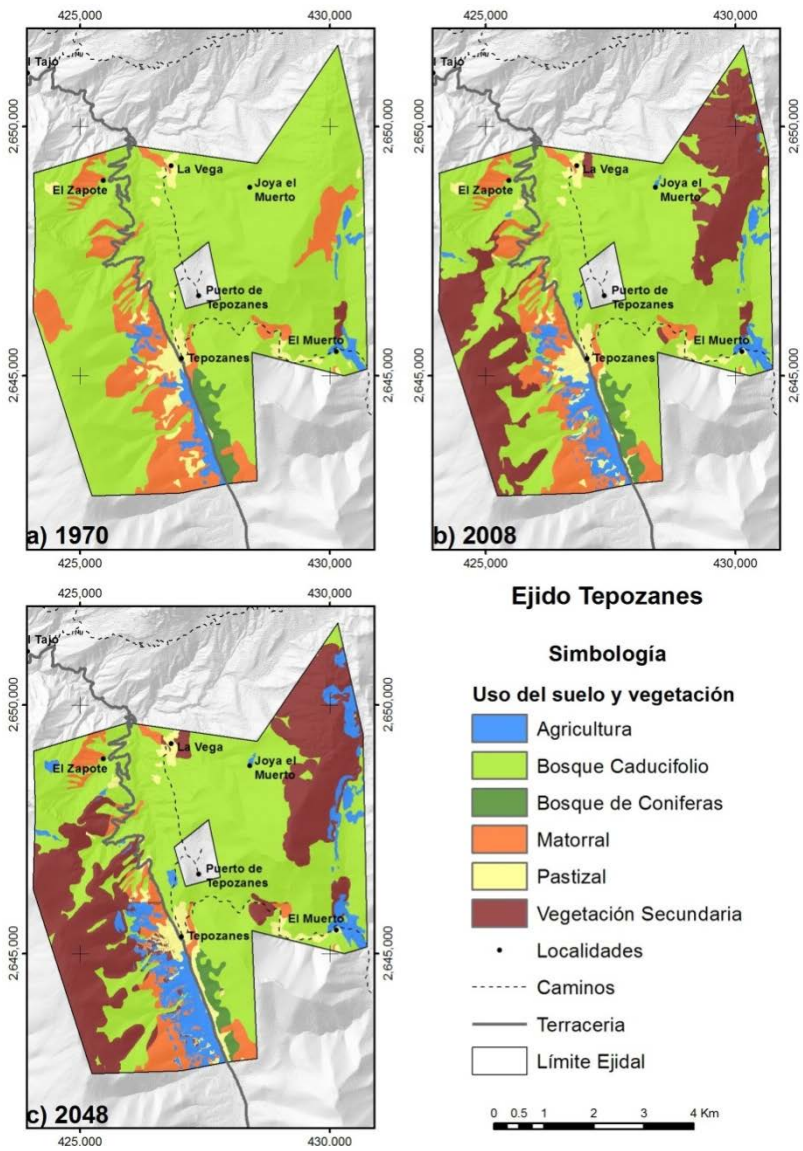


Figura 5.14. Uso del suelo y vegetación del ejido Tepozanes para los años 1970 (a), 2008 (b) y predicción al 2048 (C).

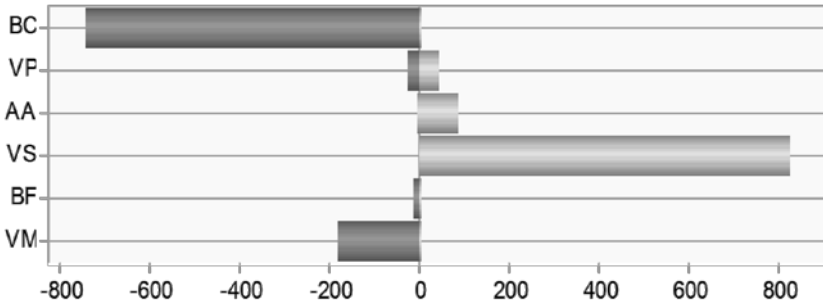


Figura 5.15. Ganancias y pérdidas (superficie en hectáreas) entre 1970 y 2008. AA= Agricultura, VP= Pastizal, BD= Bosque deciduo, BF= Bosque de coníferas, VS= Vegetación secundaria, VM= Matorral.

El matorral encontrado en el ejido es de tipo matorral de latifoliadas o chaparral, producto principalmente de incendios de bosques. Se le puede llamar una comunidad secundaria establecida, que por acción de los incendios forestales se mantiene. Están dominados por encinos chaparros (*Quercus mexicana*, *Q. sideroxylla*, *Q. intricata*), de hasta 2 metros de altura, madroño (*Arbutus xalapensis*) y manzanita (*Arctostaphylos pungens*) con algunos de elementos arrosados del género *Agave* (magueyes). Tuvieron una pérdida principalmente hacia vegetación secundaria con 130 hectáreas en la parte alta de la sierra, a agricultura con 40 hectáreas y hacia pastizal con cerca de 12 hectáreas, ambas en los alrededores de Tepozanes, La Vega y El Muerto. Tiene una permanencia de 373 hectáreas (Figura 5.14, 5.15 Cuadro 5.8).

Cuadro 5.8. Matriz de cambio de uso del suelo y vegetación del ejido Tepozanes entre 1970 y 2008. Renglones 1970, columnas 2008. Valores de superficie en hectáreas.

Clase	Matorral	Bosque de Coníferas	Vegetación Secundaria	Agricultura	Pastizal	Bosque Deciduo	Total 1970
Matorral	373.62	-	130.13	40.72	11.94	-	556.41
Bosque de Coníferas	-	61.46	-	-	12.06	-	73.52
Veg. Secundaria	-	-	12.13	0.84	-	-	12.96
Agricultura	-	-	-	105.95	1.67	-	107.62
Pastizal	0.64	-	-	24.86	114.09	-	139.59
Bosque Deciduo	-	-	696.76	28.00	17.26	2,220.43	2,962.45
Total 2008	374.26	61.46	839.01	200.37	157.01	2,220.43	3,852.54

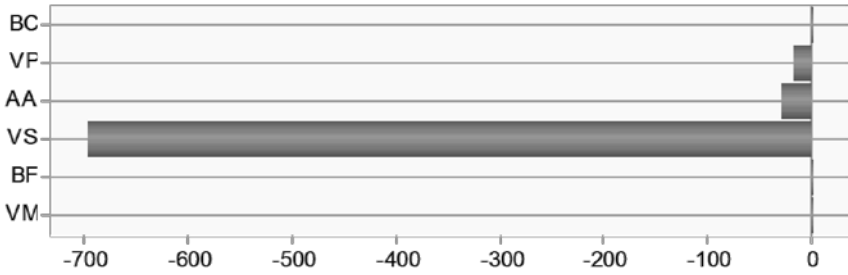


Figura 5.16. Contribución neta a los bosques deciduos. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida en hectáreas

Los bosques de coníferas presentaron un total de 61 hectáreas en el 2008, con una pérdida neta de 12 hectáreas, las cuales pasaron a pastizal inducido en los alrededores de Tepozanes. Lo conforman bosques de pinos piñoneros (*Pinus cembroides*) con ejemplares de *Pinus pseudostrabus* y *P. teocote* (Figura 5.18 y Cuadro 5.8).

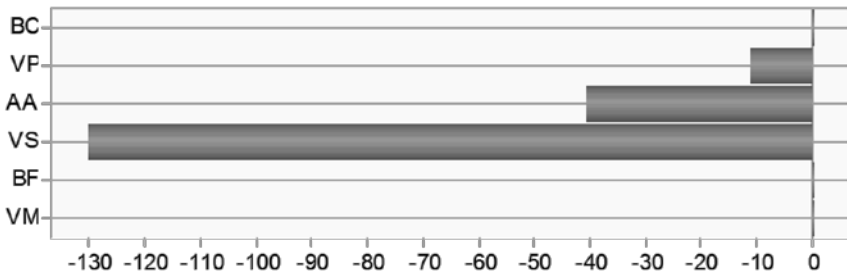


Figura 5.17. Contribución neta a los matorrales. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida en hectáreas.

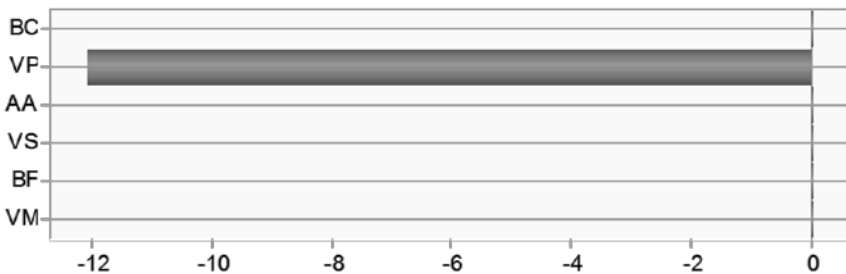


Figura 5.18. Contribución neta al bosque de coníferas. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida en hectáreas.

La vegetación secundaria que proviene principalmente de bosques deciduos con 697 has., zonas agrícolas abandonadas con 28 has. y pastizales con 17 has. (Figura 5.19, Cuadro 5.8). Está constituido por matorrales de latifoliadas de baja altura (menor a 1.5 metros), principalmente de encinos (*Quercus intricata*, *Q. mexicana*) y manzanita (*Arctostaphylos pungens*) con una importante cantidad de elementos arrosetados como *Nolina nelsonii* y *Agave asperima*.

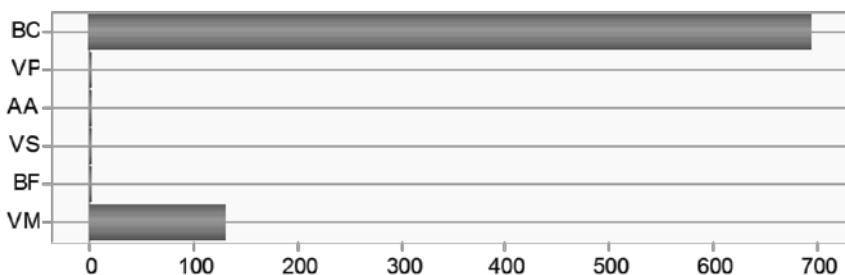


Figura 5.19. Contribución neta a la vegetación secundaria. Números positivos indican ganancia, números negativos indican pérdida en hectáreas.

La agricultura tiene contribución de matorrales con cerca de 41 hectáreas, de bosque deciduo con 28 hectáreas, de pastizal con 24 hectáreas y de vegetación secundaria con 1 hectárea. Se distribuye principalmente en los valles en pendientes menores de 14%. Los principales cultivos son frijol, maíz, avena y algo de chícharo (Figura 5.20 y Cuadro 5.8).

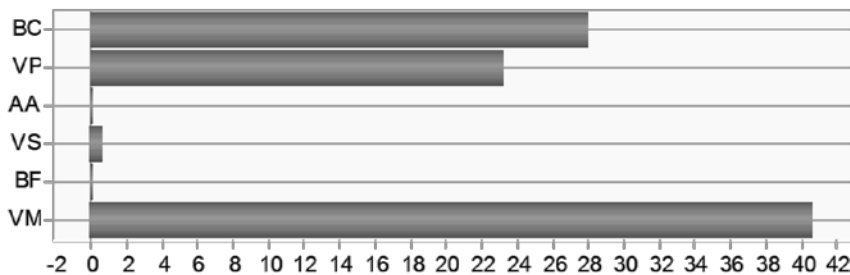


Figura 5.20. Contribución neta de las zonas agrícolas y pastizales cultivados. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida en hectáreas.

Los pastizales se distribuyen alrededor de los poblados y áreas agrícolas, e incluso pueden observarse apareciendo en las áreas agrícolas abandonadas y después del desmonte de los bosques, como primer estadio seral (Moreno, 2007). Tiene contribuciones de bosques deciduos con 17 hectáreas, de bosque de coníferas con 12 hectáreas, de matorral con 11 hectáreas. Tiene pérdidas hacia agricultura con 23 hectáreas, cambio comprensible, pues estos pastizales

aparecen en áreas agrícolas en descanso, que posteriormente pueden ser usadas nuevamente para la agricultura (Figura 5.21 y Cuadro 5.8).

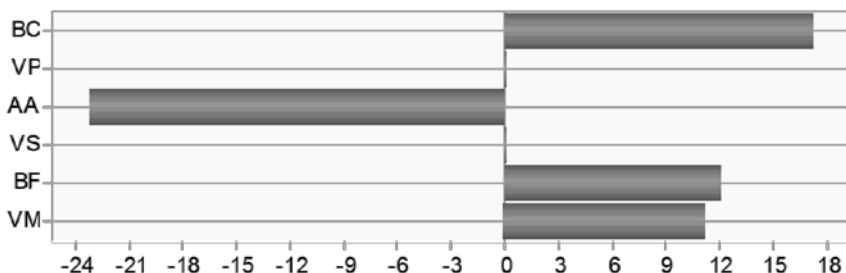


Figura 5.21. Contribución neta al pastizal. Números positivos indican ganancia, números negativos indican una pérdida en hectáreas.

Los datos obtenidos pueden ser usados para comprender la dinámica de cambio del ejido, mostrando las amenazas existentes a la vegetación natural; es imprescindible este tipo de análisis para la planificación y ordenación territorial. Específicamente para el ejido Tepozanes, el análisis muestra que la comunidad de bosque decido es la más amenazada, puesto que el 25% de esta comunidad se ha perdido con una tasa de cambio de -0.76% anual, producto de incendios forestales principalmente, seguido del bosque de coníferas con cerca de 16%, con una tasa de cambio de -0.47% anual, producto del cambio a pastizales inducidos. El matorral presenta un 32% de pérdida, pero al ser un matorral de origen secundario, su pérdida desde el punto de vista ecológico es ambigua. El crecimiento de la vegetación secundaria es impresionante, con 6,372% de incremento y un 11.60% de cambio anual, producto de incendios forestales. Es de notarse el crecimiento de la agricultura con el 86% y una tasa de cambio de 1.65% anual. El pastizal tiene un incremento global de 12% entre 1970 y 2008 (38 años), con un cambio anual de 0.31% anual (Cuadro 5.5). Las tasas de cambio de la vegetación primaria (bosques deciduos y de coníferas) son menores a las encontradas por Moreno (2012) en la Sierra San Antonio Peña Nevada, Zaragoza N. L., área cercana al ejido Tepozanes, coincidiendo en que el principal factor de cambio son los incendios forestales.

5.6.4 Predicción del cambio de uso del suelo y vegetación en el ejido Tepozanes.

Una herramienta importante del análisis del cambio de uso del suelo es la posibilidad de predecir cambios, siempre y cuando estos cambios no sean al azar, buscando los factores que detonen estos. Estas predicciones ayudan a la planeación del manejo de los recursos naturales, permitiendo estimar la pérdida de la vegetación primaria e indirectamente la pérdida de la biodiversidad, los cambios en los patrones de la distribución de las especies, identificar las amenazas e incluso planear alternativas que permitan minimizar las pérdidas

ecológicas. Ayudan a establecer el ordenamiento del territorio a escala regional, estatal, municipal e incluso comunitario, permitiendo esta herramienta, el identificar los cambios a nivel espacial, y de esta forma, mediante la comparación con la altitud territorial, identificar los conflictos y alternativas viables de actividades productivas, antes de que sucedan.

En el caso del ejido Tepozanes se realizó un análisis de predicción de cambio de uso del suelo al año 2048 (30 años a partir del año 2008). Para establecer los factores detonantes del cambio se analizaron las capas de pendiente, distancia a: caminos, vegetación secundaria, pastizales, agricultura, matorrales, para establecer las relaciones con cambios específicos entre las clases, mediante el Panel de Prueba y Selección de Variables Conductoras y de Lugar (*Test and Selection of Site and Driver Variables Panel*), obteniendo la V de Cramer. Se corrió el análisis para todas las variables que se presumiera tuvieran relación con determinado cambios, y se eligieron las más convenientes para cada caso, como por ejemplo, para establecer el cambio hacia agricultura se utilizó la distancia a zonas agrícolas, la cual obtuvo una V de Cramer promedio de 0.3228 que se considera buena, teniendo alta significancia para los pastizales (0.6909). La pendiente fue otro de los factores usados para la agricultura, teniendo un valor de 0.3627. Para el cambio de bosque deciduo a vegetación secundaria se utilizó la distancia a vegetación secundaria con un V de Cramer promedio de 0.4281, y la distancia a matorral con una V de Cramer de 0.3808. Ya elegidos los factores detonantes de cambio para cada clase, se procedió a realizar el Submodelo de Transición para cada tipo (por ejemplo de bosque deciduo a vegetación secundaria, figura 5.22) para que al conjuntarse al correr el proceso de predicción de cambios permitan general la capa al año elegido (2048).

Obtenidos todos los submodelos, se calculó el mapa de predicción dura la cual se observan en la figura 5.14. La predicción muestra una disminución de los bosques deciduos, bosques de coníferas y los matorrales. Los bosques deciduos y matorrales pasando en la mayor parte pérdida a vegetación secundaria y los bosques de coníferas a pastizales inducidos. Se observa también un aumento de las zonas agrícolas, colonizando aquellas áreas con pendientes menores a 14% y cercanas a otras zonas agrícolas, reflejando la relación existente con los factores detonantes. El bosque deciduo perdería un total de 242 hectáreas, seguido muy de cerca por el matorral con 136 hectáreas, el bosque de coníferas apenas 11 hectáreas y el pastizal pierde 4 hectáreas. La vegetación secundaria se incrementa con 289 hectáreas y la agricultura con 104 hectáreas (Figura 5.23).

La degradación forestal es por mucho el principal proceso de cambio en el ejido Tepozanes, con 826.89 hectáreas en el período (1970-2008), seguido muy de lejos por la deforestación total con 57.32 hectáreas y la Desmatorralización con 52.66 hectáreas. El aumento de la condición agrícola presento una superficie de

24.86 hectáreas. La deforestación terminal es de solo 0.84 hectáreas (Cuadro 5.9).

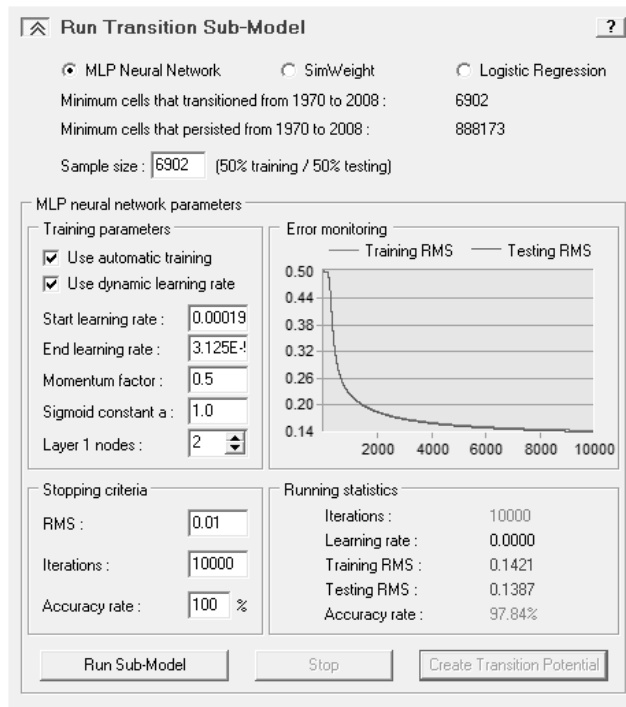


Figura 5.22. Carátula del panel para realizar el Submodelo de Transición de IDRISI Selva®, ejemplificando el resultado de la transición entre bosque decido y a vegetación secundaria. En el ejemplo se alcanzó un taza de precisión de 97.84%.

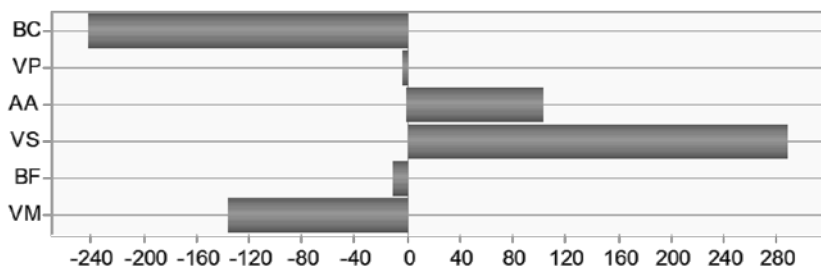


Figura 5.23. Ganancias neta (superficie en hectáreas) entre 2008 y la predicción a 2048. AA= Agricultura, VP= Pastizal, BD= Bosque decido, BF= Bosque de coníferas, VS= Vegetación secundaria, VM= Matorral.

Cuadro 5.9. Procesos de cambio en el ejido Tepozanes (1970-2008).

Proceso	Superficie (Has.)
A+. Aumento y/o mejoramiento de la condición agrícola	24.86
D1. Deforestación total	57.32
D2. Degradación forestal	826.89
D3. Deforestación terminal	0.84
D4. Desmatorralización	52.66

Fuente: Análisis SIG.

5.6.5 Captura de carbono a nivel ejidal.

Con relación a la captura de carbono almacenado por clase, se encontró que para el año 1970 existía un total de 223,168.48 tC^{-ha}, de las cuales 216,791.73 48 tC^{-ha} corresponden a bosques deciduos. Para el año 2008 existía un total de 167,551.96 tC^{-ha}, equivalente a 607,618.08 toneladas del dióxido de carbono equivalente o Certificados de Reducción de Emisiones (CRE) que pueden ser comerciados en el mercado internacional de “bonos de carbono”. El carbono acumulado disminuyó en 55,617.52 tC^{-ha}, equivalente a 204,116.29 CRE. El contenido de carbono en la predicción de 2048 sería de 148,751.80 tC^{-ha}, si se compara con el almacenado en 2008 existiría una pérdida de 18,800.17 tC^{-ha} o 68,996.61 CRE (Cuadro 5.10).

En cuanto a pagos de servicios ambientales, la posibilidad de que el ejido Tepozanes pidiera acceder a esos recursos es real. El programa por pago de servicios ambientales (PSA) permite la opción de que esa comunidad pudiera someter un proyecto, bajo el concepto de Servicios Ambientales Hidrológicos de la CONAFOR, los cuales son pagos por los servicios ambientales que generan los ecosistemas forestales tales como la captación de agua, el mantenimiento de la biodiversidad, y el secuestro y conservación de carbono. La comunidad pudiera someter a este programa hasta 3,000 hectáreas. CONAFOR clasifica la zona de bosques de coníferas y deciduos del ejido Tepozanes como zona III, con un pago por servicios ambientales de \$382 pesos/ha/año para un total de 2,281.89 hectáreas de bosques, lo que equivaldría a un total de \$871,681 pesos anuales, siendo el apoyo por 5 años consecutivo un total acumulado aproximado de \$4'358,405 pesos, solo de la conservación de los bosques deciduos y de coníferas. Con este mecanismos se evitaría la pérdida de 18,800.17 tC^{-ha}, al frenar la tendencia actual de cambio de uso del suelo, beneficiando de esta manera la economía local, pero al mismo tiempo favoreciendo la conservación de los bosques templados que se distribuyen en el ejido y mitigando los efectos del cambio climático a nivel local, además, este modelo puede ser replicado por los ejidos y comunidades aledañas, incrementando la captura de carbono a nivel regional.

Cuadro 5.10. Carbono almacenado en el ejido Tepozanes.

Clase	Carbono Acumulado para 1970	Carbono Acumulado para 2008	Carbono Acumulado para 2048	Diferencia en tC/ha a 2008	Diferencia en tC/ha a 2048	CRE para 2008	CRE para 2048
Bosque Deciduo	216,791.73	162,491.25	144,786.81	-54,300.47	-17,704.44	596,342.59	531,367.60
Bosque de Coníferas	4,719.66	3,945.41	3,255.26	-774.25	-690.15	14,479.66	11,946.81
Matorral	1,658.09	1,115.30	709.72	-542.79	-405.58	4,093.16	2,604.69
Total	223,169.48	167,551.96	148,751.80	-55,617.52	-18,800.17	607,618.08	545,919.10

Números negativos indican pérdida

5.7 Conclusiones.

El análisis en la Sierra Madre Oriental muestra una tendencia de cambio de las clases, principalmente de una sustitución de la vegetación de tipo secundaria hacia bosques de conífera. Mientras que existe una tendencia en menor proporción hacia el incremento de zonas de uso agrícola y pastizales cultivados en terrenos ganadas a los bosques de conífera y vegetación secundaria principalmente. Se observa también un crecimiento del área de uso urbano principalmente de áreas que originalmente tenían vegetación secundaria, vegetación abierta de pastizal, áreas de uso agrícola que en este caso representan un impacto menor ya que no se vieron afectadas zonas de vegetación natural con excepción de los bosques deciduos. Se observa también que existe un cambio de criterio entre las capas utilizadas para el análisis, ya que se encontró una clase en el año 2006 que no fue definida en el año 1995, siendo esta las Selva Secas, cabe mencionar que fue incluida en el 2006 después de personal de INEGI realizara una visita a zona en donde se distribuye esta clase y confirmar su existencia, por lo que se presume que pueda ser una omisión en el año 1995. Definitivamente, el grado de generalización de la información base no permite un análisis a nivel predio, ejido o comunidad, pero es aceptable a nivel región o municipio.

Pero, ¿qué hay con relación al manejo comunitario?, esto datos proporcionan una base en la cual sustentar estrategias de manejo regional, sobre todo pensando en la dinámica del cambio producto de los factores antropogénicos, como son el establecimiento de zonas agrícolas y urbanas, pues como se observa en el Cuadro 5.3, la zona urbana tiene un ritmo de crecimiento de casi el 5% anual. Representando un riesgo para las cubiertas vegetales aledañas a esta clase. Permite además observar áreas susceptibles a realizar actividades de restauración, y pueden acceder fondos nacionales e internacionales que ayudarían a solventar los gastos de restauración de los sitios degradados, tales como PROARBOL, pago por servicios ambientales de CONAFOR, mercados internacionales de captura de carbono, REDD. Brindan un panorama de la

dinámica regional para los técnicos encargados de los programas de ordenamiento comunitario y manejo forestal proporcionándole cifras que les permitan conocer amenazas y detonantes de cambio de zonas importantes para conservación, restauración o producción forestal.

A nivel ejidal, el análisis muestra diferencias con respecto a nivel regional, existe una tendencia en la disminución de los bosques a condiciones secundarias o cubiertas de origen antrópico como agricultura o pastizales inducidos. Esto refleja la presión existente hacia los recursos naturales del área, pero al mismo tiempo nos brinda una oportunidad de actuar para frenar los procesos de conversión de la vegetación primaria. Una alternativa viable es la conservación de los servicios ambientales, al incorporar áreas forestales a programas de reducción de emisiones o pago de servicios ambientales, esquemas que permitirían a los habitantes de la zona, recibir recursos adicionales con el fin de evitar la deforestación, y en su caso, la realización de prácticas de conservación, que permitan la permanencia de las comunidades vegetales primarias y la biodiversidad de asociada a ellas.

Con la predicción del cambio de uso del suelo se puede planear con mejor base de conocimiento, las acciones necesarias para evitar la pérdida de cobertura forestal, replantear y ordenar el uso y destino del territorio, e incluso planear las estrategias de restauración de las áreas degradadas, con el fin de incrementar áreas en programas de pagos por servicios ambientales y de mercados nacionales e internacionales de captura de carbono.

5.8 Referencias Bibliográficas

- Acosta, M., K. Quendnow, Etchevers J. y Monreal C.** 2001. Un Método para la Medición del Carbono Almacenado en la Parte Aérea de Sistemas con Vegetación Natural e Inducida en Terrenos de Ladera en México. Simposio Internacional "Medición y monitoreo de captura de carbono en ecosistemas forestales" octubre 18-20, Valdivia. Chile.
- Aguirre-Calderón, O. y Jiménez-Pérez J.** 2011. Evaluación de carbono en bosques del sur de Nuevo León. *Rev. Mex. Cien. For.* 2(6): 73-83.
- Baltaxe, R.** 1980. The application of LANDSAT data to tropical forest survey. ONU. FAO. 122 pp.
- Bonifaz, A.R. y Gómez G.R.** 1996. Estudio piloto CPAN-México. *Boletín Selper-México.* 36:14-25.
- Brown, S., A. y J.R. Gillespie.** 1989. Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Applications to Forest Inventory Data. *Forest Science* 35(4): 881-902.
- Carneiro, C.M.** 1978. Forest cover mapping from LANDSAT-MSS data by analogue and computer assisted techniques in the federal Republic of Germany. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fakultät, Freiburg.

- Carnevale, N.J., Alzugaray C. y Di Leo N.** 2007. Estudio de la deforestación en la Cuña Boscosa Santafesina mediante teledetección especial. Quebracho. *Revista de Ciencias Forestales*. 14:47-56.
- CEPAL.** 2003. Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres. ONU., Comisión Económica para América Latina y el Caribe el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (El Banco Mundial). México. 117 pp.
- Challenger, A.** 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas Terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- CONAFOR,** 2010. Visión de México sobre REDD+ Hacia una Estrategia Nacional. 1ª Edición. Comisión Nacional Forestal. Jalisco, México. 56 p. http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/1393Visi%C3%B3n%20de%20M%C3%A9xico%20sobre%20REDD_.pdf.
- Correa, B.** 1996. Evaluación y cuantificación de los cambios del uso del suelo mediante imágenes de satélite en los municipios de Linares y Hualahuises N.L. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. 57 pp.
- Ehleringer, J. and Mooney H.A.** 1983. Productivity of Desert and Mediterranean-Climat-Plants. En: *Encyclopedia of Plant Physiology*, Edits. O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond, H. Ziegler. 12D: 205-232.
- De los Ríos, C.E.** 2003. Evaluación de captura de carbono en plantaciones del género *Pinus* en el Nordeste de México. Tesis Maestría, Facultad de Ciencias Forestales, UANL. 100 pp.
- Díaz, J., García G., Castillo O. y March I.** 2001. Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 44:39-53.
- Domínguez-Cabrera, G., Aguirre-Calderón O., Jiménez-Pérez J., Rodríguez-Laguna R. y Díaz-Balderas J.A.** 2009. Biomasa aérea y factores de expansión de especies arbóreas en bosques del sur de Nuevo León. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(1): 59-64.
- Dupuy, J., González J., Iriarte S., Calvo L.M., Espadas C., Tun F. y Dorantes A.** 2007. Cambios de cobertura y uso del suelo (1979-2000) en dos comunidades rurales en el noroeste de Quintana Roo. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 62:104-124.
- Fiorella, M. y Ripple W.** 1993. Analysis of conifer forest regeneration using LANDSAT Thematic Mapper data. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*. 59: 1383-1388.
- Franco, M., Regil H., González C. y Nava G.** 2006. Cambio de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México en el periodo 1972-2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 61:38-57.
- Franquis, F. e Infante A.** 2003. Los Bosques y su Importancia para el Suministro de Servicios Ambientales. *Rev. For. Lat.* 34:17-30.

- García, M.** 1996. Análisis de la cubierta vegetal y propuesta para la zonificación ecológica del cerro "El Potosí", Galeana Nuevo León, México. Tesis maestría. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. 93. pp.
- García, M., Treviño E., Cantú C. y González F.** 1999. Zonificación ecológica del cerro "El Potosí", Galeana N.L., México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del instituto de de Geografía, UNAM.* 38:31-40.
- García-Aranda, M., Cantú-Ayala C., Estrada-Castrillón E., Pando-Moreno M. y Moreno-Talamantes A.** 2012. Distribución actual y potencial de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México. *J. Bot. Res. Inst. Texas* 6(2): 587-598.
- Gay, C. y Martínez J.** 1995. Mitigación de Emisiones y Graduación de Gases en México. *Interciencia* 20(6): 336-342.
- Graetz, R.D. and Gentle M.R.** 1982. The relationships between reflectance in LANDSAT wavebands and composition of an Australian semi-arid shrub rangeland. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing.* 55:1586-1587.
- Hill, M.J., Vickery P.J., Furnival E.P. and Donald G.E.** 1999. Pasture land cover in eastern Australia from NOAA-AVHRR NDVI and classified LANDSAT TM. *Remote Sens. Environ.* 67:32-50.
- Husch, B., Beers T.W. y Kershaw J.A.** 2003. Forest Mensuration, 4th Ed. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 443 pp.
- INEGI.** 1995. Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie II. México.
- INEGI.** 2006. Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III. México.
- Lambin, E.F., Turner II B.L., Geist H., Agbola S., Angelsen A., Bruce J.W., Coomes O., Dirzo R., Fischer G., Folke C., George P.S., Homewood K., Imbernon J., Leemans R., Li X., Moran E.F., Mortimore M., Ramakrishnan P.S., Richards J.F., Skånes H., Steffen W., Stone G.D., Svedin U., Veldkamp T., Vogel C. and Xu J.** 2001. The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11:261-269.
- Lonard, R.I., Judd F. W., Everitt J.H., Escobar D.E., Davis M.R., M. Crawford M. y Desai M.D.** 2000. Evaluation of color-infrared photography for distinguishing annual changes in riparian forest vegetation of the lower Rio Grande in Texas. *Forest Ecology and Management.* 128:75-81.
- Lewis, D.K., Turner D.P. y Winjum J.K.** 1996. An inventory-based procedure to estimate economic costs of forest management on a regional scale to conserve and sequester atmospheric carbon. *Ecological Economics* 16:35-49.
- Lozano, G.D.** 1981. Percepción remota de la vegetación de la zona árida Poblano-Veracruzana. México. Arid land resource inventories: Developing cost-efficient methods. USDA. pp. 273-278.
- Mas, J.F. y Flamenco A.S.** 2010. Simulación de los cambios de cobertura / uso del suelo en la selva El Ocote, Chiapas, México. Memoria del XIV Simposio Internacional SELPER. Guanajuato, México.
- Mas, J.F., Sorani V. y Álvarez R.** 1996. Elaboración de un modelo de simulación del proceso de deforestación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM.* 38:43-57.

- McDaniel, R.K. y Hass R.H.** 1982. Assessing mesquite-grass vegetation condition from LANDSAT. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*. 48(3):441-450.
- Moreno, T.A.**, 2007. Cambio de la cubierta vegetal y sus procesos espaciales de transformación en la Sierra San Antonio Peña Nevada, Zaragoza, Nuevo León. Resúmenes de la Reunión Nacional SELPER - Capítulo México. Monterrey, N. L.
- Moreno, T.A., Perales M.E., Moreno A.J., López D.G. y Flores J.J.**, 2012. Análisis del cambio de vegetación y fragmentación en la Cuenca de Burgos 2003 – 2011. Reporte Técnico. Facultad de Ciencias Forestales, UANL.
- Nájera, L.J.** 1999. Ecuaciones para estimar Biomasa, Volumen y Crecimiento en Biomasa y Captura de Carbono en diez especies típicas del Matorral Espinoso Tamaulipeco del Nordeste de México. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. 93 pp.
- Návar, C.J.** 2010. Los bosques templados del estado de Nuevo León: el manejo sustentable para bienes y servicios ambientales. *Madera y Bosques* 16(1): 51-69.
- OEIDRUS.** 2012. Producción forestal maderable para el año 1996 al año 2011. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Delegación en el Estado de Nuevo León. <http://www.agronuevoleon.gob.mx/oeidruss/>
- Pardos, J.A.** 2010. Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Ciencia e Innovación. España. 253 pp.
- Plata, C., Treviño E.J., Cuellar G., y López-Aguillón R.** 2007. Evaluación del cambio de uso del suelo en tres cuencas del Río San Juan, N.L. Resúmenes de la Reunión Nacional SELPER - Capítulo México.
- Richards, K. and Stokes C.** 2003. A review of forest carbon sequestration cost studies: a dozen years of research. *Climatic Change* 63: 1-2, 1- 48.
- Rügnitz, M.T., Chacón M.L. y Porro R.** 2009. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales. 1a. ed. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). Lima, Perú. 79 pp.
- Rodríguez, L.R., Jiménez J., Aguirre O., Treviño E. y Razo Z.R.** 2009. Estimación de carbono almacenado en el bosque de pino-encino en la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México. *Ra Ximhai* 5(3): 317 -327.
- Saiz, J., Watts C. y Ramos M.** 1996. Caracterización de la vegetación de una cuenca en el noroeste de México mediante imágenes AVHRR de los satélites NOAA. *Investigaciones Geográficas. Boletín del instituto de Geografía*. UNAM. 5:27-34.
- SEDESOL.** 2000. Guía metodológica para el análisis y la caracterización de los subsistemas natural, social y económico. Versión interinstitucional (SEMARNAP-SEDESOL-CONAPO-INEGI), aprobada por el grupo interinstitucional de Ordenamiento Territorial, México.
- SEMARNAT.** 2009. El Medio Ambiente en México 2009: en Resumen. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales México. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/resumen_2009/index.html
- Senay, G.B. y Elliott R.L.** 2000. Combining AVHRR-NDVI and landuse data to describe temporal and spatial dynamics of vegetation. *Forest Ecology and Management*. 128:83-91.

- Spiecker, H., Mielikäinen K., Köhl M. y Skovsgaard J.P.** 1996. Growth Trends in European Forests-Studies from 12 Countries. EFI Research Reports No 5. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany. 372 pp.
- Trejo, I. y Hernández J.** 1996. Identificación de la selva baja caducifolia en el estado de Morelos, México, mediante imágenes de satélite. *Investigaciones Geográficas. Boletín del instituto de Geografía*. UNAM. 5:11-18.
- Treviño, E.** 1992. Aplicación de imágenes de satélite en la cartografía de la vegetación como ejemplo un área de la región "Sierra Madre Oriental" en el noreste de México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Forestales UANL. 122 pp.
- Treviño, E.** 1994. Cartografía de la vegetación de una porción de la Sierra Madre Oriental utilizando el procesamiento digital de imágenes de satélite. Memorias del II Congreso Latinoamericano en aplicaciones en cartografía digital, percepción remota y sistemas de información geográfica. Aguascalientes, Ags.
- Treviño, E., Akça A., Navar J., Jiménez J. y Aguirre O.** 1996. Detection of land use change by satellite imagery in the municipality of Linares, Nuevo León, México. Memorias del V Conferencia Internacional sobre desertificación. Lubbock Tx.
- Vela, P., Requena G., Casas S. y Lozano F.** 2007. Cambio de la cobertura del suelo 1976-2000 en la región Cuenca de Burgos. Resúmenes de la Reunión Nacional SELPER - Capítulo México. Monterrey, N.L.
- Vela, P. y Lozano F.** 2007. Análisis del cambio de áreas con vegetación secundaria en la región Cuenca de Burgos. Resúmenes de la Reunión Nacional SELPER - Capítulo México.
- Velásquez, A.** 1992. Landscape ecology-vegetation map of Tláloc and Pelado volcanoes, México. *ITC Journal* 3:213-227.
- Velázquez, A., Mas J.F., Palacio J.L., Díaz J.R., Mayorga R., Alcántara C., Castro R. y Fernández T.** 2002. Análisis del cambio de uso del suelo. Informe técnico. INE-Instituto de Geografía, UNAM.
- Velázquez, A., Mas J.F., Palacio J.L., Díaz J.R., Mayorga R., Alcántara P.C., Castro R., Fernández T., Bocco G., Ezcurra E., Palacios J.L.** 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *INE. Gaceta Ecológica* 62:21-37.

6. Características hidrológicas de las cuencas en la Sierra Madre Oriental: Importancia de su conservación y manejo integral

Autor:

Oscar Adrián Leal Nares

6.1 Los servicios ambientales como un modelo de conservación

La conservación y mantenimiento de los ecosistemas es importante debido a que proveen servicios ambientales como la captación de agua, la prevención de ciclos de inundación y sequía, el control de erosión, la regulación del clima regional, la reducción de azolve en los ríos y presas. Los ecosistemas tienen relevancia también como centros de diversidad biológica, lugares de recreación y son fuente de recursos maderables y no maderables (García *et al.*, 2004; Manson, 2004). Además, la conservación de los ecosistemas es importante para mantener las condiciones hidrológicas de las cuencas y afrontar los efectos del cambio climático global.

A partir de la necesidad de conservar las condiciones hidrológicas se han generado mecanismos que promueven esquemas de pago por servicios ambientales, como una herramienta que puede ayudar a mantener y restaurar la cobertura natural de los ecosistemas, tomando en cuenta la perspectiva social. Es por esto, que el manejo de los recursos hídricos es considerado como una labor compleja y se constituye como uno de los retos ambientales más importantes a nivel global (Monterroso-Rivas *et al.*, 2009).

Uno de los principales servicios hidrológicos es el abastecimiento de agua potable, debido a su importancia para el consumo humano y la producción de alimentos. Sin embargo, debido a los procesos de urbanización, desertificación y pérdida de la cobertura vegetal se ha disminuido su cantidad y calidad de forma considerable (Maderey y Carrillo, 2005).

Los ecosistemas conservados que poseen densidad de follaje denso como es el caso de los bosques, pueden ayudar a absorber el 35% del agua proveniente de las precipitaciones para liberarla gradualmente al suelo, mientras que un bosque abierto retiene menos del 20% y una plantación forestal aproximadamente el 12%. Este proceso disminuye la velocidad del agua evitando la erosión del suelo y favoreciendo la recarga de los mantos acuíferos (Myers, 1997).

Actualmente se han realizado numerosos esfuerzos por parte de instituciones gubernamentales, no gubernamentales y académicas, para identificar áreas para la conservación y desarrollar metodologías que ayuden a establecer un valor económico de los servicios ambientales.

En México existen las condiciones ambientales y sociales para desarrollar iniciativas que establezcan un valor a los servicios ambientales, que beneficien de manera directa a las comunidades rurales que realicen labores de conservación de sus ecosistemas. En el país desde el año 2003 se ha implementado el pago por servicios hidrológicos en áreas estratégicas, otorgando incentivos económicos para revertir los procesos de cambio de uso del suelo (Silva- Flores *et al.*, 2010).

Con miras en la implementación de proyectos que tengan como objetivo proteger los recursos hídricos, algunos países de Centroamérica han conformado la Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua (ALFA), desarrollando con éxito proyectos para el pago por servicios ambientales hidrológicos en Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y otros países. Mediante estos esquemas, se establecen cobros a los usuarios que utilizan una mayor cantidad de agua y los fondos son destinados a proteger los bosques y mejorar las condiciones hidrológicas de las cuencas. De manera paralela se llevan a cabo programas de captura de carbono, en donde los bosques constituyen un papel primordial para mitigar los efectos del cambio climático.

En México la primera iniciativa de pagos por servicios hidrológicos fue el “Fondo Semilla de Agua”, implementado a través de la ALFA. El área de interés de este proyecto lo constituyen las cuencas del Alto Grijalva, Sierra Madre y Costa de Chiapas, cubriendo más de 2 millones de hectáreas, en donde habitan aproximadamente 2.5 millones de personas. Actualmente se buscan mecanismos para su implementación en el Área Metropolitana de Monterrey.

Las poblaciones rurales localizadas en la Sierra Madre Oriental se encuentran altamente impactadas por la marginación, situación que se agrava por las intensas sequías de la región. Para abordar la problemática relacionada con el uso y manejo del agua, es necesario conocer las condiciones actuales de los ecosistemas en los ejidos y establecer una valoración de las áreas que son de importancia para la implementación de pago por servicios ambientales y el mejoramiento de las condiciones hidrológicas.

6.2 Metodología

Una parte esencial para la identificación de áreas para el pago por servicios ambientales es identificar los aspectos hidrológicos de las cuencas. Para la identificación de áreas para el pago por servicios hidrológicos se utilizaron herramientas de Sistemas de Información Geográficas mediante la interfase ArcGis 10.

El principal insumo para generar los modelos hidrológicos fueron imágenes Lidar de INEGI con resolución de 1 metro, para la obtención de Modelos Digitales de Elevación (MDE). También se utilizaron datos de las estaciones climáticas

provenientes del Servicio Meteorológico Nacional, para realizar un análisis detallado de la precipitación y temperatura en cada uno de los ejidos.

Se realizaron modelos hidrológicos para la delimitación de las microcuencas y la obtención de la red hidrológica detallada, para los ejidos San Antonio de la Osamenta, Galeana, Rayones, Tepozanes y El Refugio, mediante el software ArcHydro. Posteriormente se calcularon los parámetros morfométricos de las microcuencas y se realizó la descripción y el análisis de las condiciones hidrológicas de cada una de ellas.

6.3 Condiciones climáticas de los ejidos en la Sierra Madre Oriental

El conocimiento de las condiciones climáticas es importante para el desarrollo de proyectos de distintas disciplinas como la agronomía, climatología, biología y ecología, esenciales para la valoración de servicios ambientales hidrológicos. En México se tienen registros climáticos para más de 3,200 estaciones meteorológicas que se distribuyen en todo el país (García, 2004). Sin embargo existe una pérdida de calidad en la información debido a la falta de homogeneidad para el registro de la información y también a diferentes factores que se relacionan con la cobertura espacial de los datos, ya que la distribución de las estaciones meteorológicas obedece principalmente a criterios agrícolas. La porción de la Sierra Madre Oriental que corresponde al estado de Nuevo León no es la excepción.

Para conocer los aspectos climáticos de los ejidos se utilizaron las bases de datos de precipitación y temperatura mensuales de 15 estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) cercanas con registros mayores a 20 años. A partir del análisis de los datos se calcularon los tipos climáticos de acuerdo a García (2004) (Cuadro 6.1).

A partir de la información de las estaciones meteorológicas se elaboraron los climogramas de las estaciones representativas para cada ejido tomando como criterio la cercanía. Estas herramientas son de utilidad para comprender el comportamiento de la precipitación y la temperatura. De acuerdo a la información de las estaciones en los ejidos se presentan temperaturas ocasionales inferiores a las 0°C en los meses de diciembre, enero y febrero. Situación a tomar en cuenta para el establecimiento de cultivos y plantaciones que son sensibles a las heladas.

Para el ejido de San Antonio de la Osamenta se manejaron los datos de la estación Agua Blanca localizada en el Municipio de Santa Catarina que comenzó a registrar a partir de la década de 1970. En el ejido de Galeana se utilizó la estación que lleva el mismo nombre, creada desde el año de 1974 localizada en el Municipio de Galeana. En Rayones se utilizó la información de la estación Rayones que ha registrado información desde el año de 1958. Por último, para los ejidos de Tepozanes y El Refugio, se analizaron los datos de la estación

Zaragoza (DGE), dado que es la estación más cercana para ambos ejidos, ubicada en el municipio de General Zaragoza desde el año 1974 (Figura 6.1).

Cuadro 6.1. Estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis climático.

Estación	Altitud	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Clima
Galeana (DGE)	1644	361.8	18.2	BS1kx'(w)(e)
Galeana (SMN)	1,609	426.1	20.7	Bsohx'(w)(e)w"
Rayones	839	610.8	14.1	Bsohw(e)w"
Agua Blanca	2,171	729.7	17.0	Cb(w1)(e)w"
Zaragoza (DGE)	1,385	1082.4	15.1	Cb(wo)(e)w"
Dulces Nombres	1980	748.0	15.3	Cb(w2)(i)gw"
Ciénega de la Purísima	2420	426.0	12.4	Cb(x')(w1)(i)w"
Jame	2279	541.1	20.5	Cb(x')(wo)(e)
El Pajonal	1,453	677.5	18.8	BS1hw(e)
La Cruz	2,221	436.0	20.5	(A)Cb(x')(wo)(e)
Las Comitas	979	393.6	19.8	Bsohw(e)w"
La Huastequita	705	634.4	13.5	Bsohw(e)w"
Mimbres	2,331	546.6	14.7	Cb(x')(w1)(e)gw"
Ejido dieciocho de marzo	2,034	377.3	15.8	Cb(x')(wo)(e)w"
La Poza	1,743	361.8	18.2	BS1kx'(w)(e)

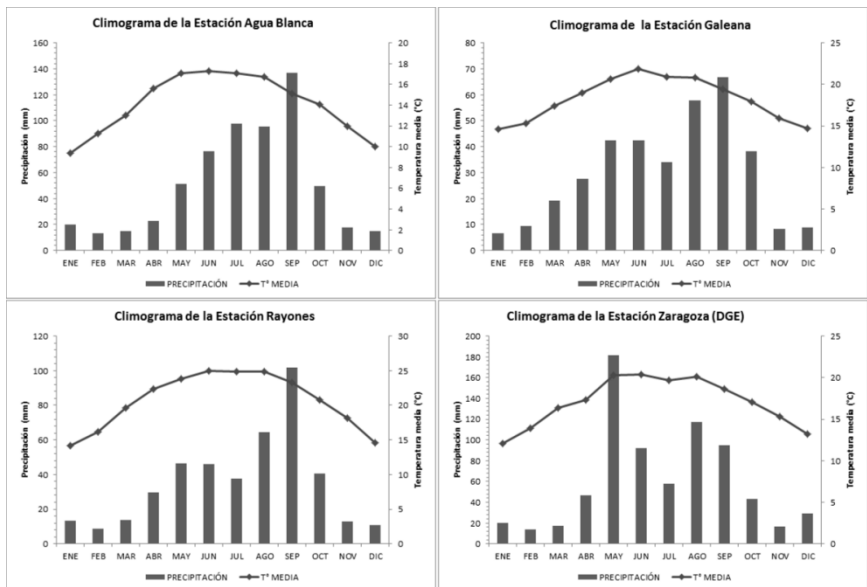


Figura 6.1. Climogramas representativos del comportamiento de la precipitación y temperatura en los ejidos

La obtención de información climática detallada es importante para tomar decisiones en el manejo del agua y determinar los cultivos idóneos de acuerdo a las características climatológicas de la región. Actualmente se han perfeccionado técnicas mediante el uso de los Sistemas de Información Geográficas que permiten la obtención de datos climáticos en áreas donde no existen estaciones meteorológicas (Leal- Nares *et al.*, 2010).

Utilizando estas herramientas, se obtuvo un dato más preciso de precipitación y temperatura para cada ejido a partir de la creación de modelos estadísticos, tomando en cuenta como referencia su correlación con la variabilidad altitudinal (Leal 2009). Para la obtención de los modelos se realizaron pruebas de correlación y regresión determinando la influencia de la altitud en la variabilidad climática. Para la precipitación acumulada se obtuvo una correlación $R^2 = 0.83$, lo que significa la altitud explica el 83% de la distribución de la precipitación, mientras que el 17% se debe a otros factores (Figura 6.2).

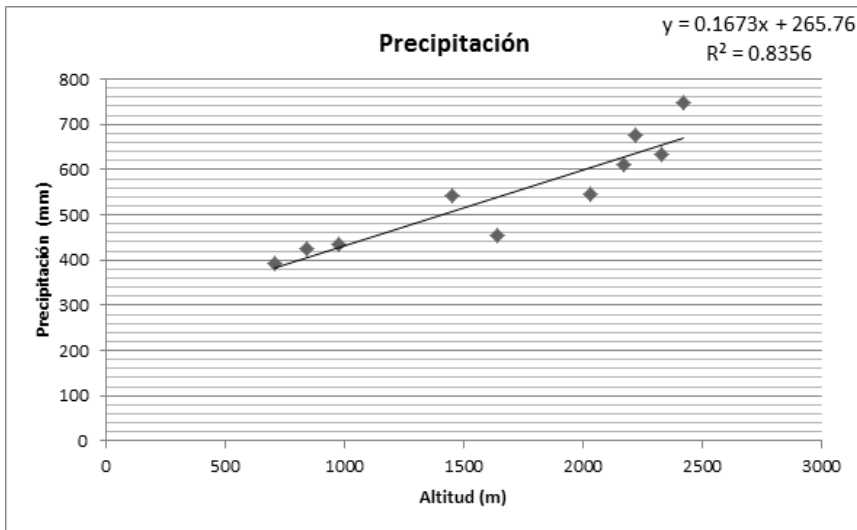


Figura 6.2. Análisis de correlación y regresión de la precipitación

Para la temperatura media anual se obtuvo una correlación de $R^2 = 0.80$, mientras que el 20% puede estar determinado por las condiciones microclimáticas (Figura 6.3).

Con los modelos se obtuvieron nuevos valores para precipitación y temperatura promedios en los ejidos (Cuadro 6.2). Esta información puede ser comparada con los datos de las estaciones meteorológicas, existiendo diferencias debido a las estaciones meteorológicas no se encuentran al interior de los ejidos. Por lo que el dato obtenido a partir de los modelos, puede ser considerado más preciso y representativo.

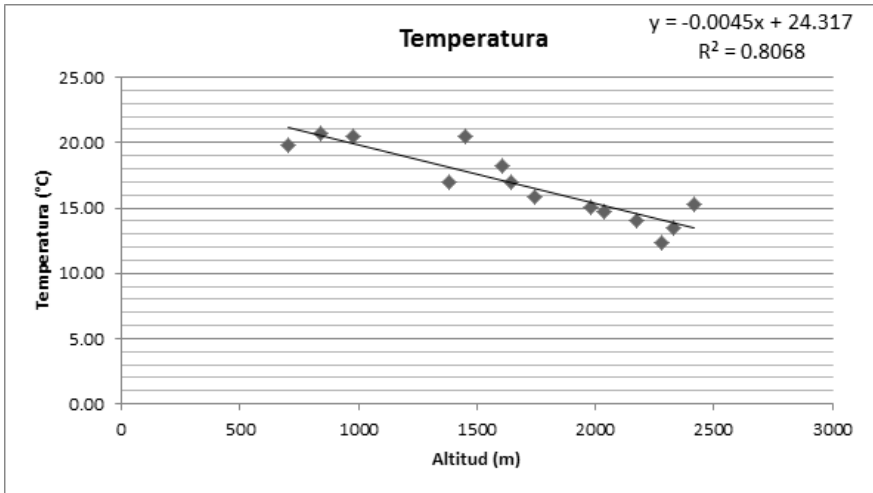


Figura 6.3. Análisis de correlación y regresión de la temperatura

Cuadro 6.2. Datos climáticos promedio de los ejidos obtenido a partir de modelación

Ejido	Altitud	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
San Antonio de la Osamenta	2388	665.3	13.5
Galeana	1773	562.4	16.3
Rayones	2777	474.5	18.7
Tepozanes	2483	681.2	13.1
El Refugio	2483	681.1	13.1

6.3 Caracterización hidrológica de los ejidos en la Sierra Madre Oriental

La unidad básica para la planeación y regulación de los recursos hídricos es la cuenca. Se le conoce como cuenca hidrográfica al terreno cuyas aguas escurren por un sistema de corrientes, actuando como un colector natural a través de la cual escurre el agua de la lluvia en forma de escurrimiento (FAO, 1996).

El comportamiento hídrico en las cuencas depende de diversos factores, como el relieve, la pendiente, el tipo de suelo, la geología y el uso del suelo, por lo que los ecosistemas juegan un papel importante en la cantidad y calidad del agua que produce cada cuenca. La caracterización morfométrica es una de las herramientas más utilizadas para conocer de manera cuantitativa el funcionamiento y la respuesta hidrológica de las cuencas. Los índices y parámetros utilizados se muestran en el cuadro 6.3.

Cuadro 6.3. Descripción de los parámetros morfométricos utilizados para la caracterización de las cuencas

Parámetro	Descripción
Área (A)	Corresponde al tamaño de la cuenca, considerando que a mayor tamaño aumenta su capacidad para coleccionar agua
Perímetro (P)	Es la distancia que corresponde a la delimitación del parteaguas de la cuenca
Desnivel altitudinal (Da)	Es el valor de la diferencia entre la altitud más alta y la más baja de la cuenca. Está relacionada con la variabilidad climática y ecológica
Pendiente media de la cuenca (J)	Es un índice de la velocidad media de los escurrimientos y de su poder de arrastre o erosivo.
Longitud del cauce principal (Lb)	Es la distancia que recorre el río desde el punto más lejano en la parte alta de la cuenca hasta su desagüe
Pendiente del cauce principal (j)	Es la relación que existe entre el desnivel altitudinal del cauce y su longitud.
Longitud total de cauces (Lc)	
Densidad de drenaje (Dd)	La longitud total de los cauces por unidad de área
Número de escurrimientos (Nu)	Total de cauces en cada microcuenca
Orden de corriente (Or)	Este índice considera la agregación de las corrientes, a partir del cual se conoce la estructura de la red de drenaje
Factor de forma (Kf)	Es la relación que existe entre el área de la cuenca y su longitud máxima
Relación de elongación (E)	Se refiere a la relación que existe entre el diámetro de un círculo de igual área que la cuenca y la máxima longitud de la cuenca
Índice de alargamiento (Ia)	Relaciona la longitud máxima de la cuenca y su ancho máximo
Coefficiente de compacidad (Kc)	Es la comparación de la forma de la cuenca con una circunferencia
Coefficiente de masividad (Km)	Representa la relación entre la elevación media de la cuenca y su superficie
Tiempo de concentración (Tc)	Es el tiempo que tarda en viajar una partícula de agua desde el punto más alejado de la cuenca hasta su punto de desagüe

Debido a que no existe una nomenclatura oficial para las subcuencas en los ejidos, se designaron nombres utilizando como referencia los rasgos hidrológicos y topográficos. Cabe mencionar, que debido a que las cuencas están delimitadas naturalmente por las elevaciones y depresiones del terreno no corresponden a la delimitación oficial de los ejidos ya que estos últimos son de carácter administrativo. Por esta razón, el análisis abarcó un área más extensa de la que comprenden los ejidos, situación que remarca la importancia de un manejo integral de los recursos de manera conjunta con las comunidades y ejido aledaños.

6.3.1 Caracterización hidrológica del Ejido San Antonio de la Osamenta

En el ejido de San Antonio de la Osamenta se delimitaron cuatro subcuencas de acuerdo a las características físicas del terreno. Sin embargo, la descripción hidrológica y morfométrica corresponden únicamente a las subcuencas El Caballo y El Monal, ya que de acuerdo al área que abarcan en el ejido son las más importantes (Figura 6.4).

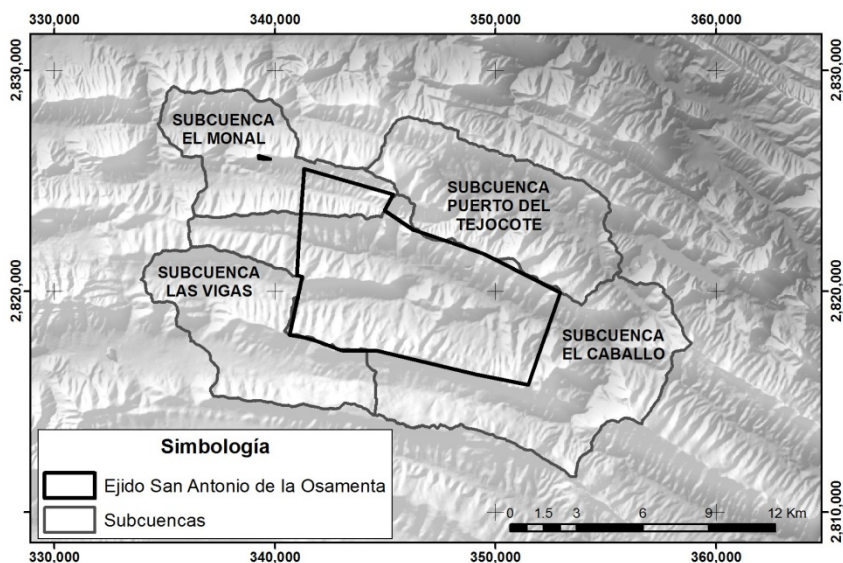


Figura 6.4. Subcuencas delimitadas para el ejido San Antonio de la Osamenta

Los índices y parámetros morfométricos para realizar la descripción y el análisis de cada una de las subcuencas se realizó con base en el trabajo de Fuentes (2004) (Cuadro 6.4).

Cuadro 6.4. Valores de los parámetros morfométricos empleados para el análisis hidrológico del ejido San Antonio de la Osamenta

Subcuenca	A	P	Da	J	Lb	j	Lc	Dd	Nu	Or	Kf	E	la	Kc	Km	Tc
El Caballo	135.7	87.3	2384	30.7	29.9	0.04	425.3	3.13	910	5	0.15	0.93	3.73	2.10	17.6	224
El Monal	36.6	40.6	2367	27.6	15.0	0.08	121.7	3.33	237	4	0.16	0.86	2.79	1.88	64.7	60

A: Área (km²), P: Perímetro (km²), Da: Desnivel altitudinal (msnm), J: Pendiente media de la cuenca (Grados), Lb: Longitud del cauce principal (km²), j: Pendiente del cauce principal (Grados), Lc: Longitud total de cauces (km²), Dd: Densidad de drenaje, Nu: Número de escurrimientos, Or: Orden de corriente, Kf: Factor de forma, E: Relación de elongación, la: Índice de alargamiento, Kc: Coeficiente de compacidad, Km: Coeficiente de masividad, Tc: Tiempo de concentración (minutos).

La subcuenca El Caballo es la que abarca casi en su totalidad al ejido de San Antonio de la Osamenta. Es una cuenca grande que posee un desnivel altitudinal alto, por lo que existen las condiciones ambientales para encontrar diferentes características climáticas y ecológicas, su Coeficiente de Masividad indica que se encuentra en un paisaje montañoso con una pendiente promedio de 30.7°; posee un número de escurrimientos alto, por lo que el movimiento del agua a través del terreno favorece los procesos de erosión del suelo, principalmente en áreas desprovistas de vegetación. Su cauce principal es largo y tiene una pendiente suave, lo que favorece un tiempo de concentración lento del agua (224 minutos), beneficiando los procesos de captación y retención del agua (Figura 6.5). Debido a sus características, la conservación de sus recursos forestales y la restauración del suelo son fundamentales para mantenerla en buenas

condiciones hidrológicas, favoreciendo la infiltración para la recarga de mantos acuíferos.

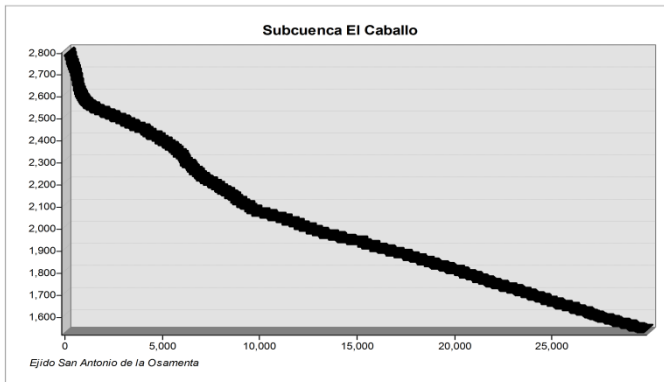


Figura 6.5. Perfil del río principal de la subcuenca El Caballo, ejido de San Antonio de la Osamenta

El Monal abarca una parte de la porción Oriente del ejido San Antonio de la Osamenta, es una subcuenca pequeña, con un desnivel altitudinal alto, favoreciendo las condiciones ambientales para una alta diversidad biológica. De acuerdo al Coeficiente de Masividad es considerada una subcuenca montañosa, con una pendiente media de 27.6°. El número de cauces que existen en la subcuenca y la pendiente de su cauce principal son moderados, por lo que el agua se distribuye de manera eficiente a través de sus afluentes en los eventos de precipitación con un tiempo de concentración de 60 minutos (Figura 6.6).

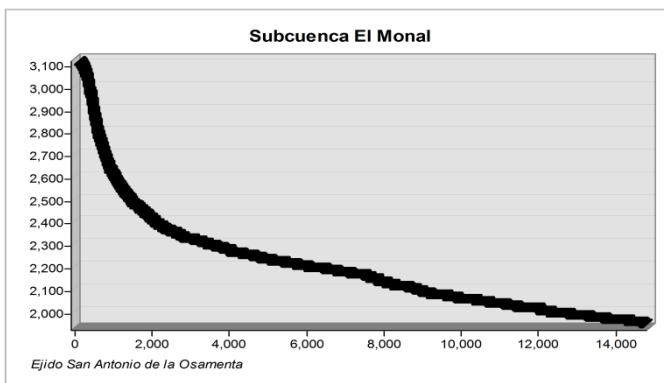


Figura 6.6. Perfil del río principal de la subcuenca El Monal, ejido de San Antonio de la Osamenta

Debido a que el agua se mueve con rapidez en esta subcuenca es necesario implementar mecanismos que impidan el arrastre de suelo y sedimentación de

los ríos, ya que a la salida de la cuenca disminuye la pendiente y se pueden favorecer la deposición de sedimentos.

6.3.2 Caracterización hidrológica del Ejido Tepozanes

El ejido Tepozanes se compone de tres subcuencas, sin embargo se mencionan en la descripción únicamente las subcuencas de Arroyo Colorado y El Tajo, debido a que son las que cubren en su mayoría el área de interés (Figura 6.7).

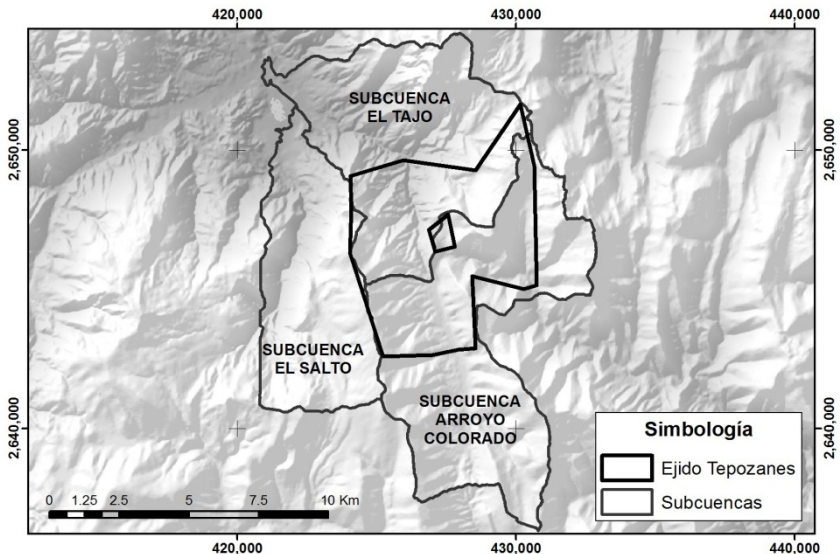


Figura 6.7. Subcuencas delimitadas para el ejido Tepozanes

Los parámetros morfométricos obtenidos a partir del modelamiento hidrológico de las subcuencas son descritos en el cuadro 6.5.

Cuadro 6.5. Valores de los parámetros morfométricos empleados para el análisis hidrológico del ejido Tepozanes

Subcuenca	A	P	Da	J	Lb	j	Lc	Dd	Nu	Or	Kf	E	Ia	Kc	Km	Tc
Arroyo Colorado	56.7	60.8	1028	24.3	17.5	0.04	90.04	1.61	113	4	0.18	1.10	2.2	2.27	46.8	111.2
El Tajo	48.0	47.8	2170	27.8	17.8	0.12	120.7	1.61	144	5	0.22	1.03	2.41	1.93	46.6	55

A: Área (km²), P: Perímetro (km²), Da: Desnivel altitudinal (msnm), J: Pendiente media de la cuenca (Grados), Lb: Longitud del cauce principal (km²), j: Pendiente del cauce principal (Grados), Lc: Longitud total de cauces (km²), Dd: Densidad de drenaje, Nu: Número de escurrimientos, Or: Orden de corriente, Kf: Factor de forma, E: Relación de elongación, Ia: Índice de alargamiento, Kc: Coeficiente de compacidad, Km: Coeficiente de masividad, Tc: Tiempo de concentración (minutos).

Ambas subcuencas tienen influencia hidrológica en el ejido Tepozanes, por lo que el manejo forestal en el ejido es importante para el mantenimiento de los recursos hidrológicos. El Tajo es una subcuenca de área pequeña y

moderadamente alargada, con un Coeficiente de Masividad que corresponde a un paisaje montañoso y una pendiente promedio de 27.8° , tiene un intervalo de altitud alto que favorece la variabilidad climática y la presencia de alta diversidad biológica.

La presencia de escurrimientos en la subcuenca El Tajo es baja y la densidad de drenaje es moderada, lo que contrasta con un cauce principal largo con una pendiente fuerte, originando periodos de concentración de aproximadamente 55 minutos. Esta situación ocasiona que el agua se mueva rápidamente por la cuenca, por lo que es importante mantener la cobertura vegetal para retardar el movimiento del agua en la cuenca y favorecer la captación para la recarga de acuíferos y (Figura 6.8).

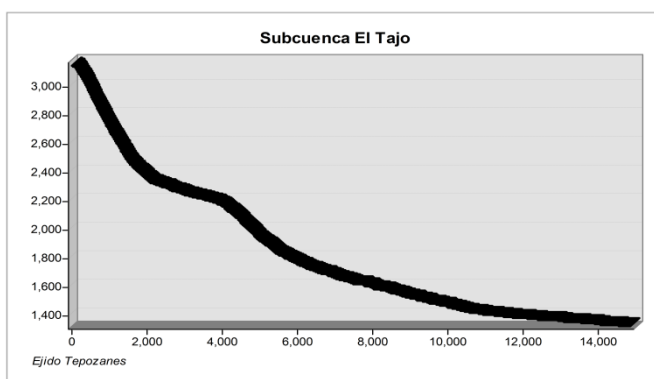


Figura 6.8. Perfil del río principal de la subcuenca El Tajo, ejido Tepozanes

La subcuenca Arroyo Colorado es la que mayor cobertura tiene en Tepozanes y se encuentra representada también el ejido El Refugio. Es una cuenca pequeña con una diferencia altitudinal baja y un Coeficiente de Masividad que es indicativo de un paisaje montañoso, con una pendiente promedio de 27.8° , lo que origina procesos de pérdida de suelo en presencia de periodos de lluvia.

La cantidad de escurrimientos es bajo y un cauce principal largo con pendiente suave que favorece un tiempo de concentración de 111 minutos (Figura 6.9). Esto es indicativo de una cuenca con potencial para la recarga de acuíferos en la que existe viabilidad para la construcción de infraestructura para el almacenamiento de agua, contrarrestando los efectos de las bajas precipitaciones en la región. Es importante señalar que es importante efectuar acciones de conservación de los bosques y llevar a cabo acciones de restauración de suelos para aumentar la capacidad de infiltración de agua en la cuenca para la recarga de mantos acuíferos.

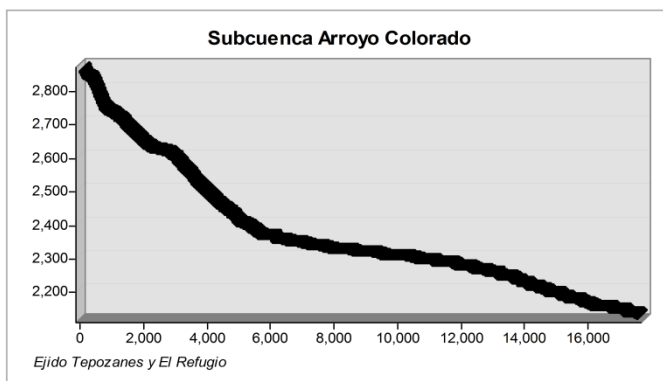


Figura 6.9. Perfil del río principal de la subcuenca Arroyo Colorado, ejido Tepozanes y El Refugio

6.3.3 Caracterización hidrológica del Ejido El Refugio

El ejido El Refugio está conformado por seis subcuencas, sin embargo se describen únicamente cuatro con base en el área que abarcan dentro del ejido: Arroyo Colorado, La Palma, La Guitarra y Alamar (Figura 6.10).

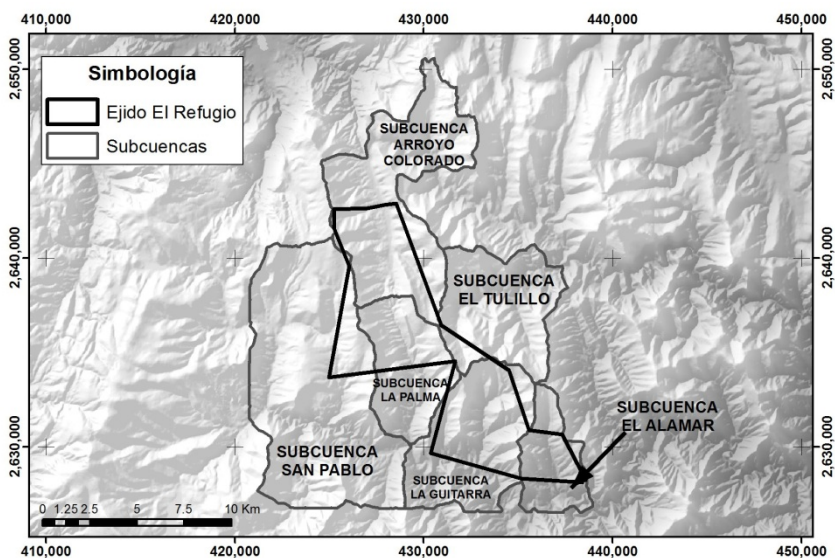


Figura 6.10. Subcuencas delimitadas para el ejido El Refugio

Los parámetros morfométricos de las subcuencas en el ejido El Refugio son descritos en el cuadro 6.6.

Cuadro 6.6. Valores de los parámetros morfométricos empleados para el análisis hidrológico del ejido El Refugio

Subcuenca	A	P	Da	J	Lb	j	Lc	Dd	Nu	Or	Kf	E	la	Kc	Km	Tc
Arroyo Colorado	56.7	60.8	1028	24.3	17.5	0.04	90.04	1.61	113	4	0.18	1.10	2.2	2.27	46.8	111.2
La Palma	26.6	29	1226	28.2	11.1	0.11	43.9	1.65	62	4	0.22	0.83	2.7	1.58	94.1	37.6
La Guitarra	39.6	72.2	1416	31.1	16.3	0.05	88.8	1.51	144	5	0.15	1.40	2.1	3.21	54.9	83.2
Alamar	17	25.2	1443	30.5	11.3	0.13	40.8	2.4	73	5	0.13	0.71	3.6	1.72	117	28.3

A: Área (km²), P: Perímetro (km²), Da: Desnivel altitudinal (msnm), J: Pendiente media de la cuenca (Grados), Lb: Longitud del cauce principal (km²), j: Pendiente del cauce principal (Grados), Lc: Longitud total de cauces (km²), Dd: Densidad de drenaje, Nu: Número de escurrimientos, Or: Orden de corriente, Kf: Factor de forma, E: Relación de elongación, la: Índice de alargamiento, Kc: Coeficiente de compacidad, Km: Coeficiente de masividad, Tc: Tiempo de concentración (minutos).

El ejido El Refugio colinda al norte con Tepozanes, compartiendo la subcuenca Arroyo Colorado. Debido a esta situación las acciones de manejo y conservación que se realizan en la parte alta de la subcuenca por parte de los pobladores de El Refugio es importante, ya que estas impactan directamente en la parte media y baja que corresponde al Ejido de Tepozanes. Incidiendo directamente en el tiempo de concentración del río principal y por tanto en la capacidad de infiltración de la subcuenca (Figura 6.9).

La subcuenca La Palma es una cuenca muy pequeña, moderadamente montañosa y con un intervalo de altitud mediano. Debido a sus características presenta recorridos cortos lo que genera una densidad de drenaje poco desarrollada. Su río principal es mediano con una pendiente moderada y con un tiempo de concentración de 37 minutos por lo tanto con escasas oportunidades para la recarga de agua (Figura 6.11).

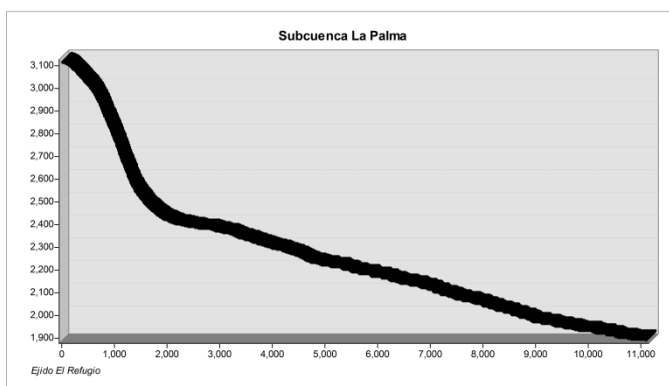


Figura 6.11. Perfil del río principal de la subcuenca La Palma, ejido El Refugio

La Guitarra es una subcuenca pequeña moderadamente alargada localizada al sur del ejido, con un Coeficiente de Masividad que corresponde a un paisaje montañoso, con un intervalo de altitud mediano (cuadro 6). Mantiene un drenaje

bien estructurado pero con un número bajo de escurrimientos, su río principal es mediano con una pendiente suave lo que favorece un tiempo de concentración moderado de 83 minutos. En esta subcuenca es necesario controlar la remoción de la cobertura vegetal, pues esto ocasiona que disminuya la captación del agua para la recarga de acuíferos e incide directamente en el flujo y la velocidad del agua elevando el nivel de los ríos después de una tormenta, ocasionando riesgos de inundación y deslizamientos. (Figura 6.12).

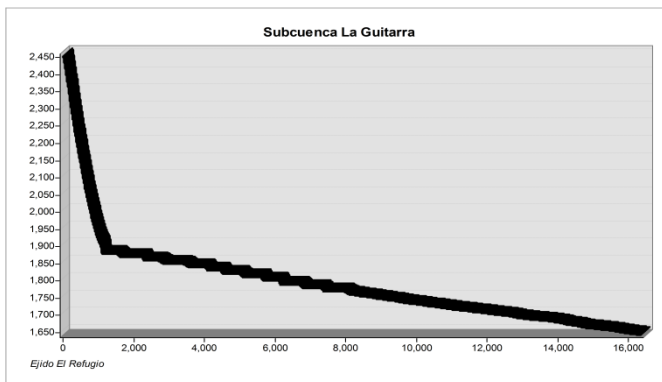


Figura 6.12. Perfil del río principal de la subcuenca La Guitarra, ejido El Refugio

La subcuenca de Alamar se le localiza en el sur del ejido, es una cuenca muy pequeña, con una pendiente promedio pronunciada de 30°, y es considerada moderadamente montañosa de acuerdo al Coeficiente de Masividad (Km), tiene un intervalo de altitud mediano que favorece el desarrollo de diferentes hábitats para la flora y fauna (Cuadro 6). Su río principal es mediano y posee una pendiente fuerte, lo que ocasiona tiempos de concentración cortos de 28 minutos, con una red de drenaje bien estructurada. Debido a las condiciones de esta subcuenca, el agua escurre rápidamente por lo que su capacidad erosiva es mayor. Debido a esto se considera una cuenca con poca capacidad de captación de agua, sin embargo es muy importante mantener las características del suelo y vegetación para evitar el arrastre de sedimentos y la deposición de los mismos en zonas con potencial de inundación (Figura 6.13).

6.3.4 Caracterización hidrológica del Ejido Galeana

El ejido Galeana está compuesto por seis subcuencas de acuerdo a sus características físicas, sin embargo la mayor parte del área está representada únicamente por Las Vacas y La Boquilla (Figura 6.14).

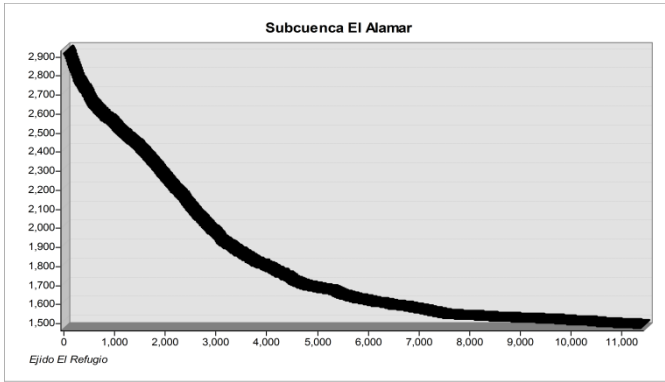


Figura 6.13. Perfil del río principal de la subcuenca El Alamar, ejido El Refugio

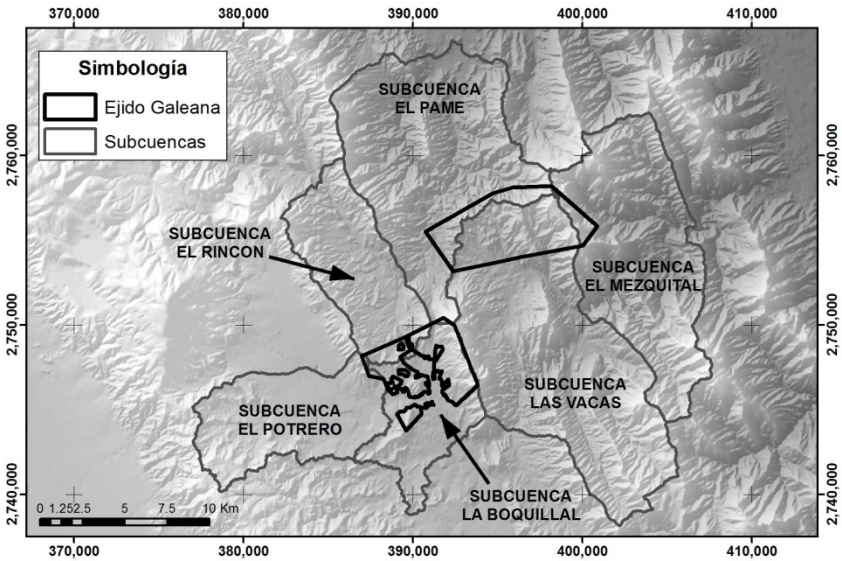


Figura 6.14. Subcuencas delimitadas para el ejido Galeana

Los parámetros morfométricos para las subcuencas del ejido Galeana son descritos en el cuadro 6.7.

La subcuenca Las Vacas es la que mayor área tiene dentro del ejido. Es una cuenca grande con un paisaje muy montañoso de acuerdo al Coeficiente de Masividad, presenta un desnivel altitudinal mediano, por lo que la variación climática no constituye un factor importante. Posee un río principal largo de pendiente moderada, con una red de drenaje bien estructurada con un tiempo de concentración de 139 minutos, debido a esto tiende a concentrar grandes volúmenes de agua en eventos extraordinarios.

Cuadro 6.7. Valores de los parámetros morfométricos empleados para el análisis hidrológico del ejido Galeana

Subcuenca	A	P	Da	J	Lb	j	Lc	Dd	Nu	Or	Kf	E	Ia	Kc	Km	Tc
Las Vacas	139	79.6	1266	28.9	18.4	0.06	443.2	3.1	716	7	0.4	1.37	2.04	1.8	12.2	139.8
La Boquilla	42.2	51.6	1129	17.8	10.1	0.11	128.6	3.04	219	6	0.4	1.61	1.17	2.2	41.8	44.8

A: Área (km²), P: Perímetro (km²), Da: Desnivel altitudinal (msnm), J: Pendiente media de la cuenca (Grados), Lb: Longitud del cauce principal (km²), j: Pendiente del cauce principal (Grados), Lc: Longitud total de cauces (km²), Dd: Densidad de drenaje, Nu: Número de escurrimientos, Or: Orden de corriente, Kf: Factor de forma, E: Relación de elongación, Ia: Índice de alargamiento, Kc: Coeficiente de compacidad, Km: Coeficiente de masividad, Tc: Tiempo de concentración (minutos).

El cauce principal no está dentro del ejido Galeana, sin embargo el manejo forestal impacta en la cantidad y calidad del agua de los escurrimientos y en el tiempo de concentración del río principal, debido a que el ejido se encuentra en la parte alta de la subcuenca (Figura 6.15).

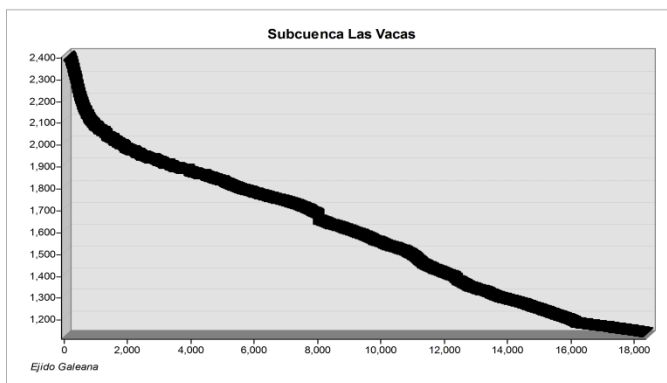


Figura 6.15. Perfil del río principal de la subcuenca Las Vacas, ejido Galeana

La Boquilla, es considerada un a subcuenca pequeña, poco alargada con una red de drenaje en forma de abanico con un desnivel altitudinal bajo (Cuadro 6.7). Posee un río principal corto de pendiente moderada con un tiempo de concentración de 44 minutos, lo que indica que el agua se mueve rápidamente por una red de drenaje bien estructurada (Figura 6.16). Debido a las características físicas de La Boquilla se puede decir que tiene poca capacidad de captar agua, por lo que es importante realizar infraestructura adecuada para su almacenamiento. Por lo cual, es necesario realizar acciones de manejo y conservación del suelo y su cobertura vegetal ya que el aumento en el escurrimiento pluvial y la disminución de la captación de agua ocasiona una menor disponibilidad de agua durante épocas de sequía.

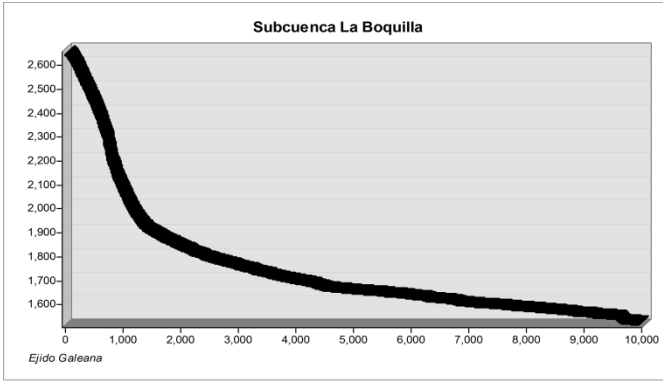


Figura 6.16. Perfil del río principal de la subcuenca La Boquilla, ejido Galeana

6.3.5 Caracterización hidrológica del Ejido Rayones

El ejido Rayones está conformado por cuatro subcuencas, sin embargo la mayor parte del ejido está comprendido por el Pame y El Laurel (Figura 6.17). En el cuadro 6.8 se muestran los parámetros morfométricos para la descripción de las subcuencas del ejido.

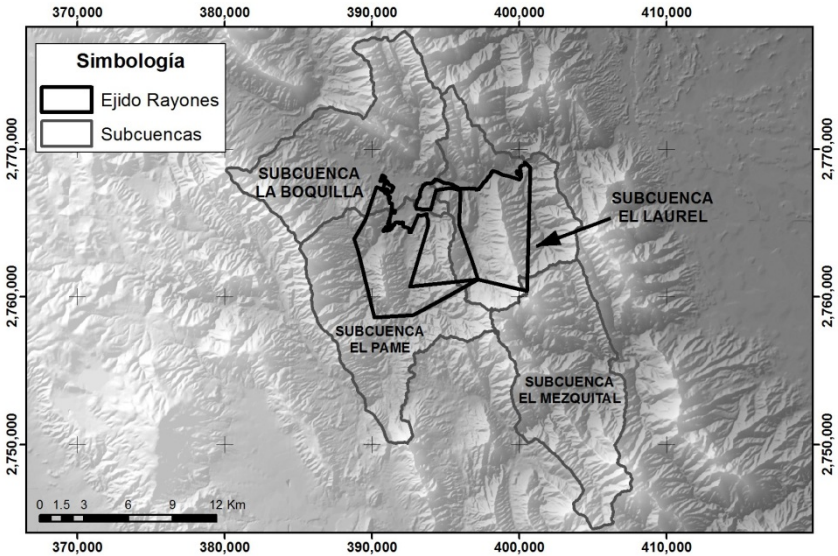


Figura 6.17. Subcuencas delimitadas para el ejido Rayones

El Pame es una subcuenca de dimensiones grandes, que de acuerdo con el Coeficiente de Masividad se encuentra en un paisaje muy montañoso con

pendiente promedio de 31° y con un desnivel altitudinal mediano, lo que favorece a los procesos de erosión del suelo (Cuadro 6.8). Posee una red de drenaje bien estructurada y un cauce principal largo con una pendiente promedio moderada, lo que establece un tiempo de concentración de 155 minutos (Figura 6.18).

Cuadro 6.8. Valores de los parámetros morfométricos empleados para el análisis hidrológico del ejido Rayones

Subcuenca	A	P	Da	J	Lb	j	Lc	Dd	Nu	Or	Kf	E	la	Kc	Km	Tc
El Pame	113	74.3	1797	31.3	27	0.06	383.1	3.38	611	6	0.15	0.8	2.2	1.9	12.9	155
El Laurel	83.3	65.4	1708	32.4	16.6	0.1	263.5	3.16	502	7	0.29	1.24	1.9	2	15.8	83.9

A: Área (km²), **P:** Perímetro (km²), **Da:** Desnivel altitudinal (msnm), **J:** Pendiente media de la cuenca (Grados), **Lb:** Longitud del cauce principal (km²), **j:** Pendiente del cauce principal (Grados), **Lc:** Longitud total de cauces (km²), **Dd:** Densidad de drenaje, **Nu:** Número de escurrimientos, **Or:** Orden de corriente, **Kf:** Factor de forma, **E:** Relación de elongación, **la:** Índice de alargamiento, **Kc:** Coeficiente de compacidad, **Km:** Coeficiente de masividad, **Tc:** Tiempo de concentración (minutos).

Esta cuenca tiene un alto potencial para la captación de agua debido a sus características físicas, por lo que es importante conservar las condiciones de la cobertura vegetal y las propiedades del suelo y de esta manera favorecer la infiltración y la recarga de acuíferos.

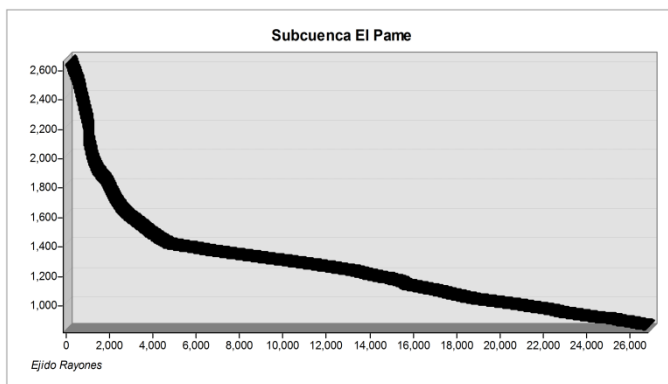


Figura 6.18. Perfil del río principal de la subcuenca El Pame, ejido Rayones

El Laurel tiene condiciones muy similares a El Pame, ya que es una cuenca grande en un ambiente muy montañoso y con una pendiente promedio de 32° (Cuadro 6.8). Tiene una red de drenaje bien desarrollada, con un número alto de escurrimientos y un cauce principal largo con una pendiente promedio moderada (Figura 6.19). La Subcuenca El Laurel presenta un tiempo de concentración de 83 minutos, por lo que tiene una alta capacidad de almacenamiento de agua, que está bien distribuida debido a su densidad de drenaje. No obstante es importante mantener un buen manejo de la cobertura vegetal, debido a las pronunciadas pendientes que se presentan en la cuenca, por lo que el riesgo de erosión es alto ocasionando una disminución en la captación de agua para los acuíferos.

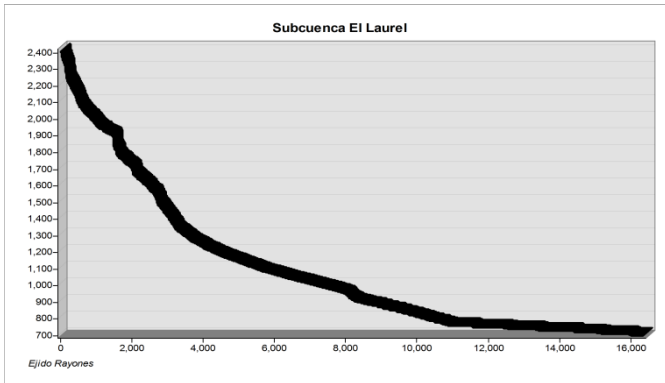


Figura 6.19. Perfil del río principal de la subcuenca El Laurel, ejido Rayones

6.4 Importancia del mantenimiento de las condiciones hidrológicas

Los ejidos presentan condiciones hidrológicas muy similares en la mayoría de sus cuencas, pues se presentan en paisajes montañosos con pendientes medias a pronunciadas; esto presenta varias implicaciones en el manejo de los recursos naturales. Pues las variaciones climáticas proveen las condiciones ideales para el desarrollo de distintas comunidades vegetales, favoreciendo la presencia de una gran biodiversidad en la región.

Esto a su vez, requiere de un manejo adecuado que promueva la conservación y el uso sostenible de los bosques ayudando a conservar las propiedades del suelo y las condiciones hidrológicas para la captación de agua y recarga de acuíferos y también garantizando agua en cantidad y calidad para los ejidos y las poblaciones urbanas, tomando en cuenta los servicios ecológicos que ofrecen estos ecosistemas.

Es necesario resaltar que la remoción de la cubierta vegetal en la parte alta de las cuencas interrumpe la captación del agua, disminuye la retención del suelo afectando la recarga de acuíferos y afectando directamente los ciclos de inundaciones y sequías (Fitzpatrick y Knox, 2000).

Es importante involucrar a las poblaciones y manejadores de los recursos para el establecimiento de zonas para conservación y restauración de ecosistemas a través de esquemas de ordenamiento territorial participativos para generar programas de pago por servicios ambientales hidrológicos garantizando el funcionamiento hidrológico adecuado de las cuencas.

6.5 Referencias bibliográficas

- FAO.** 1996. Planificación y ordenación de cuencas hidrográficas con ayuda de computadora. Tecnología para la planificación nacional. Guía FAO Conservación 28/1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. Roma, Italia. 94 p.
- Fitzpatrick, F.A. and Knox, J.C.** 2000. Spatial and temporal sensitivity of hydrogeomorphic response and recovery to deforestation, agriculture, and floods: *Physical Geography* 21(2):89-108.
- Fuentes, J.J.** 2004. Análisis morfométrico de cuencas: Caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancitaro. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. 47 p.
- García, E.** 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Libros. Num. 6. 90 p.
- García, I., Martínez A., Ramírez A., Niño A., Rivas A. y Domínguez L.** 2004. La relación agua-bosque: delimitación de zonas prioritarias para pago de servicios ambientales Hidrológicos en la cuenca del río Gavilanes, Coatepec, Veracruz. En: Cotler, H. (comp.). El manejo integral de cuencas en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México. pp: 99-116.
- Leal-Nares, O., Mendoza M. y Carranza E.** 2010. Análisis y modelamiento espacial de información climática en la cuenca de Cuitzeo, México. *Investigaciones Geográficas*. Universidad Nacional Autónoma de México. 72: 49-67. ISSN 0188-4611.
- Leal-Nares, O.** 2009. Aspectos ecológicos y patrones de distribución de *Pinusmartinezii* Larsen en la cuenca del lago de Cuitzeo, México: Un modelo de distribución potencial aplicado a la conservación. Tesis de maestría. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 185 pp.
- Maderey, L. y Carrillo J.** 2005. El Recurso Agua en México: Un Análisis Geográfico. Temas Selectos de Geografía de México, Textos Monográficos: Naturaleza. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Maderey, L. y J. Carrillo.** 2005. El Recurso agua en México: Un Análisis Geográfico. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 128 pp.
- Manson, R.** 2004. Los Servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México. *Madera y Bosques*. Instituto de Ecología A.C. 10 (1): 3- 20.
- Monterroso-Rivas, A., Gómez-Díaz J. y Tinoco-Rueda J..** 2009. Servicios ambientales hidrológicos bajo escenarios de cambio climático en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo. *Madera y Bosques*. Instituto de Ecología A.C. 15 (2): 5-26.
- Myers, N.** 1997. The world's forests and their ecosystem services. En: G Daily, ed. *Natures Services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press. Washington, D.C. pp 215-235.
- Silva-Flores, R., Pérez-Verdín G., y Navar-Chaidez J.** 2010. Valoración económica de los servicios ambientales hidrológicos en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. *Madera y Bosques*. Instituto de Ecología A.C. 16(1):31-49.

7. Acrónimos y unidades de medición

°C Grados centígrados (Temperatura)

ALFA Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua

CH₄ Metano

CMNUCC Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático

CO₂ Dióxido de carbono

COINBIO Programa de Conservación Comunitaria de la Biodiversidad

CONABIO Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

CONAFOR Comisión Nacional Forestal

CONAGUA Comisión Nacional del Agua

CONANP Comisión Nacional de Áreas Protegidas

ENAREDD+ Estrategia Nacional para REDD+ (México)

FMCN Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A. C.

GEI Gases de efecto invernadero

GtCGiga tonelada de carbono ó mil millones de toneladas de carbono (sistema métrico)

Ha Hectárea (Sistema métrico)

INE Instituto Nacional de Ecología

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía

km² Kilómetro cuadrado (Sistema métrico)

mm Milímetros (Sistema métrico)

MtC Mega tonelada de carbono ó millón de toneladas de carbono (sistema métrico)

PACC Programa de Atención a Contingencias Climatológicas

PgCPetagramo de carbono ó millón de toneladas de carbono (sistema métrico)

PROCAMPO Programa de Apoyos Directos al Campo

PROCODES Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible

PROCOREF Programa de Reforestación y Restauración

PROCYMAF Programa de Desarrollo Forestal Comunitario

PRODEFOR Programa de Desarrollo Forestal

PRODEPLAN Programa de Plantaciones forestales

PRODESNOS Proyecto de Desarrollo Sustentable para las Comunidades rurales e Indígenas del Noroeste Semiárido

PROFEPA Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

PROGAN, Programa Ganadero

PSA Pago por servicios ambientales

REDD+ Reducción de Emisiones provenientes de la Deforestación y la Degradación de los Bosques en países en desarrollo + conservación, manejo sustentable de los bosques y aumento de las reservas forestales de carbono

REMIB Red Mundial de Información sobre Biodiversidad

SAGARPA Secretaría de agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SEMARNAP Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca

SEMARNAT Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SMN Servicio Meteorológico Nacional

SNIDRUS Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable

SUMA Sistema de unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre

tB·ha⁻¹ Toneladas de biomasa por hectárea (sistema métrico)

tC ha⁻¹ Toneladas de carbono por hectárea (sistema métrico)

USAID Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional