



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
INSTITUTO DE CIENCIAS**

POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

"La tierra no es de nosotros, nosotros somos de la tierra"



**ESTRATEGIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD
BIOLÓGICA EN LA SUBCUENCA ATOYAC- TEHUITZINGO.**

TESIS

Que para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES

Presenta

GONZALO YANES GÓMEZ

ASESOR DE TESIS:

DRA. ROSALÍA DEL CARMEN CASTELAN VEGA

Noviembre 2018



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
INSTITUTO DE CIENCIAS



POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

"La tierra no es de nosotros, nosotros somos de la tierra"

**ESTRATEGIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD
BIOLÓGICA EN LA SUBCUENCA ATOYAC- TEHUITZINGO.**

TESIS

Que para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES

Presenta

GONZALO YANES GÓMEZ

Comité tutorial:

Asesor	Dra. Rosalía del Carmen Castelán Vega
Integrante Comité Tutorial	Dr. José Víctor Rosendo Tamariz Flores
Integrante Comité Tutorial	Dra. Sonia Emilia Silva Gómez
Integrante Comité Tutorial	Dr. Benjamín Ortiz Espejel

Noviembre 2018

Agradecimientos

A todas las personas e instituciones que participaron en el desarrollo de este trabajo, y contribuyeron a su buen término.

Dedicatoria

A mi familia y a mis amigo(a)s.

*“Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla,
mientras el género humano no escucha”*

Víctor Hugo

Contenido

1	Introducción	13
1.1	Planteamiento del Problema	14
1.2	Justificación	15
1.3	Antecedentes.....	18
1.3.1	Biodiversidad y Conservación en Puebla.....	18
1.3.2	Biodiversidad de la Mixteca Poblana.....	20
1.3.3	Estudios de Manejo Integral de Cuencas en México.....	21
1.3.4	Cambios de la Vegetación y Ecología del Paisaje	22
2	Marco Teórico.....	23
2.1	Biodiversidad y conservación	23
2.2	Manejo Integral de Cuencas.....	24
2.3	Ecología del Paisaje	25
3	Objetivos e Hipótesis.....	30
3.1	Objetivo General	30
3.2	Objetivos Particulares.....	30
3.3	Formulación de Hipótesis	30
4	Metodología	31
4.1	Caracterización del área de estudio	31
4.1.1	Ubicación y División política.....	31
4.1.2	Topografía, Fisiografía y Geología	32
4.1.3	Edafología.....	32
4.1.4	Hidrología.....	32
4.1.5	Climatología.....	32
4.1.6	Provincias biogeográficas	32

4.1.7	Uso de suelo y vegetación (USUEV).....	33
4.2	Diagnóstico del estado de la cobertura vegetal	33
4.2.1	Cambio de Uso de Suelo (CUS).....	33
4.2.1.2	Importancia de los procesos de CUS para la conservación.	37
4.2.2	Fragmentación de la Vegetación	39
4.3	Estrategia de Conservación: primera parte.....	40
4.4	Evaluación de la biodiversidad en subcuenca y en la PC.....	40
4.4.1	Biodiversidad en la bibliografía.	40
4.4.2	Coleopterofauna indicadora de diversidad: análisis de la biodiversidad en el campo.....	41
4.4	Estrategia de conservación: segunda parte.....	42
5	Resultados	43
5.1	Caracterización del Área de Estudio	43
5.1.1	Ubicación y división política.	43
5.1.2	Topografía, fisiografía y geología.....	45
5.1.3	Edafología.....	50
5.1.4	Hidrología.....	53
5.1.5	Climatología.....	56
5.1.6	Biogeografía.	57
5.1.7	Uso Del Suelo y Vegetación (USUEV).....	58
5.2.1	Cambio de uso de suelo (CUS).	61
5.2.1.1	Dominancia de los procesos de CUS	68
5.2.1.2	Importancia de los procesos de CUS para la conservación	69
5.2.2	Fragmentación de la vegetación	71
5.2.2.1	Índices por clase o USUEV.	72
5.3	Estrategia de conservación: primera parte.	79
5.3.1	Caracterización ambiental del área de la Propuesta de Conservación (PC).	81

5.4 Evaluación de la biodiversidad en la subcuenca y en la Propuesta de Conservación.	84
5.4.1 Listado y distribución de flora.	84
5.4.2 Listado y distribución de la fauna.....	85
5.4.3 Estado de conservación y endemismo.	90
5.4.4. Coleópteros indicadores de diversidad.	91
5.5 Estrategia de conservación: segunda parte.....	96
6 Discusión	102
6.1 Cambio de uso de suelo y fragmentación de la vegetación.....	102
6.2 Biodiversidad y estrategia de conservación	105
6.2.1 Biodiversidad.	105
6.2.2 Estrategia de conservación.....	107
7 Conclusiones y perspectivas	109
8 Bibliografía.....	112
9 Anexo I: Documento presentado y Cuestionario aplicado a actores clave.....	121
10 Anexo II: Anexo fotográfico.	128

Índice de cuadros

Cuadro 1. Categoría y valor de cada intervalo de frecuencia de procesos de CUS.	37
Cuadro 2. Categoría y valor de cada intervalo de promedio de probabilidad de ocurrir de cada proceso de CUS.....	37
Cuadro 3. Proceso de CUS y valor del efecto asignado.	37
Cuadro 4. Probabilidad de cambio de cada proceso de CUS, categoría de probabilidad y valor de categoría.	38
Cuadro 5. Municipios de la subcuenca (Fuente: INEGI).	43
Cuadro 6. Superficie y proporción de cada subprovincia en el área de estudio.	48
Cuadro 7. Superficie y proporción de cada topografía del área de estudio.	49
Cuadro 8. Tipos de roca con superficie y proporción, del área de estudio.	50
Cuadro 9. Tipos de suelos del área de estudio.	51
Cuadro 10. Tipos de climas con superficie y proporción, del área de estudio.	56
Cuadro 11. Superficie y proporción de las Provincias Biogeográficas.	58
Cuadro 12. Usos del suelo y tipos de vegetación (USUEV) desglosados según INEGI para 2011, con superficie y proporción.	60
Cuadro 13. Estado de conservación de la vegetación y tipo de uso de suelo.	60
Cuadro 14. Verificación en campo de la vegetación.	61
Cuadro 15. Equivalencias entre USUEVs en 1984, 2002 y 2011, y agrupamiento en categorías más generales.	61
Cuadro 16. Superficie (km ²) de cada categoría de USUEV en cada fecha.	62
Cuadro 17. Cambio de uso de suelo en superficie absoluta, relativa y en porcentaje entre fechas. .	63
Cuadro 18. Cambio de uso de suelo en km ² por período.....	64
Cuadro 19. Matriz de transición de CUS entre 1984 y 2011 (Ver cuadro 12 para abreviaturas).	65
Cuadro 20. Probabilidad de los procesos de cambio de uso de suelo.	67
Cuadro 21. Valor de categoría de frecuencia (VF), valor de categoría de promedio de probabilidad (VPP) e Índice de dominancia del PCUS.	68
Cuadro 22. Índice de importancia para la conservación (IIPC) de los procesos de CUS.	69

Cuadro 23. Índices de Área.....	71
Cuadro 24. Índices de ecotono o borde.....	72
Cuadro 25. Superficie (en hectáreas) parcial (SUBTOTAL), subtotal y proporcional (PORCIENTO) de cada tipo de uso de Uso de suelo y vegetación (CVE_H: CB: selva caducifolia primaria, CSa: selva caducifolia secundaria, QM: bosque de encino primario, QSa: bosque de encino secundario, IAPF: uso agrícola, pecuario y forestal) de la propuesta de conservación.....	80
Cuadro 26. Especies de angiospermas arbóreas registradas en la cercanía de la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.	84
Cuadro 27. Coleópteros Lamelicornios en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.	85
Cuadro 28. Herpetofauna de la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.	86
Cuadro 29. Ornitofauna presente en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.	87
Cuadro 30. Mamíferos carnívoros presentes en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.	89
Cuadro 31. Quiropterofauna presente en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.	90
Cuadro 32. Estado de conservación y endemismo de algunas especies presentes en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.	91
Cuadro 33. Eficiencia del muestreo. S. OBS.: especies observadas; S. ESP.: especies esperadas; S. FALTANTES: especies faltantes; EFIC. MUESTREO: eficiencia del muestreo.	92
Cuadro 34. Abundancia por especie y por sitio.	93
Cuadro 35. Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), riqueza (S) y abundancia (N) de las cuatro comunidades.	94
Cuadro 36. Significancia entre sitios.	95
Cuadro 37. Resultados de las encuestas aplicadas a actores clave de los sitios de muestreo de coleópteros indicadores.....	97

Índice de figuras

Figura 1. Áreas Naturales Protegidas en el sur de Puebla. (Fuentes: CONANP, 2014 y SSAOT, 2011).	18
Figura 2 . Mosaico espacial formado por elementos del paisaje en el sur de Puebla (elaboración propia).Cada color representa un tipo de uso de suelo o vegetación diferente.	26
Figura 3. Elementos básicos del modelo estructural de la Ecología del Paisaje (elaboración propia).	27
Figura 4. Superficie del área de estudio (2813.29 km ²).	28
Figura 5. Conjuntos de datos vectoriales usados en el CUS (área de estudio polígono azul).	34
Figura 6. USUEV en 1984.	34
Figura 7. USUEV en 2002.	35
Figura 8. USUEV en 2011.	35
Figura 9. Ubicación geográfica del área de estudio (Fuentes: CONABIO, 2008; INEGI 2000, 2010, 2014)	43
Figura 10. Municipios en el área de estudio (Fuentes: CONABIO 2008; INEGI 2014a)	45
Figura 11. Topografía (Fuentes: CONABIO 2008; INEGI 2010, 2013)	46
Figura 12. Provincias Fisiográficas (Fuente: INEGI, 2001).	46
Figura 13. Subprovincias fisiográficas en la subcuenca (Fuente: INEGI, 2000)	47
Figura 14. Fisiografía: topoformas del área de estudio (Fuente: INEGI, 2000).	48
Figura 15. Tipo de rocas del área de estudio; proyección CCL (Fuente: INEGI, 2000).	49
Figura 16. Tipos de suelo del área de estudio (ver cuadro 4 para leyenda); Proyeccion CCL (Fuente: INEGI, 2007).	51
Figura 17. Cuenca del Balsas (Fuente: Maderey y Torres-Ruata, 1990)	54
Figura 18. Cuenca del Río Atoyac (Fuente: INEGI, 2006)	55
Figura 19. Subcuenca Atoyac- Tehuitzingo (Fuente: INEGI, 2010)	56
Figura 20. Tipos de climas del área de estudio (Fuente: INEGI, 2006).	57
Figura 21. Provincias Biogeográficas del área de estudio (Fuente: CONABIO, 1997).	58
Figura 22. Uso del suelo y tipo de vegetación en 2011 (Fuente: INEGI, 2009); para explicación de abreviaturas ver cuadro 12.	59
Figura 23. Cambios temporales en las coberturas de USUEV.	63

Figura 24. Cambio de uso de suelo en km ² por tipo de vegetación.....	65
Figura 25. Modelo de cambio de uso de suelo, con valores porcentuales de transición entre un tipo de USUEV y otro. Tipo de proceso: rojo, permanencia; verde, alteración; azul, deforestación; marrón, recuperación primaria, y amarillo, recuperación secundaria.	66
Figura 26. Capa de USUEV tipo raster (elaboración propia).	71
Figura 27. Vegetación: Selva baja caducifolia secundaria. (Clase: 2; clave: CSACSB; APC: 1221.21 km ² ; PDC: 0.4464; PDB: 2389.0 km; DDB: 0.0009 m/m ² ; NDF: 73; AFM: 607.89 km ² ; AN: 1154.70 km ²).	73
Figura 28. Uso de suelo Agrícola. (Clase: 4; Clave: IAPF; APC: 483.13 km ² ; PDC: 0.1766; PDB: 1443.5 km; DDB: 0.0005 m/m ² ; NDF: 72; AFM: 114.07 km ² ; AN: 443.11 km ²).	74
Figura 29. Selva baja caducifolia primaria. (Clase: 1; Clave: CB; APC: 472.01 km ² ; PDC: 0.1725; PDB: 907.7 km; DDB: 0.0003 m/m ² ; NDF: 17; AFM: 198.01 km ² ; AN: 446.66 km ²).	75
Figura 30. Bosque de encino secundario (Clase: 6; Clave: QSAQSB; APC: 237.77 km ² ; PDC: 0.0869; PDB: 665.22 km; DDB: 0.000; NDF: 49; AFM: 58.35 km ² ; AN: 219.41 km ²).	75
Figura 31. Vegetación inducida (Clase: 7; Clave: VIAVIH; APC: 155.24 km ² ; PDC: 0.0567; PDB: 618.91 km; DDB: 0.0002 m/m ² ; NDF: 47; AFM: 23.45 km ² ; AN: 138.11 km ²).	76
Figura 32. Bosque de encino primario (Clase: 5; Clave: QMQB; APC:127.70 km ² ; PDC: 0.0467; PDB: 336.90 km; DDB: 0.0001 m/m ² ; NDF: 18; AFM:23.09 km ² ; AN: 118.38km ²).	77
Figura 33. Matorral xerófilo secundario (Clase: 9; clave: XSA; APC: 17.76 km ² ; PDC: 0.0065; PDB: 70.22 km; DDB: 0.0000; NDF: 5; AFM: 9.71 km ² ; AN: 15.82km ²).	77
Figura 34. Asentamientos humanos. (Clase: 10; clave: AHZU; APC: 11.64 km ² ; PDC: 0.0043; PDB: 62.72; DDB: 0.0000; NDF: 11; AFM: 3.38 km ² ; AN: 9.94 km ²).	78
Figura 35. Matorral xerófilo primario. (Clase: 8; Clave: XA; APC: 8.92 km ² ; PDC: 0.0033; PDB: 23.24 ; DDB: 0.0000; NDF: 1; AFM: 8.92 km ² ; AN: 8.28 km ²).	78
Figura 36. Cuerpo de agua. (Clase: 3; clave: H20; APC: 0.36 km ² ; PDC: 0.0001 km; PDB: 4.93 km; DDB: 0.0000; NDF: 1; AFM: 0.36 km ² ; AN: 0.23 km ²).	79

Figura 37. Propuesta de conservación (PC) a partir de análisis de fragmentación (Fuente: INEGI, 2011).	80
Figura 38 Vías de comunicación en la PIC (Fuente: INEGI, 2000).	81
Figura 39. División política municipal en la PIC (Fuente: INEGI, 2014).	82
Figura 40 . Topografía en la PC (Fuente: INEGI, 2013).	82
Figura 41. Climas del polígono de la PC; A(C)Wo(W): Templado, semicálido, subhúmedo, con lluvias en verano; BS1(h')W(W): Seco, semiseco, muy cálido y cálido; AWo(W): Cálido, subhúmedo, con lluvias en verano (Fuente: INEGI, 2000).....	83
Figura 42. Tipos de suelos en la PC (Fuente: INEGI, 2007).	83
Figura 43. Distribución geográfica de plantas angiospermas arbóreas en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.	84
Figura 44. Distribución geográfica de coleópteros Scarabaeoidea en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo (Fuente: Sánchez-Velázquez et al., 2012; Cuate-Mozo et al., 2013 y Castañeda-Osorio et al., 2015).....	86
Figura 45. Distribución geográfica de la Herpetofauna en la Subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo (Fuente: Vargas-Orrego, 2014; Elosa-León et al., 2015 y López-Vivanco, 2015).	87
Figura 46. Distribución de la ornitofauna en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo (Fuente: Huerta-Garrido, 2010 y Pérez-Burgos, 2015).	88
Figura 47. Distribución de mamíferos carnívoros en la mixteca poblana (Fuente: Roldan-Velasco, 2005 y Gómez-Cuadros, 2015).	89
Figura 48. Área de distribución de Quirópteros de la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo (Fuente: Vargas-Miranda, 1999; Álvarez-Cuateta, 2003 y Araujo-Vargas, 2008).	90
Figura 49. Sitios de muestreo de Coleópteros coprófagos.	92
Figura 50. Gráfico de rango-abundancia (para abreviaturas ver cuadro 33); ln Pi: logaritmo natural de abundancia proporcional.	94
Figura 51. Diversidad de Shannon-Wiener.	95
Figura 52. Dendograma de similitud de Jaccard.	96
Figura 53. Polígonos de algunas UMAs (Chamoles, Cristo Rey, Amatitlán y Salvador Sánchez) en la región de Chiautla de Tapia, Puebla (Cortesía de C. López-Téllez, D. Clara-Germán y A. Juárez-Reyna).	100
Figura 54. Ubicación de parajes y localidades en el área de estudio por Don Emiliano.	101

Figura 55. Modelo de cambio de uso de suelo con enfoque de sistemas complejos. 104

Índice de fotos

Foto 1. Selva caducifolia secundaria, Bienes Comunes de San Mateo Mimiapan.....	128
Foto 2. G. Yanes en Selva caducifolia secundaria, Bienes Comunes de San Mateo Mimiapan.....	128
Foto 3. Bosque de encino, cerca de UMA Tlalhuayan.....	129
Foto 4. Selva caducifolia primaria, El Campanario.	129
Foto 5. Don Dagoberto Clara Germán, predio El Campanario.	130
Foto 6. UMA Tlalhuayan, temporada seca.	130
Foto 7. Predio agrícola abandonado, UMA Tlalhuayan.	131
Foto 8. Selva caducifolia primaria, UMA Tlalhuayan.	131
Foto 9. Interior de coprotrampa, UMA Tlalhuayan.	132
Foto 10. Colocación de coprotrampas, UMA Tlalhuayan.	132
Foto 11. Selva caducifolia primaria, UMA Tequiahuac, Tulcingo.....	133
Foto 12. ... Colocación de coprotrampas Nava, G. Yanes y Esmeralda Nava, UMA Tequiahuac, Tulcingo.....	133
Foto 13. Coprotrampa activa, Tulcingo.	134
Foto 14. Selva caducifolia primaria, Tulcingo.....	134
Foto 15. De izquierda a derecha: Marisol Segura Jiménez y Jorge Pérez Fernández, estudiantes de la Fac. de Cs. Biológicas, BUAP, Biól. Esmeralda Nava, Hija de Don Efraín Nava Visoso, y G. Yanes, UMA Tequiahuac, Tulcingo.....	135
Foto 16. <i>Canthon corporali</i>	135
Foto 17. <i>Canthon humectus</i>	136
Foto 18. <i>Canthidium laetum</i>	136
Foto 19. <i>Deltochilum gibbosum</i>	137
Foto 20. <i>Onthophagus igualensis</i>	137
Foto 21. <i>Phanaeus daphnis</i>	138

Resumen

El objetivo del trabajo es desarrollar una estrategia para proponer una o varias figuras de conservación de la biodiversidad en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo, con base en el estado de conservación de la vegetación y la presencia de especies en algún estado de riesgo. Si la subcuenca Río Atoya-Tehuiztzingo cuenta con amplias regiones de vegetación natural como selva baja caducifolia y bosque de encino, entonces se presta para delimitar áreas de conservación de la biodiversidad bajo alguna modalidad de área protegida. Se realizó la caracterización ambiental del área de estudio, considerando factores ambientales. Se llevó a cabo el diagnóstico del estado de la cobertura vegetal, a partir de cambios de uso del suelo y fragmentación como elementos de perturbación del hábitat. Se desarrolló una estrategia para hacer una propuesta de conservación biológica en la subcuenca a partir del diagnóstico del estado de la cobertura vegetal. Se evaluó el estado de flora y fauna presente con base en su distribución geográfica y su estado de protección o conservación. Asimismo, se propuso una figura de conservación a partir de factores biofísicos y socioeconómicos, tomando en cuenta las estructuras de conservación existentes y la opinión de actores locales clave. La subcuenca tiene una extensión total de 2,811.48 km² y presenta alturas que van de los 600 a los 2,100 msnm. Existe un alto porcentaje de la vegetación (83.38%) con estado de conservación de bueno a mediano en la subcuenca, lo que la hace susceptible a la generación de programas de conservación y manejo. El análisis temporal del cambio de uso del suelo indica que existen procesos de deterioro, pero no parecen ser dominantes o irreversibles. El mayor fragmento (20,331 ha) de vegetación natural del área de estudio es de selva baja caducifolia primaria, el cual es idóneo para una propuesta inicial de conservación, y al incluir fragmentos de bosque y selva secundarios y dos pequeñas zonas agrícolas, se incrementa la superficie a 31,744 ha. El área de estudio cuenta con 20 especies de vertebrados de interés por estar amenazadas o ser endémicas. Asimismo, contiene al menos 98 especies de plantas y animales documentadas, que permiten maximizar la biodiversidad que habita en la red de áreas protegidas del estado. La diversidad de Scarabaeidos indicadores de diversidad, presenta un gradiente de incremento de norte a sur, que es un patrón semejante al del estado de conservación de la vegetación. Es notoria la presencia de varias Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs) en la región; los dueños de los territorios reconocen la dificultad que existe para que los pequeños propietarios se pongan de acuerdo sobre criterios únicos de conservación. Parece razonable proponer como estrategia para la conservación de la biodiversidad la creación de varias Áreas Naturales Protegidas voluntarias para acelerar el proceso de conservación.

1 Introducción

El concepto de biodiversidad se refiere en general a la variabilidad de la vida; incluye los ecosistemas terrestres y acuáticos, los complejos ecológicos de los que forman parte, así como la diversidad entre las especies y dentro de cada especie. La biodiversidad abarca, por lo tanto, tres niveles de expresión de variabilidad biológica: ecosistemas, especies y genes (Neyra-González y Durand-Smith, 1998). El estudio de la biodiversidad ha revelado que las actividades humanas no sustentables ejercen una marcada influencia en la disminución del número de especies, en el tamaño y la variabilidad genética de las poblaciones silvestres y en la pérdida irreversible de hábitats y ecosistemas (Peña-Jiménez y Neyra-González, 1998). ¿Qué hacer ante la crisis de la biodiversidad? Las propuestas al respecto parten de la concepción particular que cada quien tiene sobre qué es lo que causa la crisis. Hay cuatro puntos de vista sobre la naturaleza de tal crisis (Soulé, 1992). La hipótesis social sostiene que la pérdida de especies no es un problema científico, sino más bien de desigualdad social y económica. Se necesita realizar más investigación acerca de las especies en peligro de extinción, la crisis de la naturaleza no es más que otro síntoma de la injusticia social y la pobreza. De acuerdo con esta posición, si se trata de atacar el problema de raíz, habrá que combatir la pobreza y consecuentemente la naturaleza se verá beneficiada. La hipótesis poblacional dice que la naturaleza se ha deteriorado ante el crecimiento de la población humana; por lo tanto, la única posibilidad de contener la crisis de la biodiversidad, e incluso la crisis socioeconómica, es llevar la tasa de crecimiento poblacional del hombre casi hasta cero. La hipótesis del manejo, por otra parte, advierte la urgencia de establecer reservas de la biósfera en donde se hagan prácticas adecuadas de manejo, como la mejor opción ante la crisis de la biodiversidad. Finalmente, la hipótesis de la investigación y el desarrollo (llamada también de la ignorancia), sostiene que aún falta mucho por saber acerca de los procesos que operan tanto para la extinción como para la supervivencia de las especies. Por lo tanto, es necesario investigar más sobre estos procesos y sobre el desarrollo de prácticas de manejo. Los expertos calculan que el millón y medio de formas vivas conocidas y nombradas hasta hoy representa apenas 10% del total de especies del mundo (Peña-Jiménez y Neyra-González, 1998). Cualquiera que sea la hipótesis, es evidente que la actividad humana tiene un efecto sobre la biodiversidad, ya sea directo o indirecto, que repercute tanto en la estabilidad de los ecosistemas como en la de las especies (Peña-Jiménez y Neyra-González, 1998).

¿Por qué utilizar un enfoque de cuenca como unidad de planeación y gestión? La planeación y la gestión en el contexto de una cuenca posibilitan una visión global y sistémica del territorio, en el cual se pueden determinar las principales fuentes contaminantes, sus intensidades e impactos en la dinámica eco-hidrológica de la cuenca, permitiendo priorizar zonas de trabajo, lo cual facilitaría la colaboración entre instituciones y aumentaría la coherencia de las acciones. En ese sentido, el manejo integral de cuencas, como proceso, proporciona un nuevo rumbo para relacionar ciencia, política y participación pública (Cotler y Caire, 2009). El manejo integral de una cuenca tiene como fin último la conservación y/o restauración del ciclo hidrológico natural de la cuenca; sin embargo, la consecución de esta meta implica atender objetivos intermedios, como la conservación y

restauración de los suelos y la vegetación, la reconversión productiva hacia formas de aprovechamiento más eficientes de los recursos naturales y, en general, el control de externalidades negativas que impactan la funcionalidad y el equilibrio ecológico de la cuenca. En este sentido, el manejo integral de una cuenca aparece como un instrumento que facilita las decisiones y acciones para cumplir o alcanzar los objetivos propuestos por las comunidades que alberga cada unidad hidrográfica. Sus acciones se dirigen principalmente a mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales con fines productivos, a prevenir y controlar procesos de contaminación del agua y a la conservación y restauración de ecosistemas (Cotler y Caire, 2009).

1.1 Planteamiento del Problema

El estudio de la biodiversidad ha revelado que las actividades humanas ejercen una marcada influencia en la disminución del número de especies, en el tamaño y la variabilidad genética de las poblaciones silvestres y en la pérdida irreversible de hábitats y ecosistemas. Así, mientras muchas especies disminuyen en abundancia y distribución, otras incrementan su población de forma explosiva hasta constituirse, en algunos casos, en plagas (Peña-Jiménez y Neyra-González 1998). Esta situación mundial es parte de lo que se ha denominado la *crisis de la biodiversidad* (Dirzo 1990). La manera más simple de percibirla es mediante la reducción del tamaño de las poblaciones silvestres ocasionada por: (1) Sobreexplotación por parte del hombre, incluyendo actividades legales (como la pesca) e ilegales (como el tráfico de especies amenazadas). (2) Destrucción de hábitats causada por diversas actividades productivas que incluyen principalmente la deforestación. (3) Los efectos negativos de las interacciones con enemigos naturales introducidos o favorecidos por las actividades humanas (como depredadoras, patógenas y competidores). (4) La influencia de compuestos químicos y tecnologías utilizados en la fertilización de suelos, fumigación de cultivos y la construcción de grandes obras de ingeniería (contaminación). (5) Por catástrofes naturales tales como incendios, erupciones, inundaciones y terremotos (Ehrlich y Ehrlich 1992, WCMC 1992). Las condiciones generadas por la topografía en el estado de Puebla ha tenido como consecuencia una gran diversidad de especies, ubicando al estado como aportador a la diversidad Nacional ya que cuenta con 4,426 especies vegetales, 1,274 especies animales, 131 de hongos, 165 de protistas y 30 de bacterias (López-Reyes y Carcaño-Montiel, 2011). Sin embargo, esta riqueza de especies puede estar amenazada, ya que se estima que del año 1980 al 2000 se han deteriorado unas 278,888 hectáreas de vegetación en el estado de Puebla (Guevara- Romero e INEGI, 2011). En la subcuenca del río Atoyac-Tehuiztzingo la vegetación natural más abundante son la selva baja caducifolia y el bosque de encino con 43.27% y 14.26% respectivamente; sin embargo, según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2014) estos tipos de vegetación se han reducido, en 71.28% y 13.58% respectivamente, de 1976 a 2008, en todo el estado. Por tanto, es de esperarse que la subcuenca presente alteraciones en sus suelos, fauna y flora, como resultado del cambio de uso forestal a agrícola y ganadera. La pérdida y fragmentación del hábitat está considerada como una de las causas principales de la actual crisis de biodiversidad. Los procesos responsables de esta pérdida son múltiples y difíciles

de separar (pérdida regional de hábitat, insularización causada por la reducción y el aislamiento progresivo de los fragmentos de hábitat, efectos de borde, etc.), y han sido particularmente estudiados en el caso de los vertebrados forestales (Santos y Tellería, 2006). Tras casi tres décadas en el punto de mira de las preocupaciones y del esfuerzo de la investigación conservacionista (Fazey *et al.*, 2005), existe conciencia clara de que la fragmentación y la pérdida del hábitat es uno de los procesos antrópicos con efectos más devastadores sobre la biodiversidad (Laurance y Bierregaard, 1997; Fahrig, 2003).

1.2 Justificación

El uso y el conocimiento de la biodiversidad –junto con la industria y el comercio– son fundamentales para el desarrollo de un país, por lo que la biodiversidad debe ser conservada y aprovechada adecuadamente, de tal manera que ambos procesos –desarrollo y conservación– se encuentren estrechamente vinculados (Soberón-Mainero, 1998). La apropiación de los recursos naturales se lleva a cabo de forma directa, como es la producción de alimentos, medicinas, cosméticos, materias primas para la industria, y de forma indirecta, como la producción de oxígeno y absorción de carbono, la regulación del ciclo hidrológico y el clima, y la conservación de suelos. El resultado del uso de los recursos naturales y de la biodiversidad para nuestra especie es, por lo tanto, la obtención de beneficios culturales, económicos y sociales, entre los más importantes (Carabias *et al.* 1994). El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1992), es un tratado internacional jurídicamente vinculante con tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Su objetivo general es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible. La conservación de la diversidad biológica es interés común de toda la humanidad. El Convenio sobre la Diversidad Biológica cubre la diversidad biológica a todos los niveles: ecosistemas, especies y recursos genéticos. El modelo de desarrollo adoptado por México en los últimos cincuenta años se caracteriza por haber privilegiado el crecimiento industrial y urbano a costa del desarrollo en el campo. En este periodo se ignoró casi por completo la realidad de un entorno ecológico diversificado y complejo, así como las particularidades de un amplio sector campesino tradicional o indígena, poseedor de profundos conocimientos y de múltiples elementos culturales adecuados para hacer un uso sustentable de una naturaleza difícil y diversa. La conservación de la diversidad biológica y el aprovechamiento sostenible de los recursos biológicos de México exigirán el apoyo y la participación de los particulares, comunidades locales e indígenas, gobiernos estatales y municipales, grupos conservacionistas, empresas, industrias e instituciones educativas y de investigación (Loa-Loza y Durand- Smith, 1998). Cruz- Angón y colaboradores (2013) coordinan esfuerzos para elaborar la Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Puebla, en la cual destacan los siguientes propósitos en el ámbito de la conservación:

- A partir de un conocimiento detallado de la biodiversidad y su difusión apropiada entre los usuarios en general, promover la protección con un enfoque proactivo de conservación

y uso sustentable que considere y asegure la participación corresponsable de los distintos actores y se facilite el acceso a la información a cualquier sector de la sociedad, aprovechando el conocimiento tradicional local, en un marco claro y efectivo de ordenamiento territorial que regule y norme los cambios de uso del suelo.

- Contribuir a que la mayor parte de los núcleos agrarios operen acciones derivadas de ordenamientos locales, integrados a nivel regional.
- Garantizar la protección de ecosistemas con particular énfasis en aquéllos que se encuentren en riesgo, se actualice el estatus de conservación de las especies de flora y fauna, y se diseñen e implementen programas para su manejo y protección.
- Contribuir con el sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas en la sistematización, selección, gestión, decreto, establecimiento, manejo y operación de las áreas naturales protegidas en el estado, bajo criterios unificados con una planeación y enfoque de diseño de abajo hacia arriba al interior del estado.
- Fortalecer las instituciones responsables de la vigilancia ambiental con participación comunitaria y adecuación del marco normativo.

Una de las herramientas de conservación *in situ* más consolidadas en el ámbito mundial y nacional son los sistemas de Áreas Protegidas (AP), a cuya cobertura ha aumentado de manera exponencial, en particular desde la década de los ochenta y mayormente en el ámbito terrestre (IUCN y UNEP-WCMC, 2012; CONANP, 2012; CONABIO et al., 2007). La información emanada de la obra “Capital Natural de México” cuestiona si el firme avance en acciones de conservación por sí mismo (como en las AP) será suficiente para detener o revertir las tendencias de deterioro de nuestro capital; un estudio reciente (Sánchez – Cordero, et al., 2011) indica que no todas las áreas protegidas han sido efectivas para detener los procesos de deterioro de los cambios en la cobertura de vegetación y el uso del suelo. Además, dado que México es un país megadiverso (por su riqueza de especies) y betadiverso (por la heterogenidad con que se distribuyen a lo largo del territorio), no es fácil que las AP contengan una porción representativa de toda la biodiversidad, en especial de las especies más vulnerables por estar en riesgo de extinción, ser endémicas o microendémicas (Koleff, et al., 2009), aunado a que los procesos necesarios para mantener la funcionalidad de los ecosistemas dentro de las AP no están confinados a estas áreas. Por ello, se insiste en una nueva visión en la que las estrategias de conservación requieren considerarse en el contexto de la planificación regional del paisaje, que armonice el área remanente de ecosistemas conservados, con vegetación en diferentes etapas de regeneración y con sistemas de producción diversificados manejados por los habitantes locales, así como los asentamientos humanos con una adecuada planificación (Fisher, et al., 2006; Dirzo, et al., 2009), en este sentido la identificación de sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad representa una guía de gran valor para orientar las acciones de protección *in situ* y el manejo sustentable de los hábitats y las especies más vulnerables de nuestro país (CONABIO et al., 2007).

Por último, en cuanto a la necesidad de hacer este análisis a través del manejo integral de cuencas, Cotler (2004) reúne en un volumen los avances conceptuales y metodológicos del seminario “Gestión integral de cuencas: Teoría y práctica” desarrollado en la Ciudad de

México los días 9 y 10 de Junio de 2004 convocados por el Instituto Nacional de Ecología. A través de las ponencias se expusieron ideas, argumentos y recomendaciones con el propósito de afinar la aplicación del manejo integral de cuencas como un instrumento de política ambiental en México. García- Coll et al. (2004) destacan los beneficios que ofrecen los bosques a nivel local, regional y, en algunos casos, mundiales, que derivan de su valor como fuente de abastecimiento de agua, centros de diversidad biológica, origen de diversos productos madereros y no madereros, lugar de recreación y estabilizadores del suelo frente a los procesos erosivos. Por tanto, señalan, resulta importante desarrollar estudios que permitan demostrar esta relación bosques-agua como base para establecer programas de pago por servicios ambientales que promuevan la conservación de las zonas boscosas, particularmente de aquellas que se localizan en zonas montañosas caracterizadas por su fragilidad geoecológica y por los altos índices de marginación de sus habitantes.

Por tanto es recomendable hacer una caracterización, un diagnóstico y una estrategia de conservación de la biodiversidad en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo (SCA-T), como parte de un programa amplio de manejo y conservación de los recursos bióticos de la misma, desde una perspectiva de manejo integral de cuencas. Además, existe un hueco en cuanto a áreas naturales protegidas en el centro- sur del estado, ya que hay una Reserva de la Biosfera el sur- oriente de Morelos (Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, REBIOSH), una reserva de la Biosfera al sur- oriente de Puebla (Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, RBTC), y una ANP de jurisdicción estatal (Sierra del Tentzo) al norte (ver figura 1).

Un Área Natural Protegida o alguna otra figura de conservación en el centro-sur de Puebla, además de fomentar la preservación de la biodiversidad *per se*, facilitaría la creación de corredores biológicos, que son espacios delimitados que proporcionan conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitats, naturales o modificados, para asegurar el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos y evolutivos (Rojas y Chavarría, 2013).

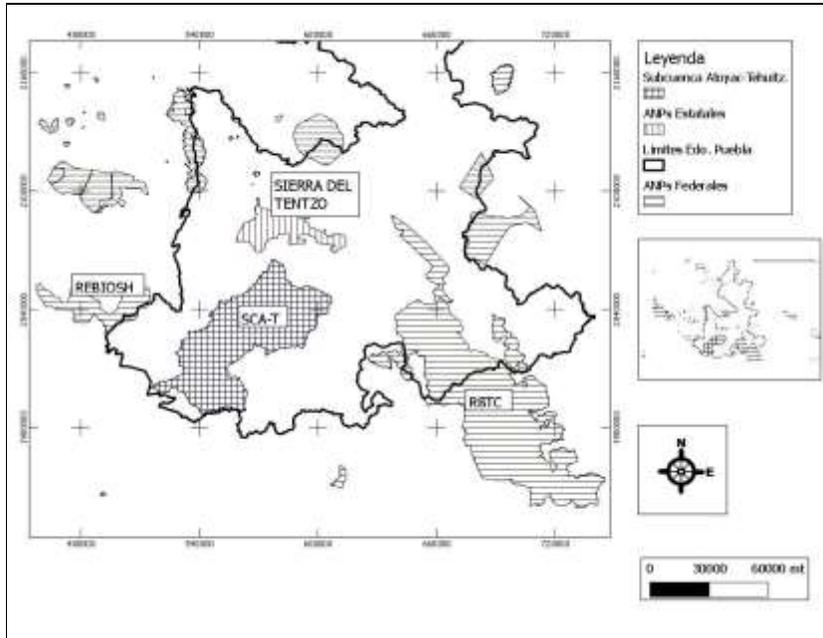


Figura 1. Áreas Naturales Protegidas en el sur de Puebla. (Fuentes: CONANP, 2014 y SSAOT, 2011).

1.3 Antecedentes

1.3.1 Biodiversidad y Conservación en Puebla.

En 1989 la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) publica 'La Diversidad Biológica de México: estudio de país', que tiene como objetivos actualizar información sobre la situación de los recursos biológicos y de la biodiversidad en México, establecer una base para determinar las prioridades nacionales en materia de conservación y uso sustentable de la biodiversidad nacional, establecer criterios para la elaboración de la Estrategia Nacional en Biodiversidad y ser el mecanismo mediante el cual se pueda evaluar la eficacia de la Estrategia Nacional de Biodiversidad y del Plan de Acción Nacional (Benítez- Díaz et al., 1989). Asimismo, en 2011, la misma CONABIO publica 'La Biodiversidad en Puebla, Estudio de Estado', que es una fuente de información actualizada y confiable acerca de la situación actual del estado de la biodiversidad en el Estado de Puebla, para quienes tienen que tomar decisiones acerca de la conservación y el uso sustentable y la restauración de los ecosistemas del Estado, así como para quienes desde la sociedad civil están seriamente interesados en estos temas (Sarukhán-Kermez, 2011). López-Reyes y Carcaño-Montiel (2011) coordinan un esfuerzo para describir la diversidad biológica en el estado de Puebla en los diferentes grupos de organismos

recopilados por expertos en el área. La diversidad de especies de organismos en Puebla, tanto microscópicas como macroscópicas, consecuencia de la variabilidad de hábitat, contribuye con 6,026 especies a la diversidad nacional y mundial. Pizaña-Soto y Hernández-Hernández (2011) analizan la situación de la protección y conservación de la biodiversidad del Estado de Puebla. Determinan que el 7.8 % del territorio del estado (268,068.6 ha) se encuentra bajo alguna categoría de protección, y que cuenta con cinco áreas naturales protegidas decretadas de nivel federal y diez estatales; estas últimas se encuentran definidas en distintos instrumentos legales, sin embargo sólo en una de ellas se llevan a cabo acciones de manejo; el resto desafortunadamente son “áreas de papel” debido a que no hay presencia ni conocimiento de ellas. Asimismo, mencionan que en el estado se encuentran sitios bien conservados que están siendo fuertemente presionados por acciones antropogénicas (cambio de uso de suelo, contaminación, saqueo de especies, modernización de infraestructura vial) por lo que es fundamental la creación de corredores biológicos que permitan mantener el flujo genético y de nutrientes para la permanencia de los ecosistemas.

Se han realizado diversas acciones encaminadas a la conservación de la biodiversidad:

- a)** conservación de suelos (reconversión productiva, manejo de tierras, agricultura de ladera, reforestación),
- b)** el establecimiento de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), y
- c)** la creación de áreas naturales protegidas (AnP). González-Franco de la Peza et al., (2013) señalan que el instrumento de política ambiental con mayor fuerza jurídica para la conservación de la biodiversidad en el estado de Puebla son las áreas naturales protegidas (AnP).

Puebla cuenta con cinco AnP de jurisdicción federal con una superficie aproximada de 254,686.16 ha (González-Franco de la Peza et al., 2013). En cuanto a las AnP estatales, el estado cuenta al 2012 con cuatro parques metropolitanos, cinco reservas ecológicas, dos parques estatales y dos reservas estatales conformando un total de 74,267 ha; además de cinco áreas destinadas voluntariamente a la conservación con un total de 925.73 ha (González-Franco de la Peza et al., 2013). Otro esquema de protección de la biodiversidad son las Áreas de importancia para la Conservación de las Aves (AiCAS), con el propósito de proteger hábitats importantes para estos vertebrados. En Puebla existen cinco AiCAS para la protección de 560 especies de aves. Asimismo, están en marcha diversos programas de conservación impulsados desde el Gobierno Federal, como el sitio Ramsar recientemente decretado en la Presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo) (González-Franco de la Peza et al., 2013). Finalmente, las comunidades rurales, indígenas y campesinas pueden operar como aliadas de la protección de los recursos naturales y de la biodiversidad, a través del uso tradicional. El manejo adecuado dependerá de la contribución que grupos de académicos, organizaciones no gubernamentales y los propios cuerpos técnicos de las comunidades rurales, incorporen el conocimiento de cada sector a las actividades productivas de las comunidades, con el fin de conciliar la conservación y el uso de los recursos naturales y la biodiversidad presente (CONABIO, 2011). Casi dos terceras partes de la biodiversidad mundial se encuentran en una docena de países conocidos como

megadiversos. México destaca entre ellos ya que es la cuarta nación en cuanto a riqueza de especies, además de contar con una gran riqueza cultural. Asimismo, en el territorio mexicano concurren dos grandes regiones biogeográficas: la Neártica, que contribuye con especies de zonas templadas, y la Neotropical que aporta elementos provenientes de la Cuenca Amazónica. Además de aportar alimentos y diversos recursos, los ecosistemas captan el agua de lluvia que se infiltra en el suelo y recarga mantos freáticos, producen y mantienen suelos, capturan bióxido de carbono, alojan polinizadores y depredadores de plagas, además de ofrecer recreación e inspiración. En conjunto, estos son los llamados servicios ambientales que los ecosistemas ofrecen gratuitamente (Sarukhan, et al., 2009). Sin duda, un requerimiento clave en la planeación de sistemas de reservas es la identificación de zonas de alta importancia que requieren ser preservadas, ya sea por albergar especies de interés (usualmente en riesgo de extinción o amenazadas), por albergar una biodiversidad extraordinaria, o por contener especies que permiten maximizar la biodiversidad que habita en la red de AP (complementaridad) (Koleff, et al., 2009)

1.3.2 Biodiversidad de la Mixteca Poblana.

Flora.

Guízar-Nolazco et al. (2010), estudian la flora y la vegetación del sur de la mixteca poblana. Identificaron 13 asociaciones vegetales, siete de las cuales pertenecen al bosque tropical bajo caducifolio, que es el tipo de vegetación más representativo. La lista florística preliminar incluye 360 especies de plantas vasculares. Sugieren que es necesario encontrar opciones para contrarrestar la destrucción de los ecosistemas. Valencia-Ávalos et al. (2011) estudian la flora de plantas vasculares del Municipio de Atenango del Río, Estado de Guerrero; dicho municipio es adyacente al de Jolalpan, al suroeste del estado de Puebla, y cercano a la subcuenca de Atoyac- Tehuiztingo. Encontraron 643 especies, de las cuales 49 restringen su distribución a la cuenca del Balsas.

Fauna.

Sánchez-Velázquez et al. (2012) estudian coleópteros Scarabaeidae e Hybosoridae del Rancho el Salado, Jolalpan, Puebla; reconocen 16 especies. Cuate-Mozo et al., (2013) estudian la fauna de escarabajos Lamellicornios (Scarabaeoidea) de la región de Chiautla, Puebla. Reportan 88 especies incluidas en 33 géneros y siete familias. Con la posible excepción de algunas especies de *Phyllophaga* y *Diplotaxis* no descritas, en esta región no se localizaron especies endémicas. Entre las que se consideran con distribución restringida están *Phyllophaga rzedowskiana* y *Neochodaeus praesidii*, que no se han citado para Puebla pero se conocen de otros estados. Castañeda-Osorio et al. (2015) estudian a los coleópteros Melolontidos Y Cetónidos del Rancho el Salado, Puebla; encuentran 29 especies. Huerta- Garrido (2010) estudia las aves de la UMA Tlalhuayan San Juan de los Ríos, Chiautla de Tapia, Puebla, registrando 96 especies. Cinco especies están protegidas según la NOM-059-SEMARNAT-2001 (Diario Oficial, 2002), para IUCN (2018) una de las especies se encuentra en la categoría Casi Amenazada (NT), para CITES (2010) 13 especies se encuentran en el apéndice II y 20 especies para aprovechamiento según la SEMARNAT (2001). Pérez-Burgos (2015) obtiene un inventario de aves del municipio de Santa Inés Ahuatempan, Puebla, registrando 71 especies, de las cuales cinco se encuentran bajo

protección especial según la NOM-059 y una como vulnerable según el IUCN (2009). García-Vázquez et al., (2006) analizan la distribución de la Herpetofauna en la región Mixteca de Puebla. Reportan para la región 64 especies de anfibios y reptiles, 36 de las cuales son endémicas para el país y una para el estado. En este trabajo se delimita la región Mixteca al norte con el Eje Neovolcánico, al sur con la mixteca oaxaqueña, al este el Valle de Tehuacán y al oeste con los estados de Morelos y Guerrero. Vargas-Orrego (2014) analiza la diversidad y abundancia de anfibios y reptiles en zonas conservadas y perturbadas en el municipio de Santa Inés Ahuatempan, Puebla. Encontró un total de 32 especies, 10 de anfibios y 22 de reptiles. 12 especies se encuentran en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010), dos dentro de los apéndices I y II de CITES (2013) y una en la lista roja de la IUCN (2001). López-Vivanco (2015) estudia las comunidades herpetofaunísticas de la UMA de los bienes comunales de San Mateo Mimiapan, Zacapala, Puebla, reportando 33 especies, (10 anfibios y 23 reptiles), de las cuales 12 se encuentran en alguna categoría de la NOM-059, dos en los apéndices de CITES y una en categoría de riesgo de la IUCN. Elios-León et al (2015) publican la herpetofauna de San Juan de los Ríos, Municipio de Chiautla de Tapia, Puebla y observan 33 especies (9 anfibios y 24 reptiles). Sugieren dar continuidad al monitoreo de la herpetofauna de la región para ofrecer soluciones de manejo y conservación del grupo. Alvarez-Cuateta (2004) reporta la diversidad de murciélagos en el municipio de Jolalpan, Puebla, reportando 15 especies, de las cuales una es endémica de México, y tres son consideradas amenazadas por la NOM-059. Araujo- Vargas (2008) estudia la Comunidad de murciélagos de la UMA “Tlalhuayan” de San Juan de los Ríos, Chiautla de Tapia, Puebla. Reporta 13 especies pertenecientes a 10 géneros que corresponden a tres familias. *Choeronycteris mexicana* aparece como amenazada en la NOM-059-ECOL-2001 (DOF, 2002); *Leptonycteris curasoae* aparece como amenazada en las listas de la IUCN versión 3.1 (2001) y CITES (2013). Cuautle-Hernández (2013) estudia la comunidad de murciélagos en el municipio de Santa Inés Ahuatempan y reporta ocho especies pertenecientes a siete géneros; sólo una de las especies (*Leptonycteris curasoae*) se encuentra como amenazada en la NOM-ECOL-059-2001 (DOF, 2002). Roldán-Velasco (2005) estudia la distribución de mamíferos carnívoros en el municipio de Jolalpan, Puebla, encontrando 10 especies de tres familias. Gómez-Cuadros, (2012) estudia la Riqueza, abundancia y diversidad de los mamíferos terrestres de la UMA Tlalhuayan, San Juan de los Ríos, Chiautla de Tapia, Puebla. Se registraron 15 especies de las cuales el orden Carnivora fue el más abundante. *Lynx rufus* se encuentra en el apéndice II del CITES, mientras que *Lepus callotis* se encuentra en la IUCN (2001) como “casi amenazada”.

1.3.3 Estudios de Manejo Integral de Cuencas en México.

García-Coll et al. (2004), hacen una delimitación de Zonas prioritarias para pago de servicios Ambientales hidrológicos en la cuenca Del río Gavilanes, Coatepec, Veracruz. En este estudio la intensidad de apropiación territorial es un indicador cualitativo que refleja la suma de los impactos que un paisaje sufre debido al grado de artificialización del uso y a la cantidad de usos distintos que se dan en una unidad de paisaje. Por tanto, para poder construirlo y cartografiarlo fue necesario conocer la diversidad de usos del suelo, entendida

como la cantidad de usos diferentes que se dan al interior de una unidad de paisaje, elaborándose mapas parciales para cada uso del suelo, a partir de un mapa de tipos de vegetación y usos del suelo elaborado mediante fotointerpretación de fotografías aéreas escala 1:20,000. Cotler y Priego (2004) abordan algunas peculiaridades del análisis de los paisajes físico-geográficos e hidrológicos de la cuenca Lerma-Chapala como marco espacial para explicar las repercusiones de los cambios de usos del suelo sobre el funcionamiento hidro-ecológico de la cuenca. Cotler y Caire (2009) presentan los siguientes casos de estudio de manejo de cuencas en México: Microcuenca Mesa de Escalante, Municipio de San Luis de la Paz, estado de Guanajuato; microcuenca Lagunillas, Municipio de Atemajac de Brizuela, en el Estado de Jalisco; Microcuenca Chilapa-Zitlala, Municipios de Chilapa de Alvarez y Zitlala en el Estado de Guerrero; Microcuenca Sombrerete, Municipio de Cadereyta de Montes en el estado de Querétaro, y Cuenca Ayuquila-Armería, Estados de Colima y Jalisco. Cada uno de los casos seleccionados, además de cumplir con las condiciones de dimensión espacial, temporal y de manejo de varios recursos, resultan relevantes porque a través de ellos se puede ilustrar algún aspecto específico de las condiciones bajo las cuales se implementa el manejo de cuencas en México, atendiendo las dimensiones institucional, organizacional, socioeconómica y medio ambiental. Asimismo, los casos escogidos representan una diversidad espacial jerárquica, al incluir en esta muestra a cuencas, subcuencas a microcuencas. Maya-Ortega (2013) hace una delimitación de áreas prioritarias para la conservación en el marco del ordenamiento ecológico en la cuenca del río Tlapaneco, en los estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca, México. Concluye que en la cuenca del río Tlapaneco se tiene una gran diversidad de ecosistemas, los cuales son hábitat actual o potencial de especies listadas como con requerimiento de protección especial, y aun cuando el deterioro de los ecosistemas es notable, se pudo delimitar un número importante de áreas prioritarias para la conservación. Castelán- Vega et al. (2011) manejan el enfoque de cuencas para hacer un diagnóstico de la erosión bajo diferentes manejos agrícolas en la subcuenca del río San Marcos, Puebla; concluyen que la erosión acelerada en la zona de estudio es el resultado de una falta de estrategias en el manejo sustentable de las zonas montañosas.

1.3.4 Cambios de la Vegetación y Ecología del Paisaje.

Mas y Correa-Sandoval (2000) analizan la fragmentación del paisaje en el área protegida Los Petenes, Campeche, México, usando herramientas de ecología del paisaje. Señalan que los bosques tropicales sufren procesos de deforestación y fragmentación que tiene como consecuencia la desaparición de numerosas especies vegetales y animales; se llevó a cabo la caracterización de los patrones de fragmentación y se clasificaron en diferentes categorías. Williams-Linera et al. (2002) emplean métodos de la ecología del paisaje para estudiar la fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. La destrucción del bosque de niebla en la región oeste de Xalapa, Veracruz, se ha acelerado considerablemente en las últimas décadas; el objetivo del estudio fue determinar el grado y patrón de fragmentación del bosque en la región. Castelán-Vega et al. (2007) analizan la dinámica de cambio espacio-

temporal de uso de suelo en bosques templados y selvas de la subcuenca del río San Marcos, en Puebla, México; detectan reducciones importantes en estos tipos de vegetación en favor de pastizales cultivados y cultivos permanentes. Asimismo, Castelán-Vega et al. (2015) analizan la dinámica de cambio de uso de suelo en la microcuenca de San Andrés Azumiatla, Puebla, detectando reducciones importantes en la cobertura de bosque de encino a favor de agricultura de temporal y pastizales. Varga-Linde y Vila-Subirós (2005) aplican métodos de la ecología del paisaje y sistemas de información geográfica ante el cambio socioambiental en las áreas de montaña mediterránea, como una aproximación metodológica al caso de los valles d'Hortmoier y Sant Aniol (Alta Garrotxa, Girona). Este artículo es una aproximación a los métodos utilizados para analizar, cuantificar y valorar los cambios en los usos y cubiertas del suelo en estos dos valles que forman parte del espacio natural protegido de la Alta Garrotxa. Se proponen pautas metodológicas para su adecuada cartografía, así como para determinar las áreas potencialmente recuperables de espacio agrario con el objetivo de mantener la diversidad paisajística, biológica y el patrimonio cultural con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Ecología del Paisaje. Santos y Tellería (2006) aplican la teoría y algunos conceptos de ecología del paisaje al estudiar la pérdida y fragmentación del hábitat y su efecto sobre la conservación de las especies. Señalan que la reducción y fragmentación de los hábitats naturales o seminaturales de nuestro planeta, con su secuela de pérdida de especies, esté considerada como una de las amenazas más frecuentes y ubicuas para la conservación de la biodiversidad.

2 Marco Teórico.

2.1 Biodiversidad y conservación.

Una de las definiciones más ampliamente difundidas de biodiversidad es la de McNeely *et al.* (1990). Según este autor, la Biodiversidad es un paraguas conceptual que engloba la variedad de la Naturaleza, incluyendo el número y frecuencia de ecosistemas, especies y genes representados por un conjunto de organismos. Actualmente existen pocas estimaciones de la Biodiversidad y se sabe muy poco acerca de sus causas. Las fuerzas que los ecólogos han propuesto, actúan a menudo en sentidos contrarios y es muy difícil emitir una opinión basada en hechos bien contrastados. Si supiéramos cómo se genera la Biodiversidad, podríamos establecer estrategias de protección consecuentes, sustentadas en datos tangibles (Martín Piera & Lobo, 1992). Entre tanto, la actitud más razonable es: i) 'cubrirnos las espaldas' protegiendo más incluso de lo que parece necesario y, simultáneamente, ii) promover la realización intensiva de estudios básicos a medio y largo plazo. Entre éstos, merecen especial atención, los siguientes:

- A. Descubrir, describir e inventariar la diversidad biológica con el contenido que Janzen (1993) y Wheeler (1995) dan a esta tarea y adquirir lo más rápidamente posible el conocimiento filogenético de las especies y grupos de especies, aunque sea un conocimiento *in memoriam*, toda vez que la tasa de destrucción de hábitats y pérdida de especies, no tiene precedentes. Esta tarea, actualmente en franco declive en muchos países, es especialmente acuciante en Insectos.

- B. Cartografiar los Puntos Críticos de la Biodiversidad, a escala global, con criterios sistemáticos y ecológicos. Los primeros combinan la información filogenética y biogeográfica y, los segundos permiten establecer la distribución potencial de los organismos analizando las variables ambientales que explican su distribución geográfica, o lo que es igual, el territorio que por sus características ambientales o geográficas debe contener la mayoría de las poblaciones de una especie. Para determinar el área potencial de distribución de una especie se pueden utilizar modelos de regresión entre la presencia/ausencia de una especie en una parcela de territorio y los valores ambientales de dicha parcela, o bien, utilizar los denominados Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Martín- Piera, 1997).

La Conservación es una ciencia de crisis y como tal se espera de ella decisiones, las más de las veces urgentes. Desde este punto de vista es claro que se necesita conservar y preservar rareza, riqueza, singularidad y los hábitats, ecosistemas y paisajes en los que estas características estén representadas óptimamente. Pero para ello, es preciso aceptar que no todas las especies son 'iguales'. Más allá de las medidas de diversidad y más allá de los valores humanos imperantes en cada región, se precisa reconocer y cuantificar la singularidad histórico-evolutiva (filogenética) y también, aunque esto es bastante más complejo, la funcionalidad ecológica de las especies (Martín-Piera, 1997). En este sentido, Gerritsen y Morales (2001) señalan que la conservación de la biodiversidad requiere esquemas nuevos para incluir lo local, lo complejo, lo diverso, lo dinámico y lo impredecible, que en conjunto rompan con el carácter genérico de los instrumentos políticos existentes, y que la perspectiva de los actores de la participación ofrece herramientas para su entendimiento. Asimismo, la conservación de la biodiversidad y de los recursos naturales en general, es concebida como parte de una búsqueda mayor e incluso suprema: armonizar el metabolismo entre los procesos sociales y naturales (Toledo, 2005).

2.2 Manejo Integral de Cuencas.

En términos estrictos, una cuenca es el área drenada por una corriente fluvial y sus tributarios. Sus componentes están definidos por el relieve, es decir, por la altitud y cambios en la altitud: canales o cursos principales y tributarios, laderas, divisoria de aguas, y nivel de base. Las cuencas y sus canales se organizan a nivel jerárquico: subcuencas y órdenes de cauces. Sin embargo, la cuenca no encierra la idea de homogeneidad a ninguno de los niveles subordinados. La delimitación de subcuencas está dada por la organización de los cauces, no así por las demás características del terreno. En tanto unidad territorial, y a efectos de poder manejar o gestionar el recurso agua en forma eficiente, es preciso considerar aspectos tales como pisos altitudinales (por los cambios en precipitación y temperatura), formas del relieve y suelos (por los cambios en las rocas y materiales superficiales), uso del suelo y cambio de uso de suelo, cambios en la riqueza y abundancia en la biota, sistemas productivos y aptitud para los mismos, y organización social y política para el manejo de recursos. Todos estos componentes pueden ser inventariados, analizados y cartografiados utilizando SIG y otras técnicas complementarias (Bocco, 2004). Durante los

últimos años, la degradación ambiental en México ha pasado a ser un tema principal en el debate nacional tomando connotaciones que afectan la gobernabilidad y la sustentabilidad de la sociedad en su conjunto. Los problemas de degradación de suelos, deforestación, sobreexplotación y deterioro de recursos hídricos y *pérdida de biodiversidad*, dejaron de considerarse como simples datos estadísticos para constituir la causa de numerosos conflictos sociales. Considerando que los ecosistemas naturales se basan en la interacción continua de todos sus elementos, en el tiempo y en el espacio, es imposible solucionar un problema ecosistémico manipulando sólo uno de ellos: el agua. El entendimiento de la dinámica del agua en un territorio pasa por el conocimiento espacial del ciclo hidrológico. Por ello, resulta conveniente utilizar un enfoque de cuenca para entender las interrelaciones entre los recursos naturales (clima-relieve-suelo-vegetación), así como la forma en que se organiza la población para apropiarse de ellos y su impacto en la cantidad, calidad y temporalidad del agua. Este enfoque da la posibilidad de evaluar y de explicar las externalidades resultantes de los diferentes usos del suelo (Cotler, 2004). En la búsqueda de instrumentos de gestión que posibiliten la transversalidad de políticas sectoriales, diversos países han encontrado en el manejo integral de cuencas un instrumento de planeación y de gestión adecuado. El manejo integral de cuencas no sólo permite la gestión equilibrada de los recursos naturales, sino también la integración de los actores involucrados en una sola problemática en lugar de atender varios problemas sectoriales dispersos. La elaboración de un enfoque integrado que supere la fragmentada visión sectorial es determinante para la optimización del recurso hídrico (Cotler, 2004).

2.3 Ecología del Paisaje

En relación con los *corredores*, cabe destacar que desempeñan un papel fundamental para permitir la interconexión entre los distintos fragmentos y reducir el denominado *efecto distancia* que determina la presencia de un menor número de especies en los fragmentos más aislados (Wilson, 1992). Los corredores facilitan la denominada *conectividad*, es decir, la capacidad de los organismos para desplazarse entre fragmentos separados de un determinado tipo de hábitat (Taylor et al., 1993; Hilty et al., 2006). Aunque la conectividad implique riesgos potenciales, éstos quedan ampliamente compensados por los beneficios que ésta conlleva (Vilas-Subirós et al., 2006). La Ecología del Paisaje estudia los patrones espaciales y estructurales del territorio teniendo en cuenta los procesos y flujos que tienen lugar en el mismo (Gurrutxaga y Lozano, 2008). Esta disciplina entiende al paisaje como la manifestación en el espacio de la interacción dinámica entre las sociedades humanas y el medio. El paisaje constituye un nivel de organización de los sistemas ecológicos por encima del ecosistema y por debajo de la ecoregión (Forman, 1995). El nacimiento de la ecología del paisaje mantiene una clara vinculación con la geografía, pues esta perspectiva científica fue definida e instaurada por un geógrafo. En concreto, a finales de la década de 1930, el geógrafo Carl Troll utilizó por primera vez la expresión *landscape ecology*, que definió como el estudio de toda la complejidad de relaciones causa-efecto que existen entre las comunidades de seres vivos y sus condiciones ambientales en una sección específica de paisaje (Troll, 1939). Para estudiar los patrones estructurales del paisaje, es decir, la

disposición y características espaciales de los elementos que lo conforman, la Ecología del Paisaje trata de establecer métodos objetivos para cuantificarlos y convertirlos en medidas cartográficas (Turner et al., 2001). Esta labor está siendo facilitada por el uso de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, los cuales sirven de soporte a diferentes programas diseñados para calcular los atributos espaciales del paisaje y sus componentes (Gurrutxaga y Lozano, 2008). El elemento base para la interpretación del paisaje es el concepto de mosaico, que está compuesto por todo un conjunto de elementos del paisaje (ver figura 2). El concepto de mosaico y la discriminación de los elementos que lo componen se pueden aplicar e inferir a cualquier escala, desde la microscópica hasta la planetaria (Subirós, et al., 2006).

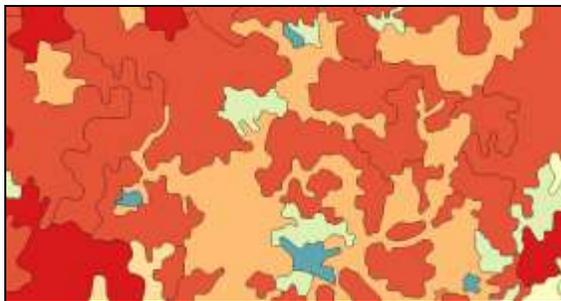


Figura 2 . Mosaico espacial formado por elementos del paisaje en el sur de Puebla (elaboración propia).Cada color representa un tipo de uso de suelo o vegetación diferente.

Tres mecanismos son los que originan esta distinción de elementos: las diferencias en el sustrato, la dinámica natural, con sus perturbaciones y, finalmente, la actividad humana. En el mosaico podemos diferenciar tres grandes tipos de elementos: los fragmentos, los corredores y la matriz. Los fragmentos son las diferentes unidades morfológicas que se pueden diferenciar en el territorio. Los corredores son las conexiones existentes entre unos fragmentos y otros. La matriz es el complejo formado por fragmentos y corredores. Desde un punto de vista funcional, una correcta interpretación de la matriz requiere de la determinación del elemento dominante. El elemento dominante es el que ocupa una mayor superficie y está mejor conectado y acaba desempeñando un papel fundamental en la dinámica del paisaje (ver figura 3).

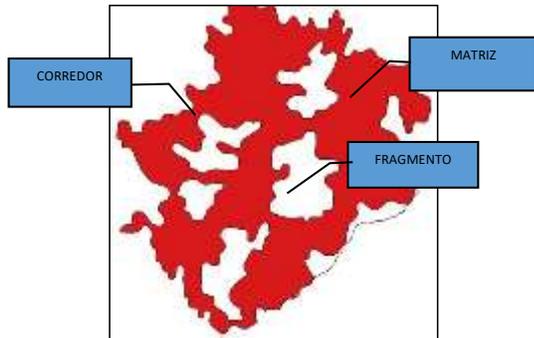


Figura 3. Elementos básicos del modelo estructural de la Ecología del Paisaje (elaboración propia).

Esta discriminación de dominancia no es siempre evidente ni fácil de establecer. La diferenciación de los elementos morfológicos fundamentales abre una amplia gama de posibilidades de valoración cuantitativa con el objetivo de analizar la situación en un momento dado, así como la evaluación de los cambios a lo largo del tiempo y su incidencia paisajística, ecológica, etc. (Subirós, et al., 2006). La *superficie de los fragmentos* muestra una clara correlación con la diversidad de especies que puede albergar. En este sentido, la teoría de la isla biogeográfica desarrollada por McArthur y Wilson (1963 y 1967) determina una reducción progresiva de la diversidad biológica, así como de la dimensión de las poblaciones de las diferentes especies presentes, fruto de la reducción de la extensión de los fragmentos. La reducción de la biodiversidad con el tamaño de las islas es el llamado efecto área y, en el modelo, se establece una disminución de la mitad de las especies a partir de una reducción de diez veces la superficie. Y cuanto menor es el tamaño de la población de una especie determinada, antes puede derivar la población hacia cero hasta llegar a extinguirse (Wilson, 1992). En definitiva, la superficie, la forma, el número y la disposición de los elementos del paisaje condicionan de forma clave su realidad y su dinamismo, así como también sus perspectivas futuras (Subirós, 2006). El efecto de borde puede definirse como el resultado de la interacción de dos ecosistemas adyacentes o cualquier cambio en la distribución de una variable dada que ocurre en la transición entre hábitats (López-Barrera, 2004). La disminución del tamaño de los fragmentos se asocia a un incremento inevitable de la relación perímetro/superficie regido por reglas de geometría básica. Se crea así en todos los fragmentos una banda perimetral de hábitat con condiciones adversas para muchas de las especies allí acantonadas; es decir, se produce una zonificación en un hábitat de borde (de baja calidad) y un hábitat de interior (de alta calidad). La pérdida de calidad se debe a la incidencia de múltiples factores físicos y bióticos que proceden de la matriz de hábitat, por lo que es fácil de comprender que la matriz y los efectos de borde crecen simultáneamente en todos los procesos de fragmentación, con graves consecuencias para la supervivencia de las poblaciones afectadas (Santos y Tellería, 2006).

La escala espacial a la que esta disciplina estudia patrones paisajísticos corresponde fundamentalmente a lo que se ha venido a denominar la “escala de paisaje”, que trasladada al territorio abarca comúnmente desde algunas hectáreas hasta algunos cientos de kilómetros cuadrados. Esta escala de paisaje es considerada la idónea para la toma de decisiones referentes a las planificación y gestión territorial (Burel y Baudry, 2002) (ver figura 4).

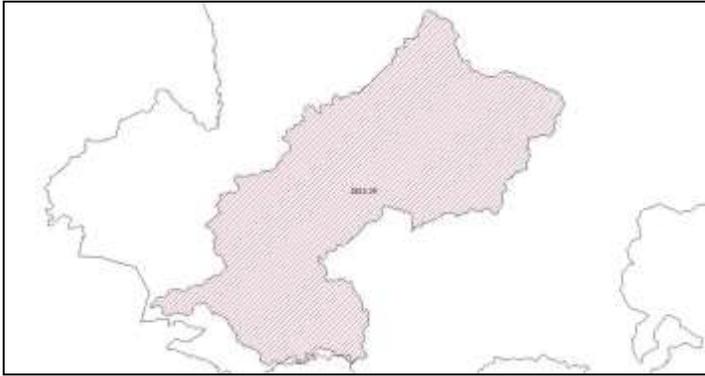


Figura 4. Superficie del área de estudio (2813.29 km²).

Los resultados de la aplicación de métodos cuantitativos en ecología del paisaje se agrupan en los denominados «índices de paisaje». Los índices de paisaje aportan interesantes datos numéricos sobre la composición y la configuración de los paisajes, la proporción de cada cubierta del suelo o la superficie y la forma de los elementos del paisaje. Además, los índices de paisaje permiten una útil e interesante comparación entre distintas configuraciones paisajísticas, la misma área en distintos momentos temporales o la definición de escenarios futuros (Gustafson, 1998). Destacan los siguientes índices por su utilidad:

1. *Índices de área, superficie, densidad y variabilidad.*

Son un tipo de índices centrado en las características de dimensión y en el número de fragmentos que conforman el área de estudio. Destacan los siguientes: Área por clase (APC): Calcula el área correspondiente al conjunto de fragmentos que constituyen una clase determinada; Proporción de cada clase (PDC): Es la proporción del área de cada clase; Número de fragmentos (NDF): Número de fragmentos totales y número de fragmentos de cada clase; Densidad de fragmentos (DFF): Número de fragmentos de cada clase por unidad de superficie; y Área del fragmento mayor (AFM): Superficie del fragmento de mayor tamaño.

2. *Índices de ecotono y hábitat interior.*

Permiten hacer cálculos sobre la amplitud del ecotono, o hábitat de borde, en relación con el hábitat interior. El hábitat de interior se considera fundamental para la presencia y el mantenimiento de fauna y flora especialista, es decir, más exigente en sus requerimientos

ecológicos, mientras que el hábitat de borde facilita la presencia de especies generalistas (Forman, 1995). Entre estos índices, cabe destacar los siguientes usados en este trabajo: Perímetro del borde (PDB): Perímetro del ecotono a nivel de clase o del conjunto del paisaje; Densidad del borde (DDB): Perímetro del ecotono en relación con la superficie del paisaje; Área núcleo (AN): Superficie de hábitat interior correspondiente a nivel de clase o de paisaje (equivale aproximadamente al 90% del área por clase).

Fragmentación y destrucción del hábitat.

Con la fragmentación y destrucción de un hábitat se produce un cambio progresivo en la configuración del paisaje que puede definirse adecuadamente mediante las tendencias de cinco variables paisajísticas que cambian simultáneamente y que tienen, en conjunto, una incidencia perniciosa sobre la supervivencia de las especies afectadas (Santos y Tellería, 2006):

- Una pérdida regional en la cantidad de hábitat, con la consiguiente reducción del tamaño de las poblaciones de los organismos afectados. Como consecuencia, disminuye la densidad regional de las especies (número de individuos por unidad de superficie en toda la región considerada), un buen índice de su capacidad para restañar extinciones puntuales mediante el aporte de individuos desde sectores menos alterados.
- Una disminución del tamaño medio y un aumento del número de los fragmentos de hábitat resultantes. Esta tendencia reduce progresivamente el tamaño de las poblaciones mantenidas por cada uno de los fragmentos, aumentando así el riesgo de que alcancen un umbral por debajo del cual son inviables.
- Un aumento de la distancia entre fragmentos, con la consiguiente dificultad para el intercambio de individuos entre las poblaciones aisladas, así como para reponerse, por recolonización, de una eventual extinción.
- Por último, se produce un aumento de la relación perímetro/superficie y, por consiguiente, una mayor exposición del hábitat fragmentado a múltiples interferencias procedentes de los hábitats periféricos, conocidos genéricamente como "matriz de hábitat". Se da así un creciente efecto de borde que origina un deterioro de la calidad del hábitat en regresión, afectando a la supervivencia de las poblaciones acantonadas en los fragmentos.

3 Objetivos e Hipótesis.

3.1 Objetivo General

Desarrollar una estrategia de conservación de la biodiversidad en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo, con base en el estado de conservación de la vegetación y la presencia de especies en algún estado de riesgo, con un enfoque de Manejo Integral de Cuencas.

3.2 Objetivos Particulares

- Caracterizar desde el punto de vista ambiental la zona de estudio, considerando factores geográficos como topografía, hidrología, edafología, geología, fisiografía, climatología, vegetación y biogeografía.
- Diagnosticar el estado de conservación de la cobertura vegetal, a partir de cambios de uso del suelo y fragmentación del hábitat, como elementos de perturbación del hábitat, con un enfoque de Ecología del Paisaje.
- Desarrollar una estrategia para proponer un área de conservación biológica de la subcuenca, a partir del diagnóstico del estado de la cobertura vegetal.
- Evaluar el estado de flora y fauna con base en su distribución geográfica y su estado de protección o conservación.
- Proponer una figura de conservación en la subcuenca, a partir de factores biofísicos y socioeconómicos, tomando en cuenta las estructuras de conservación existentes y la opinión de actores locales clave.

3.3 Formulación de Hipótesis

La subcuenca Río Atoyac-Tehuiztzingo cuenta con amplias áreas conservadas de selva baja caducifolia y bosque de encino, así como especies animales en algún estado de riesgo, por lo que son espacios naturales susceptibles para delimitar zonas de conservación de la biodiversidad bajo diferentes modalidades.

4 Metodología

El manejo de cuenca debe ser, en esencia, un proceso flexible, dinámico y adaptativo que puede esquematizarse en diferentes grandes fases, las cuales proveen un marco para organizar la información, ejercer la toma de decisiones y evaluar el proceso (Davenport 2003). Este proceso en sí mismo puede estar formado por diferentes etapas, con algún grado de variación sobre los detalles de cada una; sin embargo, a lo largo de la literatura sobre planeación de recursos naturales en el contexto de cuencas hidrográficas es posible identificar cuatro etapas básicas (Cotler y Caire, 2009):

1. Elaboración de diagnóstico,
2. Etapa de planeación,
3. Etapa de implementación y
4. Evaluación y retroalimentación.

En este trabajo se modificarán estas etapas de la siguiente manera:

1. Caracterización (ubicación, topografía, geología, edafología, hidrología, climatología, vegetación, biodiversidad y biogeografía),
2. Diagnóstico (cambio de uso de suelo, análisis de la fragmentación de la vegetación),
3. Evaluación (estado de conservación de la biota y aspectos sociales) y
4. Propuesta (Regiones adecuadas para la conservación y Figuras de conservación).

4.1 Caracterización del área de estudio.

Para la ubicación del área de estudio y en general para todos los procesos de análisis geográficos, se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG) Quantum GIS (QGIS) versión 1.8.0. QGIS es un SIG de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License. QGIS es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Corre sobre Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos (QGIS, 2014). Se usó el Sistema de Referencia de Coordenadas proyectadas métricas Universal Transverso de Mercator en todos los proyectos del QGIS a menos que se indique lo contrario.

4.1.1 Ubicación y División política.

Para la ubicación se obtuvo el polígono de la subcuenca Río Atoyac-Tehuiztzingo (clave RH18Aa) a partir de la red hidrográfica escala 1:50 000 Edición: 2.0 (INEGI, 2010) en formato vectorial shapefile (shp). Una vez representado en el QGIS usando como sistema de referencia de coordenadas WGS84/UTM zona 14N, al polígono de la subcuenca se le agregó una capa vectorial de los municipios de Puebla a partir de la capa de Áreas Geostatísticas Municipales 2012 de INEGI (2014a). Por último se agregó una capa vectorial

en formato DXF (Drawing Exchange format) de las vías de comunicación y las localidades más importantes a partir de la Síntesis Geográfica del Estado de Puebla (INEGI, 2000). A partir de este proyecto geográfico se obtuvieron las coordenadas en grados decimales y UTM de los límites cardinales del polígono de la subcuenca, usando la herramienta de captura de coordenadas del QGIS. Para la delimitación se agregó el polígono de la subcuenca (INEGI, 2010) y la capa de los municipios de Puebla (INEGI, 2014), para hacer el recorte de los municipios al interior de la subcuenca usando herramientas de geoproceto. Enseguida se muestran las etiquetas con la información del campo de clave (de la tabla de atributos) de los municipios. Las claves de los municipios con los nombres de los mismos y la proporción de cada municipio en la subcuenca se muestran en el cuadro 5.

4.1.2 Topografía, Fisiografía y Geología

La topografía y superficie del área de estudio se muestran a través de curvas de nivel graduadas y equidistantes cada 200 m, a partir de la capa vectorial Curvas de nivel para la república mexicana (CONABIO, 1998) y también por medio de la capa Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0) en formato bil (Band Interleaved by Line Image File) o modelo digital de elevación (INEGI, 2013). La información fisiográfica y geológica se obtuvo a partir del libro digital de la Síntesis Geográfica del Estado de Puebla (INEGI, 2000), así como la información cartográfica en formato dxf.

4.1.3 Edafología.

Se obtuvo la información edafológica a partir del Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000 Serie II (INEGI, 2007); se extrajo la superficie y porcentaje de cada tipo de suelo. Las claves de los tipos de suelos se consultaron del World Reference Base for Soil Resources (IUSS Working Group WRB, 2014.)

4.1.4 Hidrología.

La región hidrológica a la que pertenece la subcuenca del Río Atoyac-Tehuiztzingo (Cuenca del Balsas) se muestra en la figura 17 a partir de la carta de Maderey y Torres-Ruata (1990) con el perfil del estado de Puebla (CONABIO, 2008). La información sobre patrones hidrológicos, cuerpos de agua e interrelaciones de la cuenca a la que pertenece esta subcuenca (Cuenca del Río Atoyac) se obtuvieron de la Síntesis Geográfica del Estado de Puebla (INEGI, 2000).

4.1.5 Climatología.

La información climatológica de la subcuenca se recopiló a partir del libro digital de la Síntesis Geográfica del Estado de Puebla (INEGI, 2000), así como la información cartográfica en formato dxf. Se obtuvo la superficie y el porcentaje de cada tipo de clima.

4.1.6 Provincias biogeográficas.

La información cartográfica de las provincias biogeográficas del estado se obtuvieron a partir del archivo vectorial de Provincias biogeográficas de México (CONABIO, 1997). La información sobre las características de las provincias biogeográficas de México se recopiló de Morrone (2005).

4.1.7 Uso de suelo y vegetación (USUEV).

Para el análisis de la vegetación y uso del suelo se usó el Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, Serie IV de INEGI (2009). Se realizó el recorte a nivel de la subcuenca y se obtuvo la superficie y el porcentaje de cada tipo de vegetación. 164 puntos fueron verificados en campo, es decir, se evaluó visual y fotográficamente el tipo de USUEV y su estado de conservación, y se geoposicionó cada punto para compararlo con lo reportado en la cartografía (ver fotos 1, 3 ,4, 6, 7, 8, 11 y 14 en anexo II).

4.2 Diagnóstico del estado de la cobertura vegetal

4.2.1 Cambio de Uso de Suelo (CUS).

Como parte del diagnóstico ambiental de la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo (SAT), se llevó a cabo el cambio de uso del suelo (CUS) de esta región por medio del Quantum GIS (QGIS). Se utilizaron los conjuntos de datos vectoriales E1405 (Cuernavaca), E1406 (Orizaba) Y E1408 (Chilpancingo) de las cartas de USUEV escala 1:250 000, de 1984 (serie II), 2004 (serie III) y de 2011 (serie III), obtenidas del geoportal de INEGI. Fue necesario emplear tres cartas para cada fecha ya que una sola no abarcaba toda el área de estudio (ver figura 5).

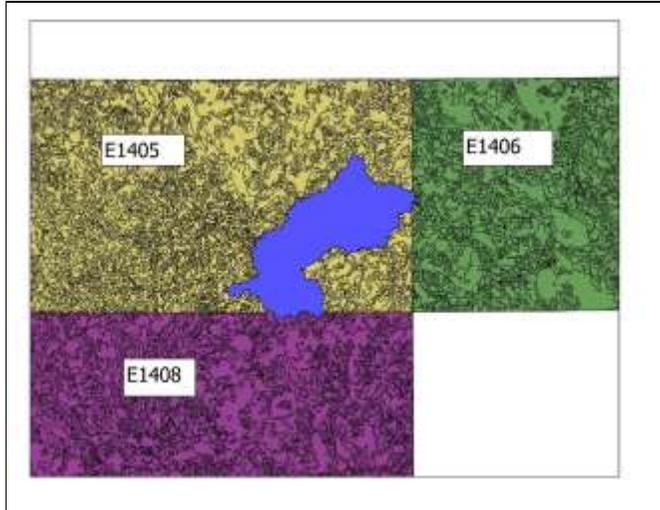


Figura 5. Conjuntos de datos vectoriales usados en el CUS (área de estudio polígono azul).

Se procedió a realizar el recorte de los USUEV y la categorización por tipo, para cada fecha, para luego unir la información de las cartas de Morelos, Veracruz y Guerrero (ver figuras 6, 7 y 8).

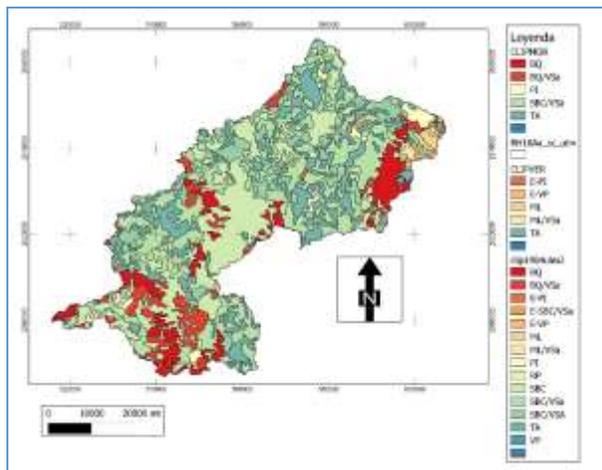


Figura 6. USUEV en 1984

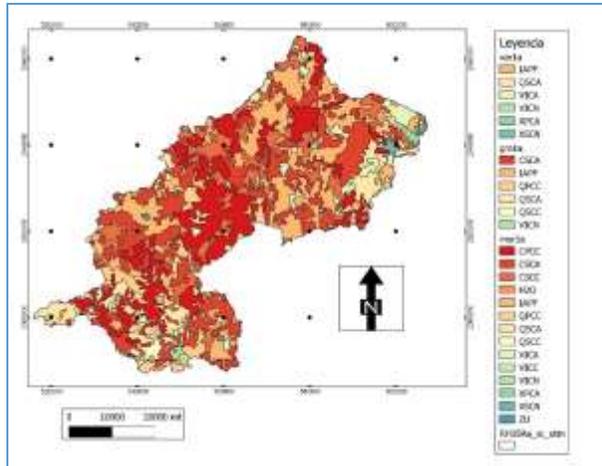


Figura 7. USUEV en 2002

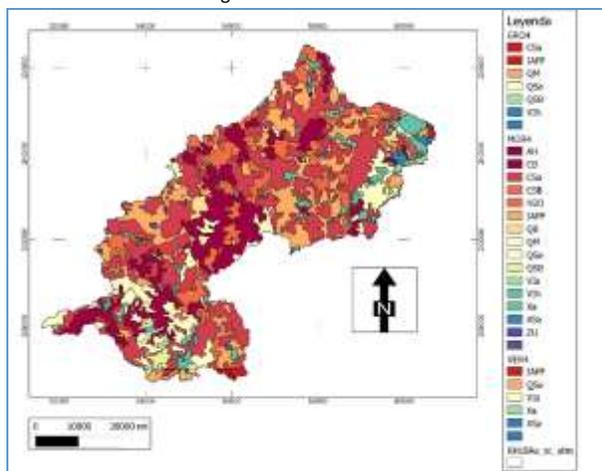


Figura 8. USUEV en 2011

Para poder comparar entre fechas, fue necesario hacer una tabla de equivalencias, ya que algunas categorías del 2011 tenían un nombre diferente en 1984 y en 2002. En este mismo cuadro se agruparon categorías específicas de USUEV (como vegetación inducida con estrato arbustivo y vegetación inducida con estrato herbáceo), en categorías más generales (vegetación inducida con estrato arbustivo y herbáceo), ya que para los fines de este trabajo el estrato dominante no es relevante. Una vez hechas las equivalencias, se procedió a estimar las superficies totales de cada categoría de uso de suelo, a partir de la tabla de atributos de cada carta; se estimó y graficó la diferencia en términos absolutos y porcentuales. Se obtuvieron los valores de cambio absoluto y las tasas de cambio usando la

fórmula de tasa de cambio desarrollada por la FAO, es decir: $\text{delta} = ((S_2/S_1)^{1/n}) - 1$, donde delta es la tasa de cambio (para expresar en porcentaje se multiplica por 100), S_1 es la superficie en la fecha uno, S_2 superficie en la fecha dos y n es el número de años entre las dos fechas (FAO, 1996); así como los porcentajes de cambio por intervalo. Para conocer los cambios específicos entre cada categoría de USUEV entre 1984 y 2011 (quedando implícitos los cambios de 1984 a 2002 y de 2002 a 2011), se construyó una matriz de transición, en la cual se presentan los valores de cobertura para 2011 en las columnas, y para 1984 en las filas. La celda donde se cruza una fila con una columna representa la *transición* de la cobertura de un tipo de USUEV a otro, de 1984 a 2011; las celdas en la diagonal donde coincide el mismo tipo de USUEV entre fechas representa las permanencias (sin cambio). Al final de cada fila/columna se presentan las coberturas totales de ese USUEV para ese año. Esta misma matriz se transforma en porcentajes para construir un modelo de cambio de uso de suelo por medio de un diagrama de flujo. Este diagrama representa la probabilidad de cambios en los siguientes procesos:

- Permanencia: representa la ausencia de cambios (flechas rojas);
- Alteración: implica una modificación inducida por el hombre en la vegetación natural, sin reemplazo de la misma, por ejemplo, transformación de vegetación primaria a secundaria (flechas verdes);
- Deforestación: es el cambio de una cubierta dominada por árboles hacia una que carece de ellos, por ejemplo, transformación de selva en pastizal o zona agrícola (flechas azules);
- Recuperación primaria: es la transformación de vegetación secundaria a primaria (flechas marrón);
- Recuperación secundaria: es la transformación de zona agrícola a vegetación secundaria (flechas amarillas).

No se presentan en el diagrama de flujo procesos con valores menores al tres por ciento para simplificar el esquema.

Enseguida se sintetiza la información del modelo de cambio de uso de suelo en un cuadro en el que se agrupan los procesos en función de su probabilidad de ocurrir, es decir, probabilidad baja (0-33.0%), media (33.1-66.0%) y alta (66.1-100%); tampoco se consideran los procesos con valores menores al 3%. Con los valores absolutos de coberturas de vegetación de cada fragmento se aplicó una prueba del signo no paramétrica para detectar diferencias estadísticas, por medio del paquete PAST.

4.2.1.1 Dominancia de los procesos de CUS

Para poder estimar si algún proceso de CUS es dominante sobre los demás, es necesario considerar la frecuencia con la que ocurre el proceso, pero también la probabilidad de que ocurra. Es decir, podemos tener un proceso muy frecuente, pero si su probabilidad es baja y no se considera, estaríamos sobreestimando su dominancia. Para estandarizar los valores de las frecuencias de los procesos de CUS, se hizo lo siguiente:

1. Para estimar los intervalos de frecuencia, se resta el valor mayor del menor y se divide entre tres, para generar tres categorías de frecuencia.
2. A cada categoría se asigna un valor de menor a mayor (1= baja; 2= media; 3= alta).

Cuadro 1. Categoría y valor de cada intervalo de frecuencia de procesos de CUS.

Intervalo de frecuencia	Categoría	Valor de categoría
2.0-5.3	Baja	1
5.4-8.7	Media	2
8.8-12.0	Alta	3

Lo mismo se realiza con la probabilidad de que ocurra cada proceso, es decir:

1. Se promediaron los valores de probabilidad de cada proceso.
2. Restamos el valor mayor del menor y dividimos entre tres, para generar tres categorías de frecuencia.
3. A cada categoría se le asignó un valor de menor a mayor (1= baja; 2= media; 3= alta)

Cuadro 2. Categoría y valor de cada intervalo de promedio de probabilidad de ocurrir de cada proceso de CUS.

Intervalo de promedio de probabilidad	Categoría	Valor de categoría
5.6-22.85	Baja	1
22.86-40.11	Media	2
40.12-57.37	Alta	3

Entonces se puede calcular un “Índice de dominancia” del proceso de CUS, es decir si se suma el valor de categoría de frecuencia más el valor de la categoría del promedio de probabilidad.

4.2.1.2 Importancia de los procesos de CUS para la conservación.

Para evaluar efectivamente la importancia de los procesos de CUS para la conservación, se propone un índice de “importancia”, que considere la probabilidad de que ocurra un proceso y el efecto que tiene. El efecto de un proceso de CUS para la conservación puede ser positivo, neutro o negativo; generalmente los procesos de recuperación serán positivos, los de permanencia serán neutros, y los de deforestación y alteración serán negativos. En el cuadro 3 se clasifican los procesos de CUS según su efecto.

Cuadro 3. Proceso de CUS y valor del efecto asignado.

Proceso	Usuev	Valor del efecto
Permanencia	Agricultura y ganadería	-1
Alteración	Matorral xerófilo primario a secundario	-1
Deforestación	Matorral xerófilo secundario a pastizal inducido	-1

Alteración	Bosque de encino primario a secundario	-1
Permanencia	Vegetación inducida	-1
Deforestación	Selva caducifolia secundaria a agricultura y ganadería	-1
Deforestación	Selva caducifolia secundaria a pastizal inducido	-1
Alteración	Selva caducifolia primaria a secundaria	-1
Alteración	Selva caducifolia primaria a bosque de encino secundario	-1
Deforestación	matorral xerófilo secundario a agricultura y ganadería	-1
Deforestación	Bosque de encino secundario a pastizal inducido	-1
Alteración	Pastizal inducido a agricultura y ganadería	-1
Deforestación	Matorral xerófilo primario a pastizal inducido	-1
Deforestación	Bosque de encino primario a pastizal inducido	-1
Alteración	Bosque de encino primario a selva caducifolia secundaria	-1
Alteración	Matorral xerófilo primario a selva caducifolia secundaria	-1
Deforestación	Bosque de encino secundario a agricultura y ganadería	-1
Permanencia	Selva caducifolia secundaria	0
Permanencia	Bosque de encino secundario	0
Recuperación secundaria	Agricultura y ganadería a pastizal inducido	0
Alteración	matorral xerófilo secundario a bosque de encino secundario	0
Alteración	Bosque de encino secundario a selva caducifolia secundaria	0
Alteración	matorral xerófilo secundario a selva caducifolia secundaria	0
Alteración	Bosque de encino primario a selva caducifolia primaria	0
Permanencia	Selva caducifolia primaria	1
Recuperación secundaria	Agricultura y ganadería a selva caducifolia secundaria	1
Permanencia	Bosque de encino primario	1
Recuperación primaria	Selva caducifolia secundaria a primaria	1
Permanencia	Matorral xerófilo primario	1
Recuperación secundaria	Pastizal inducido a selva caducifolia secundaria	1
Recuperación primaria	Pastizal inducido a selva caducifolia primaria	1
Recuperación primaria	Bosque de encino secundario a selva caducifolia primaria	1

Sin embargo, no sólo el efecto de un proceso define su importancia; también hay que considerar la probabilidad de que ocurra. Puede ser un efecto positivo, pero si es poco probable, será poco importante. Para estandarizar la probabilidad de cambio, se realizó lo siguiente (Cuadro 4):

1. Se resta el valor de probabilidad de cambio mayor del menor y se divide entre tres, para generar tres categorías de frecuencia.
2. A cada categoría se le asignó un valor de menor a mayor (1= baja; 2= media; 3= alta).

Cuadro 4. Probabilidad de cambio de cada proceso de CUS, categoría de probabilidad y valor de categoría.

Probabilidad de cambio	Categoría de probabilidad	Valor de categoría de probabilidad
51.16-75.20	Alta	3
27.11-51.15	Media	2
3.06-27.10	Baja	1

Enseguida se calculó un “Índice de importancia para la Conservación” (IIPC) de los procesos de CUS, el cual suma la probabilidad de un proceso y su efecto, ambos estandarizados, y toma valores desde cero (sin importancia) hasta tres (importancia alta).

4.2.2 Fragmentación de la Vegetación

Se realizó un análisis de fragmentación de la vegetación actual con el programa LecoS (Land cover statistics) para Quantum GIS a partir de la carta de uso del suelo y vegetación de INEGI. Se obtuvieron al menos cuatro índices de área, (área por clase, APC; proporción de clase, PDC; número de fragmentos, NDF; y área del fragmento mayor, AFM); y tres índice de borde o ecotono (perímetro del borde, PDB; densidad del borde, DDB y área núcleo, AN). A estos valores se les aplicaron pruebas de hipótesis no paramétricas para detectar diferencias estadísticas. Se utilizó el software LecoS (Landscape Ecology Statistics) para hacer el análisis de Ecología del Paisaje, ya que además de que calcula los índices del paisaje, también es compatible con Quantum GIS. El procedimiento es el siguiente:

- 1.- Dado que el LecoS sólo funciona con capas tipo raster, es necesario rasterizar el archivo shape. Se abrió el archivo shape a convertir, en este caso, las cartas de INEGI Uso de suelo y vegetación 1:250 000 del año 2011 del área de estudio.
- 2.- Agregar un número de clase a cada tipo de uso de suelo y vegetación.
- 3.- Abrir la tabla de atributos y se crea un campo llamado "Clase". En él se asigna el número de clase correspondiente a cada tipo de uso de suelo y vegetación.
- 4.- Abrir el menú "Raster->Conversión->Rasterize (Vector to Raster)". En este menú se selecciona como Campo de atributos a "Clase" y se crea un nuevo archivo raster.
- 5.- Abrir el archivo raster y el polígono en formato shape de nuestra área de estudio. Se va a "Raster->Extracción->Clipper", crear un nuevo archivo de salida, seleccionar la opción "Valor de sin datos", la opción de "Capa de máscara" y seleccionar nuestra área de estudio. En caso de que marque error ir a "Raster->Proyecciones->Warp (Reproject)" y reproyectar el archivo al SRC de nuestra área de estudio.
- 6.- El archivo ya está listo para usarse. Sin embargo, es recomendable editar los colores del archivo raster. Para ello se abren las propiedades del raster. En la pestaña "Estilo" elegir "Unibanda pseudocolor" como tipo de renderizador. Elegir o generar un mapa de color, en la opción "Modo" seleccionar "Intervalo igual", elegir que sea el número de clases del área de estudio (10 en este caso) y en la opción de "Min" y "Max" colocar el primer y último número de las clases. Hacer clic en clasificar y en la parte donde dice "Etiqueta" nombrar cada una de las clases. Hacer clic en el disco guardar para guardar el mapa de color y hacer clic en "Aceptar".

7. Una vez rasterizada la capa de uso del suelo, se da de alta el software de LecoS en los complementos del QGIS, y se ejecuta el comando Landscape statistics (que sólo funciona en formato raster) en el menú de raster. Este procedimiento va a generar un archivo de texto con los índices mencionados más adelante.

4.3 Estrategia de Conservación: primera parte.

Con base en la información generada durante el diagnóstico, se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuáles y cuantas serían las áreas de vegetación natural más susceptibles de ser conservadas? A partir del análisis de cambio de uso de suelo, ¿existe una cobertura significativa de vegetación natural todavía existente en la subcuenca?; y de los resultados de ecología del paisaje, ¿Qué tan fragmentada está la vegetación natural y ¿Cuáles son los fragmentos más grandes de la misma?

Se plantea una propuesta de conservación en el centro de la subcuenca, en un polígono de selva primaria con fragmentos de selva secundaria, y bosque primario y secundario, y en menor medida, pequeños fragmentos de zonas agrícolas.

4.4 Evaluación de la biodiversidad en subcuenca y en la PC.

4.4.1 Biodiversidad en la bibliografía.

Se analizó la presencia de flora y fauna a partir de 12 publicaciones existentes, tales como Guízar-Nolazco et al. (2010), Valencia-Ávalos et al. (2011), Cuate- Mozo et al., (2013), Sánchez-Velázquez et al. (2012), Castañeda-Osorio et al. (2015), López-Vivanco (2015), Vargas- Orrego (2014), García-Vázquez et al., (2006), Huerta-Garrido (2010), Pérez-Burgos (2015) Araujo-Vargas (2008), Gómez-Cuadros, (2012) y Cuautle-Hernández (2013), con la distribución de plantas vasculares, coleópteros, anfibios, reptiles, aves, mamíferos, carnívoros y murciélagos de la región de la mixteca poblana. Se tomaron en cuenta las especies comunes a dos o más sitios para conformar comunidades animales, a las cuales se les aplicó el método de propinquidad media (Trujano y Rodríguez, 2007), que consiste en trazar las líneas más cortas (árbol de tendido mínimo) entre cada localidad donde se ha registrado una especie (distribución geográfica). Enseguida se obtiene el promedio de las distancias de estos segmentos, el cual se toma como radio de círculos alrededor de cada localidad (buffer); se fusionan los círculos y se obtiene el área de distribución de cada especie. Este método permite estimar gráficamente el área de distribución de las especies a partir de la distribución geográfica (puntos donde se encuentra la especie) de las mismas. Con esta información se integra el inventario de flora y fauna de la subcuenca con certeza, ya que se utilizan datos de distribución documentados en la bibliografía. Por último, se hizo una revisión del estado de endemismo de las especies según Flores-Villela y Gerez (1994), y se analizó el estado de conservación de especies relevantes a partir de listado de la NOM-059-SEMARNAT (DOF, 2010) y la red list de la IUCN (2001).

4.4.2 Coleopterofauna indicadora de diversidad: análisis de la biodiversidad en el campo.

Favila y Halffter (1997) proponen el uso de escarabajos de la subfamilia *Scarabaeinae* (de la Familia *Scarabaeidae*) como un grupo indicador para el estudio de aspectos básicos de la biodiversidad, en bosques tropicales, y para la evaluación y el monitoreo de los efectos de las actividades humanas en estos ecosistemas; consideran que este grupo cumple con las seis características mencionadas por Pearson (1994 y 1995 en Favila y Halffter, 1997) para ser un buen grupo indicador, es decir:

- 1) El grupo indicador debe consistir en un gremio rico y estar bien definido en la comunidad que deseamos estudiar,
- 2) El grupo indicador debe contar con suficiente información sobre su historia natural y su taxonomía,
- 3) Los organismos que integran al grupo indicador deben de ser fácilmente capturables,
- 4) La colecta y otras actividades relacionadas con el estudio del grupo indicador no deben poner en riesgo la conservación del grupo,
- 5) Los datos de captura deben ofrecer suficiente información ecológica para determinar la composición y la estructura del gremio y sus interacciones con el resto de la comunidad, y
- 6) El grupo indicador debe servir para medir la disminución en la biodiversidad como resultado de una reducción en el área o en los recursos disponibles debido a la perturbación u otras actividades antropogénicas (Noss, 1990).

Por tanto, se hicieron cuatro muestreos en verano, de 10 coprotrampas cada uno (ver fotos 9, 10, 12 y 13, anexo II), de coleópteros coprófagos indicadores de diversidad (Familia *Scarabaeidae*, Subfamilia *Scarabaeinae*) en selva caducifolia en cuatro localidades de la subcuenca: Unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) Coahuilula (o Tlalhuayan) el tres de julio del 2016 (ver fotos 3, 6, 7, 8 9 y 10, anexo II) y Área Natural Protegida Voluntaria El Campanario el 18 de septiembre de 2016 (ver fotos 4 y 5, anexo II) en Chiautla, UMA Tequiahua en Tulcingo del Valle el cuatro de julio del 2017 (ver fotos 11, 12 y 14, anexo II) y Bienes Comunales de San Mateo Mimiapan, en Zacapala el 28 de julio del 2017 (ver fotos 1 y 2, anexo II), para corroborar la información sobre biodiversidad.

Se realizó el análisis de la diversidad y abundancia para contrastar estos parámetros entre sitios. Para este efecto, se determinó la diversidad alfa (diversidad al interior de la comunidad), estimando en primer lugar la normalidad de los datos y la eficiencia del muestreo a través de modelos de acumulación de especies como el Bootstrap (no paramétrico); según Pineda-Lopez y Verdú-Faraco (2013), se considera que un inventario está razonablemente completo cuando el porcentaje de las especies observadas es mayor al 80% de la riqueza total estimada; para este fin se utilizó el paquete EstimateS v. 9.1.0 (Colwell, 2013). También se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, tomando como medida de dispersión 100 remuestreos Bootstrap, así como el índice de dominancia de Simpson (Moreno, 2001). Se estimó la diversidad beta por medio de un dendograma de similitud aplicando el Índice de Jaccard usando como medida de confianza el remuestreo tipo Bootstrap; todos los análisis de diversidad se realizaron en el paquete PAST v. 3.06

(Hammer, et al., 2001). Se elaboró el gráfico de rango-abundancia o Gráfico de Whittaker (logaritmo de abundancia proporcional vs rango de especies), para visualizar la composición de especies, la equitabilidad y la estructura de la abundancia.

4.4 Estrategia de conservación: segunda parte.

Como parte del trabajo de tesis se consideró necesario consultar a los habitantes y propietarios de los sitios de estudio para conocer sus opiniones y conocimientos sobre las áreas naturales. Evidentemente no se puede hacer una propuesta de conservación biológica en la región sin contar con la participación de los dueños de los terrenos. Es a partir de la información generada por los propietarios de los terrenos y de los demás resultados de este trabajo, que surge una figura de conservación adecuada para la región.

Se aplicaron cuatro encuestas a propietarios clave de los terrenos: el 3 de julio de 2016 a don Lucino Emiliano Torres Linares (74 años, ganadero; Predio Coahuilula en la UMA Tlalhuayan de 607.9 ha), el 18 de septiembre del mismo año a don Dagoberto Clara Germán (65 años, maestro; Predio El Campanario, ANP voluntaria de 26.0 ha; foto 5, anexo II), el cuatro de julio de 2017 a don Efraín Nava Visoso (52 años, agricultor y ganadero, UMA Tequiahuac; foto 15, anexo II), y el 28 de julio del 2017 a don Javier Téllez Galeno (48 años, Comisariado Bienes Comunes San Mateo Mimíapan, 4731.7 ha).

En primer lugar se les presentó el documento anexo (ver anexo I), el cual hace un resumen sobre la ubicación, tamaño y USUEV de la propuesta de conservación en la región, así como el concepto de área natural protegida y la propuesta de manejo. Éste última se basa en la idea de Mandujano (2011), que propone que se puede manejar el venado cola blanca a nivel regional a partir de un sistema de redes en las cuales UMAs (Unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre) pequeñas estén conectadas a ANPs (Áreas naturales protegidas) grandes para permitir el flujo de individuos y mantener poblaciones mínimas viables; esta propuesta sugiere integrar a la UMA como unidad independiente de manejo, a un sistema regional de manejo. Por supuesto que aquí sugerimos que este modelo se extienda a un sistema general de conservación de toda la biodiversidad en la región, y no sólo del venado cola blanca. Por último se aplicó la encuesta y se solicitó que señalaran en una carta los parajes o localidades conocidas por ellos al interior del polígono propuesto. Se elaboró una propuesta de conservación de la biodiversidad a través de una figura existente de manejo de recursos naturales, tomando en cuenta el estado en que se encuentra la vegetación, la flora y la fauna, y con base en la situación socioeconómica y la historia y observaciones de organizaciones de productores rurales como agricultores, ganaderos (tradicionales y alternativos) y silvicultores, y propietarios de unidades para el manejo y aprovechamiento de la vida silvestre (UMAs).

5 Resultados

5.1 Caracterización del Área de Estudio

5.1.1 Ubicación y división política.

La subcuenca Río Atoyac-Tehuiztzingo, también denominada Región hidrológica Rh18Aa, es una cuenca abierta y se encuentra al suroeste del estado de Puebla entre los -97.98381 y los -98.84971 grados de longitud (515901.817 y 607280.600 UTM14N), y entre los 17.97461 y los 18.67909 grados de latitud (1987436.390 y 2065478.810 UTM14N) (Ver figura 9).

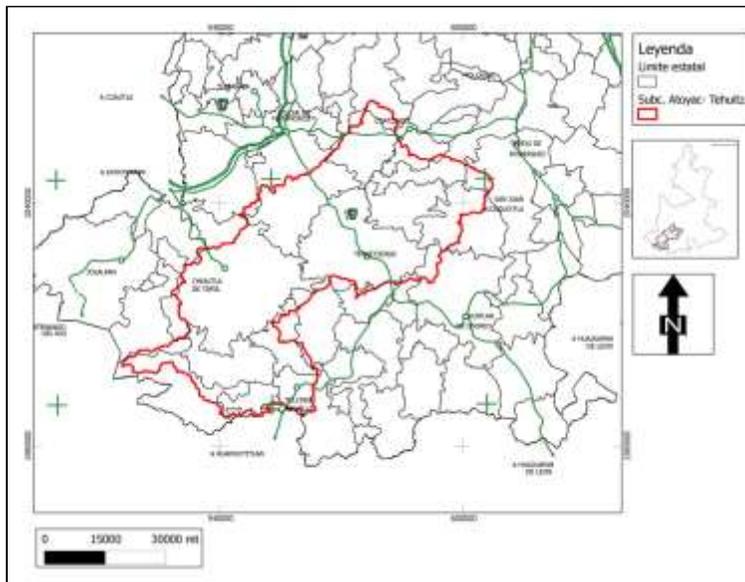


Figura 9. Ubicación geográfica del área de estudio (Fuentes: CONABIO, 2008; INEGI 2000, 2010, 2014)

Políticamente el área de estudio abarca total o parcialmente 24 municipios del estado de Puebla y uno de Guerrero, Xochihuehuetlán (ver cuadro 5 y figura 10).

Cuadro 5. Municipios de la subcuenca (Fuente: INEGI).

CLAVE	Nombre	Área km ²	%
21047	Chiautla	626.47	22.28

21157	Tehuizingo	473.67	16.84
21085	Izucar de Matamoros	299.44	10.65
21198	Xicotlan	204.30	7.26
21042	Cuayuca de Andrade	191.07	6.79
21007	Ahuatlan	167.94	5.97
21147	Sta Inés Ahuatempan	147.82	5.25
21081	Ixcamilpa de Guerrero	107.63	3.82
21206	Zacapala	105.02	3.73
21056	Chila de la Sal	102.25	3.63
21191	Tulcingo	84.44	3.00
21011	Albino Zertuche	71.83	2.55
21031	Coatzingo	45.77	1.62
21003	Acatlán	36.85	1.31
21024	Axutla	31.62	1.12
21169	Tepexi de Rodríguez	30.34	1.07
21032	Cohetzala	27.66	0.98
21159	Teopantlan	27.15	0.96
21051	Chietla	10.30	0.36
21059	Chinantla	6.78	0.24
21009	Ahuehuetitla	6.12	0.21
12070	Xochihuehuetlan	4.57	0.16
21073	Huehuetlan el chico	1.70	0.06
21201	Xochiltepec	0.38	0.01
21062	Epatlan	0.09	0.00
TOTAL		2,811.348	100.0

Los tres municipios con mayor presencia son Chiautla, Tehuizingo e Izúcar de Matamoros, con el 49.77% de la superficie del área de estudio.

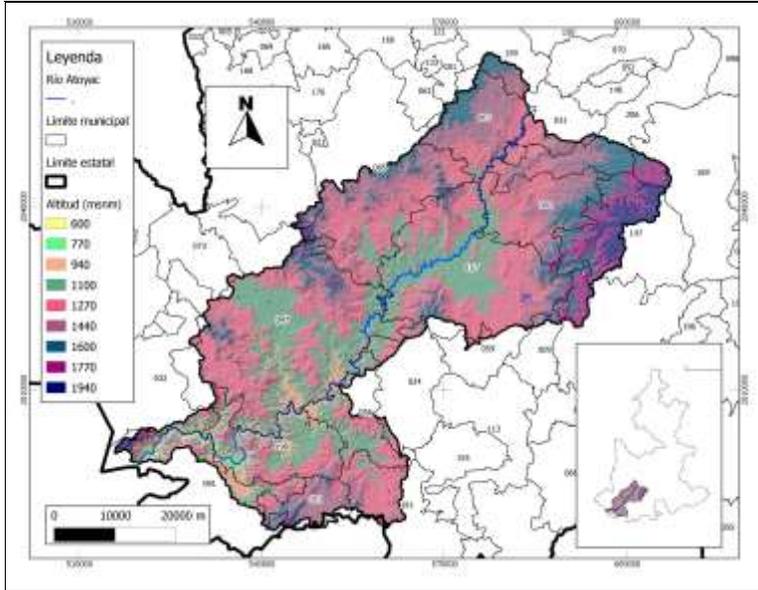


Figura 11. Topografía (Fuentes: CONABIO 2008; INEGI 2010, 2013)

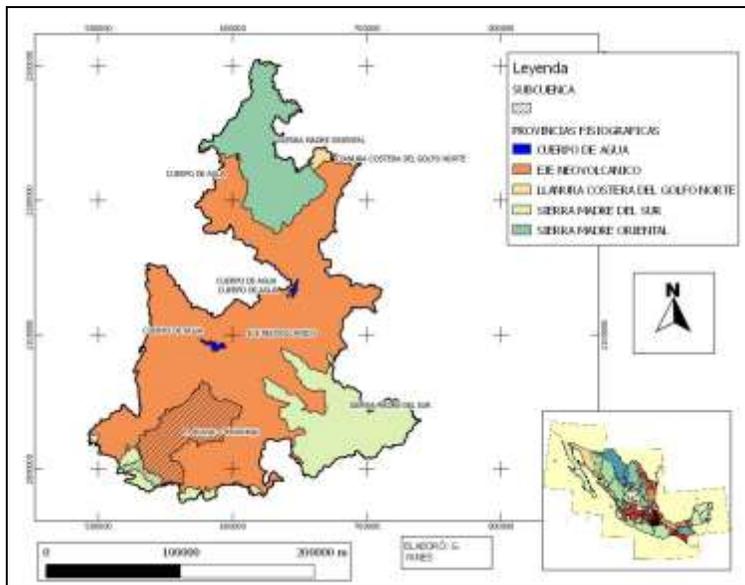


Figura 12. Provincias Fisiográficas (Fuente: INEGI, 2001).

Las sierras están surcadas por valles angostos, unos de laderas escarpadas y otros de laderas tendidas; asimismo, hay áreas de lomeríos como los de la zona de Tehuitzingo, llanuras al oeste de Ahuehuetitla y en los alrededores de Santa Inés Ahuatempan, esta última con cañadas (INEGI, 2000). El 2.81% (78.88 km²) del área de estudio está integrada por la subprovincia Cordillera Costera del Sur, en su porción sur (ver Figura 13). La Subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac es la más extensa de las catorce que integran al Eje Neovolcánico; en ella quedan comprendidas las ciudades de Puebla, Toluca, Pachuca, Tlaxcala, Cuernavaca y México. La subprovincia se extiende de poniente a oriente, desde unos 35 km al occidente de Toluca, México, hasta Quimixtlán, Puebla. Consta de sierras volcánicas o grandes aparatos individuales que alternan con amplias llanuras formadas, en su mayoría, por vasos lacustres; se encuentra representada en un 2.0% (56.34 km²) en la subcuenca.

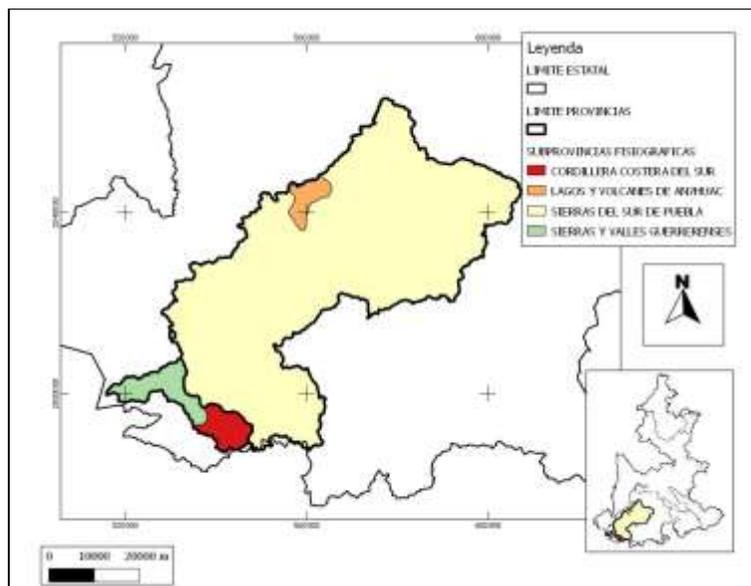


Figura 13. Subprovincias fisiográficas en la subcuenca (Fuente: INEGI, 2000)

La Subprovincia Sierras y Valles Guerrerenses, en la que se alternan sierras y valles con orientación general hacia el sur, es de litología compleja pero con dominancia de rocas calcáreas. El sistema de topofomas que destaca es el de sierra y valles de laderas escarpadas, cuya máxima altitud es de 2060 m (INEGI, 2000). El 4.27% (120.04 km²) del área de estudio está integrada por la subprovincia Sierras y Valles Guerrerenses fisiográfica (ver figura 13 y cuadro 6) en su porción suroeste.

La Subprovincia Sierras del Sur de Puebla se localiza casi totalmente dentro del estado de Puebla; los sistemas de topofomas que dominan son los de sierras de laderas escarpadas

(INEGI, 2000). Esta subprovincia está representada por un 90.92% (2,556.09 km²) en el área de estudio (ver cuadro 6).

Cuadro 6. Superficie y proporción de cada subprovincia en el área de estudio.

Nombre	Área (km ²)	%
LAGOS Y VOLCANES DE ANAHUAC	56.34	2.00
CORDILLERA COSTERA DEL SUR	78.88	2.81
SIERRAS DEL SUR DE PUEBLA	2556.09	90.92
SIERRAS Y VALLES GUERRERENSES	120.04	4.27
Total	2,811.35	100.00

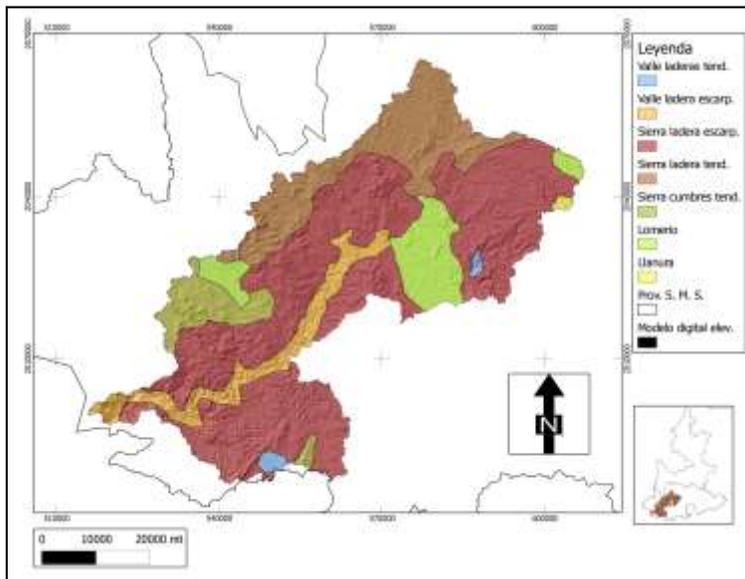


Figura 14. Fisiografía: topoformas del área de estudio (Fuente: INEGI, 2000).

Las topoformas son categorías de análisis topográfico, que permiten clasificar la topografía de manera más cualitativa. En el cuadro 7 y figura 14 se aprecia que las topoformas dominantes son las sierras de laderas escarpadas con 58.67% y las sierras de laderas tendidas con 17.47%, es decir, topográficamente el 76.14% del área de estudio está conformada por sierras.

Geológicamente las rocas predominantes son metasedimentarias y esquistos (metamórficas) del Paleozoico con el 57.49% de la superficie del área de estudio (ver figura 15 y cuadro 8). Las rocas metasedimentarias son rocas de origen sedimentario que han estado sujetas al metamorfismo.

Cuadro 7. Superficie y proporción de cada topoforma del área de estudio.

Topoforma	Área km ²	%
SIERRA DE LADERAS ESCARPADAS	1649.538	58.674
SIERRA DE LADERAS TENDIDAS	491.30	17.47
LOMERIO	255.22	9.07
VALLE DE LADERAS ESCARPADAS	218.14	7.75
SIERRA DE CUMBRES TENDIDAS	165.92	5.90
VALLE DE LADERAS TENDIDAS	23.63	0.84
LLANURA	7.57	0.26
Total	2811.34	100

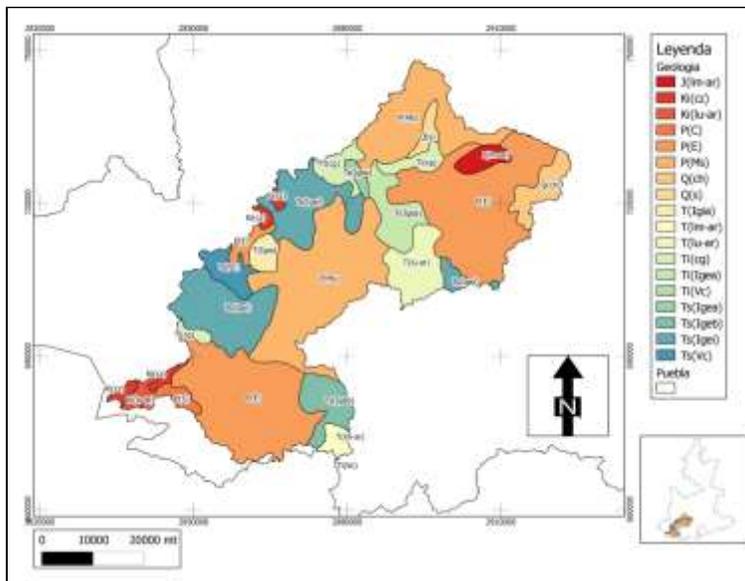


Figura 15. Tipo de rocas del área de estudio; proyección CCL (Fuente: INEGI, 2000).

Cuando el protolito (la roca sedimentaria antes del metamorfismo) es pizarra, el metamorfismo produce primero esquisto y después paragneis conforme aumenta la temperatura y la presión (Arndt, 2011).

Cuadro 8. Tipos de roca con superficie y proporción, del área de estudio.

CLAVE	Clase	Tipo	Era	Sistema	Área km ²	Área %
P(Ms)	Metamórfica	Metasedimentaria	Paleozoico	N/D	472.00	16.81
P(E)	Metamórfica	Esquisto	Paleozoico	N/D	466.90	16.63
P(E)	Metamórfica	Esquisto	Paleozoico	N/D	425.54	15.16
P(Ms)	Metamórfica	Metasedimentaria	Paleozoico	N/D	249.46	8.89
Ts(Igei)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva básica	Cenozoico	Neogeno	207.69	7.40
Ts(Igei)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva básica	Cenozoico	Neogeno	165.07	5.88
T(lu-ar)	Sedimentaria	Lutita-Arenisca	Cenozoico	Terciario	117.91	4.20
Ti(Igea)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva ácida	Cenozoico	Paleogeno	99.10	3.53
Ts(Igeb)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva intermedia	Cenozoico	Neogeno	89.19	3.18
Q(ch)	Sedimentaria	Caliche	Cenozoico	Cuaternario	71.86	2.56
Ts(Vc)	Ígnea extrusiva	Volcanoclastico	Cenozoico	Neogeno	55.81	1.99
Ti(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Paleogeno	46.79	1.67
J(lm-ar)	Sedimentaria	Limolita-Arenisca	Mesozoico	Jurasico	39.22	1.40
Ti(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Paleogeno	37.60	1.34
T(Igia)	Ígnea extrusiva	Ígnea intrusiva ácida	Cenozoico	Terciario	34.28	1.22
P(C)	Metamórfica	Cuarcita	Paleozoico	N/D	29.64	1.06
T(lm-ar)	Sedimentaria	Limolita-Arenisca	Cenozoico	Terciario	27.64	0.98
Q(s)	N/A	N/A	Cenozoico	Cuaternario	27.13	0.97
P(E)	Metamórfica	Esquisto	Paleozoico	N/D	24.51	0.87
Ts(Igei)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva básica	Cenozoico	Neogeno	23.81	0.85
Ki(lu-ar)	Sedimentaria	Lutita-Arenisca	Mesozoico	Cretacico	20.39	0.73
Ts(Igea)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva ácida	Cenozoico	Neogeno	17.12	0.61
Ti(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Paleogeno	15.68	0.56
Ki(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	14.00	0.50
Ki(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	11.35	0.40
Ki(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	9.44	0.34
Ki(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	8.36	0.30
Ti(Vc)	Ígnea extrusiva	Volcanoclástico	Cenozoico	Paleogeno	0.01	0.00
Total					2,807.51	100.00

Abreviaturas: Era: P: Paleozoico. Sistema: Ts: Neógeno; T: Terciario; Ti: Paleógeno; Q: Cuaternario; J: Jurásico; Ki: Cretácico. Tipo: Ms: Metasedimentaria; E: Esquisto; Igea: Ígnea extrusiva ácida; Igb: Ígnea extrusiva intermedia; Igei: Ígnea extrusiva básica; Igia: Ígnea intrusiva ácida; Ch: Caliche; Vc: Volcanoclástico; Cg: Conglomerado; C: Cuarcita; Lm-ar: Limolita- Arenisca; Cz: Caliza. *Nota: la superficie total es menor a la del área de estudio ya que no se incluye el municipio de Xochihuehuetlán (Guerrero).*

5.1.3 Edafología.

Los suelos dominantes son del tipo Leptosoles con Regosoles (54.85%) (ver cuadro 9 y figura 16). Los Leptosoles (Litosoles) son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales (INEGI, 2004).

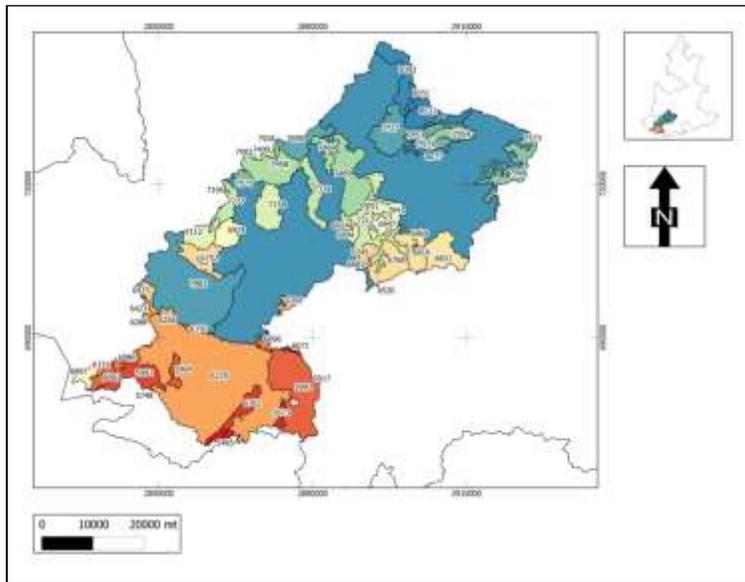


Figura 16. Tipos de suelo del área de estudio (ver cuadro 4 para leyenda); Proyección CCL (Fuente: INEGI, 2007).

El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua (INEGI, 2004). Los Regosoles tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con Leptosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad (INEGI, 2004).

Cuadro 9. Tipos de suelos del área de estudio.

	CLAVE_WRB	OID	Área (km ²)	%
1	LPhuli+RGeulep/2	8077	1,128.15	40.
2	LPhuli+RGdylep/2	6225	408.37	14.
3	LPmo+LPeuli/2	7983	200.34	7.1
4	LPeuli+RGeulep/2	5993	110.21	3.9
5	VRmzpe+LPeu/3R	7212	65.58	2.3
6	LPeuli+RGeu/2	7489	65.25	2.3
7	LPhuli+RGdylep/2	7458	51.63	1.8
8	LPeuli+RGeu/2	7727	47.88	1.7
9	LPhurz+LPcali+VRmzpe	7568	44.07	1.5
1	LPcali+RGeu/2	8522	42.19	1.5
1	LPeuli+PHha+RGeu/2	6831	40.83	1.4
1	LPca+RGca/3	6768	38.79	1.3
1	RGcalep+LPeuli/1	8392	38.50	1.3
1	LPeuli+RGeu+PHha/2	7158	37.75	1.3
1	RGeulep+LPhuli+PHlep	5902	35.90	1.2
1	LPcali+LPrz/2	7690	30.18	1.0
1	LPeuli+RGeu/2	7334	28.95	1.0
1	LPca+CLha/2	6752	28.46	1.0
1	PHca+LPrz/2r	7579	24.08	0.8
2	PHlep+LPeuli/2	6816	23.74	0.8
2	RGeulep+LPeuli+PHha/	7112	23.25	0.8
2	RGeulep+LPeuli/1	6929	21.91	0.7
2	LPeuli+LPrz/2	7277	20.27	0.7
2	RGcalep+LPcali/2	5762	17.98	0.6
2	LPeuli+LPrz/2	7554	17.76	0.6
2	LPeuli+LPrz/2	7469	13.71	0.4
2	LPeuli+RGeu/2	6063	12.82	0.4
2	LPhurz+PHhulep/2	6997	11.97	0.4
2	LPeuli+RGca/2	7041	11.56	0.4
3	LPeuli+LPrz/2	6086	10.58	0.3
3	PHcalep+RGca/2	6947	9.80	0.3
3	LPrz/3	7653	9.63	0.3
3	PHlep+RGeu+RGca/2	6473	9.13	0.3
3	LPeuli+LPrz/2	7572	8.77	0.3
3	PHcalep+RGca/2	6745	8.56	0.3
3	LPrz+LPcali/2	5964	7.98	0.2
3	AReu+LPeuli/1	6869	7.62	0.2
3	PHcalep+RGca/2	7054	6.97	0.2
3	KSha+LPeuli/2r	8031	6.46	0.2
4	LPeuhu+RGeulep/2	6266	6.29	0.2
4	LPcali+LPcarz/2	5485	5.97	0.2
4	RGeu+LPeuli/2	6096	5.80	0.2

4	RGeu+LPeuli/2	6350	5.75	0.2
4	LPrz+RGcalep+LPcali/2	5673	5.75	0.2
4	LPcali+LPrz/2	7573	5.39	0.1
4	PHcalep+RGca/2	6894	4.70	0.1
4	LPeuli+RGeu/2	7051	4.68	0.1
4	LPeuli+RGca+LVha/2	6423	4.04	0.1
4	LPeuli+PHca/2	6681	3.91	0.1
5	LPeuli+RGeulep/2	5492	3.12	0.1
5	LPeuli+LPrz/2	6131	3.04	0.1
5	LPeuli+RGeu/2	7409	2.94	0.1
5	PHcalep+LPcali/2	7435	2.43	0.0
5	LPeuhu/2	6150	2.03	0.0
5	RGcalep+LPeuli/2	7195	1.65	0.0
5	LPrz/2	7402	1.52	0.0
5	RGeu+LPeuli/2	6071	1.47	0.0
5	LPeuli/2	6924	1.43	0.0
5	LPcali+LPrz/2	6288	1.41	0.0
6	RGeu+LPeuli/2	5748	0.14	0.0
6	VRmzcr+VRmzpe/3	6526	0.13	0.0
6	RGeu+LPeuli/2	5917	0.05	0.0
6	LPeuli+LPrz/2	7558	0.03	0.0
Total		2,801.26	100.	

Abreviaturas: Clave WRB: clave World Reference Base for Soil Resources; OID: identificador. Unidades de suelo: KS: Kastañozem; LP: leptosol; PH: phaeozem; RG: regosol; VR: vertisol. Calificadores: ca: calcárico; cr: crómico; dy: dístrico; lep: epiléptico; eu: eútrico; ha: háplico; hu: húmico; le: léptico; li: lítico; mo: mólico; mz: mázico; pe: pélico; rz: rendzico (Fuente: IUSS Working Group WRB, 2014). Clase textural: 1: suelo arenoso de textura gruesa; 2: suelo de textura media, franco; 3: suelo de textura fina, arcilloso (INEGI, 2004). *Nota: la superficie total es menor a la del área de estudio ya que no se incluye el municipio de Xochihuehuetlán (Guerrero).*

5.1.4 Hidrología

La subcuenca Río Atoyac-Tehuiztzingo (Rh18Aa) forma parte de la cuenca del Río Atoyac (Cuenca 18A; ver figura 18), la cual forma parte a su vez de la cuenca del Río Balsas (ver figura 17).

La Cuenca del Río Atoyac constituye la porción oriental de la región, incluye a la mayor parte de las zonas centro, oeste y suroeste de la entidad, que representan 57.23% de la superficie del estado. En esta área se genera anualmente un escurrimiento aproximado de 1,291 Mm³, volumen que con las aportaciones de los estados limítrofes de Tlaxcala, Morelos y Oaxaca, asciende a 1,451 Mm³. De estos, 1,088 millones, salen al estado de Guerrero, a través del río Mezcala. Esta cuenca representa el extremo nororiental de la región del Balsas, por lo que sus límites dentro de éste, son los mismos descritos anteriormente para dicha región.

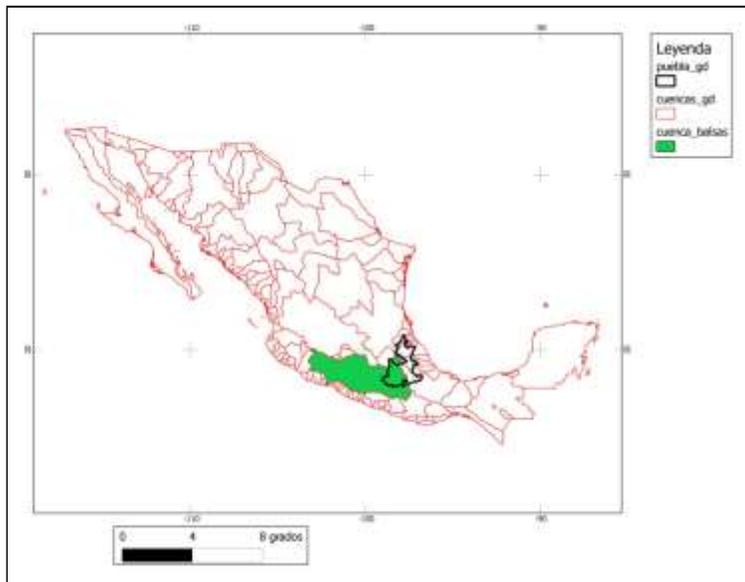


Figura 17. Cuenca del Balsas (Fuente: Maderey y Torres-Ruata, 1990)

El rasgo hidrográfico más sobresaliente de esta zona, es el río Atoyac, que es además la corriente más importante del estado; se forma a partir de la unión de los ríos San Martín o Frío, de Puebla y Zahuapan de Tlaxcala. El primero, baja de la Sierra Nevada, y el segundo, de la sierra de Tlaxco. En la ciudad de San Martín Texmelucan, las aguas de dicha corriente y sus afluentes, se aprovechan en las actividades agrícolas, domésticas e industriales. Esta porción se caracteriza por lo accidentado de su topografía y el grado de pendiente de los cauces de sus corrientes, que sin control, pueden causar pérdidas en la agricultura. A lo largo del Atoyac, recibe las aportaciones de las corrientes permanentes de los ríos Nexapa, Mixteco y Tlapaneco. Al ingresar al estado de Guerrero, cambia su nombre al de río Mezcala y posteriormente, al de Balsas. El escurrimiento medio anual de los ríos Atoyac y Nexapa, se estima en 458 Mm³.

Dentro de Puebla, la cuenca del Atoyac, incluye a las subcuencas: A, Río Atoyac-Tehuiztzingo (ver figura 9a); B, Atoyac-Balcón del Diablo; C, Presa Miguel Ávila Camacho; D, Atoyac-San Martín Texmelucan; E, Río Nexapa; F, Río Mixteco; G, Río Acatlán; H, Laguna de Totolcingo y J, Alse seca. Estas subcuencas están representadas por corrientes menores como las de los ríos Alse seca, Huehuetlán, Laxamilpa y otros.

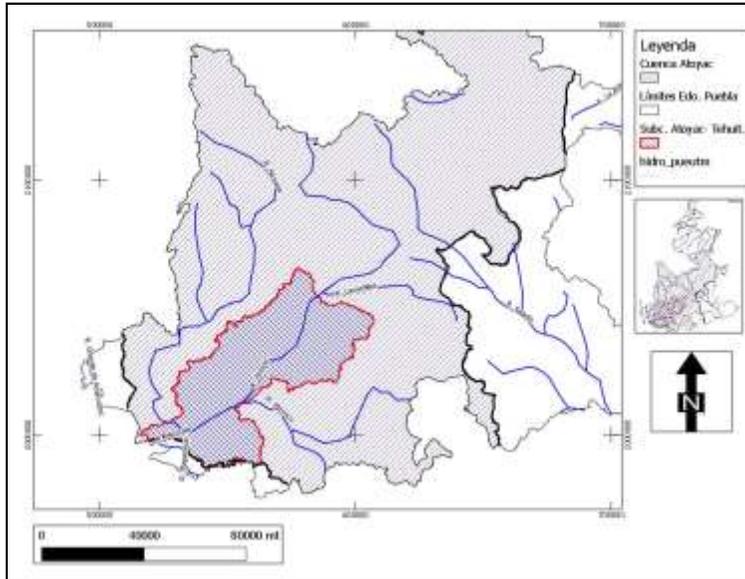


Figura 18. Cuenca del Río Atoyac (Fuente: INEGI, 2006)

Se tienen en general coeficientes de escurrimiento bajos; en la mayor parte de su superficie, predomina el rango de 10 a 20%; el gasto medio de sus corrientes es de 9.152 m³/seg. Este promedio se obtuvo de las 14 estaciones hidrométricas ubicadas en la entidad, de las cuales se tienen registros en un período de 12 años. Dicho gasto corresponde al 55% de los escurrimientos aforados en el estado. También se han construido importantes obras hidráulicas, entre las que destacan las presas: Huachinantla, Peña Colorada, Boqueroncitos (la cual permite, irrigar algunas zonas agrícolas del área de Tehuizingo) y Manuel Ávila Camacho (Valsequillo). Esta última, es la más importante de la entidad; su función principal es la irrigación de una superficie de 17,000 hectáreas, pertenecientes al distrito de riego No. 30 Valsequillo, el cual se extiende hacia la cañada poblana oaxaqueña, en el valle de Tehuacán y del río Salado, ya dentro de la cuenca del Papaloapan. Otras presas menores dentro de la cuenca de Atoyac, son Portezuelos I y II, destinadas a la generación de electricidad; con capacidad instalada de 3.2 y 1.8 Mw, respectivamente (INEGI, 2006).

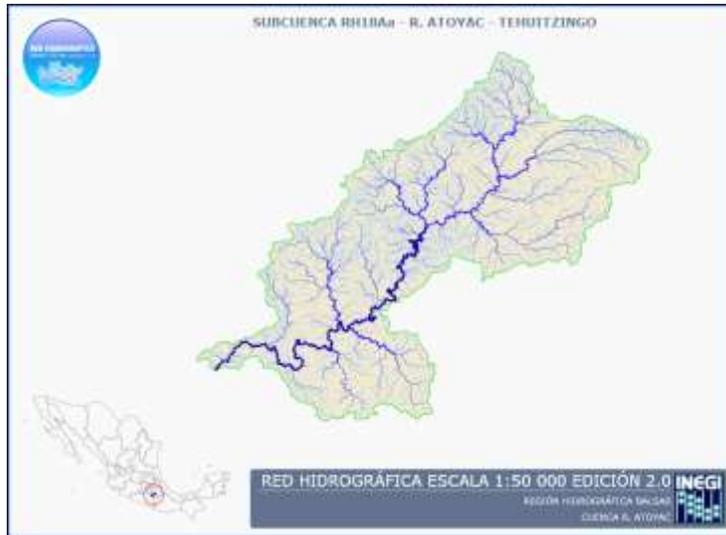


Figura 19. Subcuenca Atoyac- Tehuiztingo (Fuente: INEGI, 2010)

5.1.5 Climatología.

Los climas dominantes son cálido subhúmedo con un 56.23% y semiseco muy cálido con 30.17%, seguidos por semicálido subhúmedo con 13.6%. Los climas cálidos presentan temperatura media anual mayor de 22°C, y los subhúmedos lluvias de verano y sequía en invierno con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 (Ver figura 20).

Los climas semisecos muy cálidos presentan temperaturas medias anuales mayores de 22°C, y temperatura del mes más frío mayor a 18 °C con régimen de lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal menor de 5. Los climas semicálidos subhúmedos presentan temperatura media anual entre 18° y 22°C, con lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal menor de 5 (INEGI, 2005) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Tipos de climas con superficie y proporción, del área de estudio.

CLAVE	Tipo	Área km ²	%
	Semicálido		
A(C)w0(w)	subhúmedo	376.14	13.38
Aw0(w)	Cálido subhúmedo	1,579.17	56.17
BS1(h')w(w)	Semiseco muy cálido	856.04	30.45
Total		2,811.35	100.00

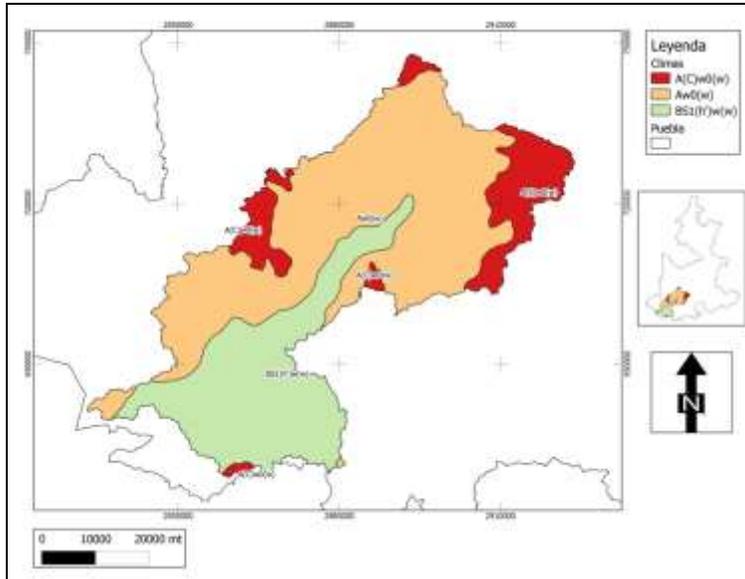


Figura 20. Tipos de climas del área de estudio (Fuente: INEGI, 2006).

5.1.6 Biogeografía.

La mayor parte del área de estudio (97.86%) pertenece a la provincia Depresión del Balsas, y en menor proporción al Eje Neovolcánico (2.14%) (ver cuadro 11 y figura 21).

La Provincia Depresión del Balsas (o Cuenca del Balsas) se ubica en el centro de México, en los estados de Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Estado de México, Oaxaca y Puebla, por debajo de 2000 m de altitud, intercalada entre el Eje Volcánico Transmexicano (Eje Neovolcánico) y la Sierra Madre del Sur. La vegetación consiste en bosques tropicales secos y pastizales. Entre los géneros de plantas más frecuentes se encuentran *Backebergia*, *Bursera*, *Castela*, *Haplocalymma* y *Pseudolopezia* (Morrone, 2005). La provincia Eje Neovolcánico (o Eje Volcánico Transmexicano) se ubica en el centro de México, en los estados de Guanajuato, Distrito Federal, Estado de México, Jalisco, Michoacán, Puebla, Oaxaca, Tlaxcala y Veracruz. Corresponde básicamente al sistema montañoso del Eje Volcánico Transmexicano, situado aproximadamente a lo largo de los paralelos de 19° y 20° de latitud norte, que constituye el límite austral del Altiplano Mexicano y lo separa de la Cuenca del Balsas. Posee 959 km de longitud y 50-150 km de ancho, e incluye las elevaciones mayores del territorio mexicano. Predominan los bosques de pino-encino; también existen “zacatonales” o pastizales alpinos cerca de la cima de los grandes volcanes. Entre los géneros de plantas más frecuentes se destacan *Achillea*, *Alchemilla*, *Arenaria*, *Cerastium*, *Geranium*, *Hintonella*, *Lupinus*, *Microspermum*, *Omiltemia*, *Peyritschia*, *Pinus*, *Quercus*, *Ranunculus* y *Salvia* (Morrone, 2005).

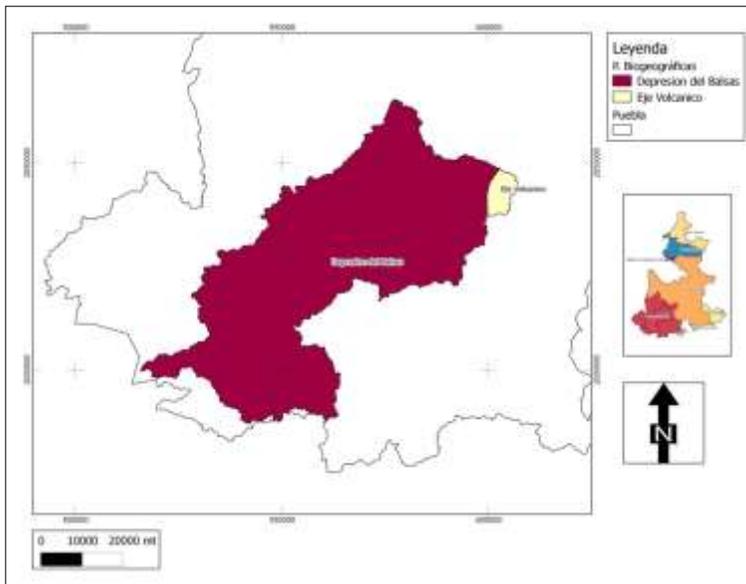


Figura 21. Provincias Biogeográficas del área de estudio (Fuente: CONABIO, 1997).

Cuadro 11. Superficie y proporción de las Provincias Biogeográficas.

Provincia	Área (km ²)	%
EJE		
VOLCÁNICO	60.1	2.14
DEPRESION		
DEL BALSAS	2751.26	97.86
Total	2,811.36	100

5.1.7 Uso Del Suelo y Vegetación (USUEV).

La selva baja caducifolia se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. El más común es Aw, aunque también se presenta SS y Cw. El promedio de temperaturas anuales es superior a 20°C. Las precipitaciones anuales son de 1,200 mm como máximo, teniendo como mínimo a los 600 mm con una temporada seca bien marcada, que puede durar hasta 7 u 8 meses y que es muy severa. Desde el nivel del mar hasta unos 1700 m, rara vez hasta 1900 se le encuentra a este tipo de selva, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje. Esta selva presenta corta altura de sus componentes arbóreos (normalmente de 4 a 10m, muy eventualmente de hasta 15m o un poco más). El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas. Las formas de vida suculentas son frecuentes, especialmente en los géneros *Agave*, *Opuntia*, *Stenocereus* y *Cephalocereus*. Especies importantes: *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato); *Bursera* spp. (cuajote,

papelillo, copal chupandia); *Lysiloma* spp. (tsalam, tepeguaje); *Jacaratia mexicana* (bonete); *Ceiba* spp. (yaaxche', pochote); *Bromelia pinguin* (ch'om); *Pithece/lobium keyense* (chukum); *Ipomoea* spp. (cazahuate); *Pseudobombax* spp. (amapola, clavellina); *Cordia* spp. (ciricote, cuéramo); *Pithece/lobium acatlense* (barbas de chivo); *Amphypterigium adstringens* (cuachalalá); *Leucaena* spp. (waxim, guaje); *Erithryna* sp. (colorín), *Lysiloma divaricatum*, *Phoebe tampicensis*, *Acacia coulteri*, *Beaucarnea inermis*, *Lysiloma acapulcensis*, *Zuelania guidonia*, *Pseudophoenix sargentii* (kuká), *Beaucarnea plibilis*, *Guaiaacum sancturum*, *Plumeria obtusa*, *Caesalpinia vesicaria* y *Ceiba aesculifoli*. Ocupa aproximadamente el 8% de la superficie nacional. Es una de las selvas de mayor distribución en México, encontrándose en la Península de Yucatán (occidente, norte y centro), en las llanuras costeras del Golfo, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental (Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí), en la Depresión Central de Chiapas, en las estribaciones pacíficas de la Sierra Madre del Sur, en el Istmo de Tehuantepec (Oaxaca), en casi toda la cuenca del Balsas (Michoacán, Guerrero, Morelos y Puebla) y del Tepalcatepec; en la base poniente de la Sierra Madre Occidental, en Jalisco, llegando hasta el sur de Sonora y Chihuahua (INEGI, 2005).

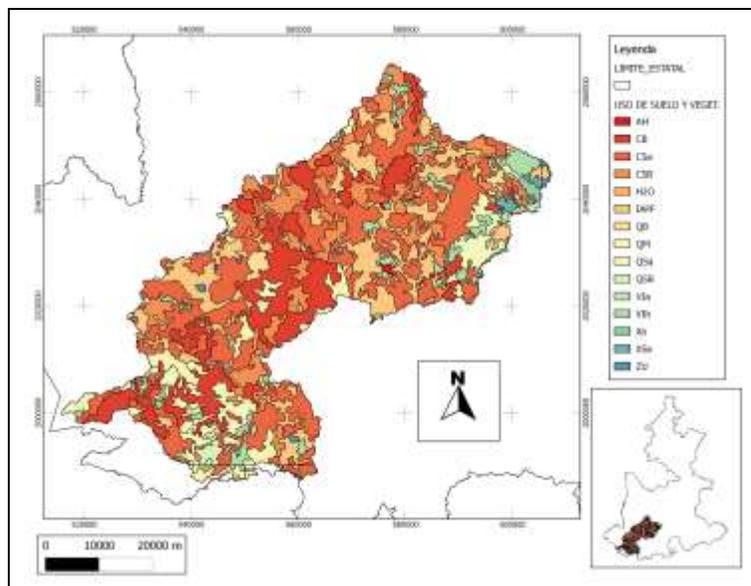


Figura 22. Uso del suelo y tipo de vegetación en 2011 (Fuente: INEGI, 2009); para explicación de abreviaturas ver cuadro 12.

En el 2011, la mayor parte del área de estudio presenta vegetación secundaria de selva baja caducifolia con 44.64%, uso agrícola-pecuario-forestal con 17.66%, y selva baja caducifolia primaria 17.25%.

Cuadro 12. Usos del suelo y tipos de vegetación (USUEV) desglosados según INEGI para 2011, con superficie y proporción.

CLAVE	USUEV	Condición	Altura	Área (km ²)	%
CSa	SELVA CADUCIFOLIA	SECUNDARIO	ARBUSTIVO	927.98	33.01
IAPF	USO AGRICOLA, PECUARIO Y FORESTAL	NA	NA	496.42	17.66
CB	SELVA CADUCIFOLIA	PRIMARIO	ARBOREO BAJO	484.90	17.25
CSB	SELVA CADUCIFOLIA	SECUNDARIO	ARBOREO BAJO	326.97	11.63
QSa	BOSQUE DE ENCINO	SECUNDARIO	ARBUSTIVO	219.96	7.82
VIh	VEGETACION INDUCIDA	NO DISPONIBLE	HERBACEO	146.90	5.23
QM	BOSQUE DE ENCINO	PRIMARIO	COB. ARB. MED.	105.78	3.76
QB	BOSQUE DE ENCINO	PRIMARIO	COB. ARB. BAJA	25.48	0.91
QSB	BOSQUE DE ENCINO	SECUNDARIO	ARBOREO BAJO	24.33	0.87
XSa	MATORRAL XEROFILO	SECUNDARIO	ARBUSTIVO	18.28	0.65
VIa	VEGETACION INDUCIDA	NO DISPONIBLE	ARBUSTIVO	12.78	0.45
Xa	MATORRAL XEROFILO	PRIMARIO	ARBUSTIVO	9.19	0.33
ZU	ZONA URBANA	NA	NA	6.45	0.23
AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	NA	NA	5.55	0.20
H2O	CUERPO DE AGUA	NA	NA	0.36	0.01
Total				2,811.35	100.00

NA: NO APLICA

Sin embargo, si se agrupan los usos de suelo y tipos de vegetación por su estado de conservación (cuadro 14), es decir, vegetación primaria (conservado); vegetación secundaria (alterado) y deforestado (agricultura y ganadería, vegetación inducida, zonas urbanas, asentamientos humanos y cuerpos de agua artificiales), se puede ver que el 76.22% de la vegetación se encuentra en estado de bueno a moderado, y 23.78% se encuentra degradada o inexistente. Esta información es muy importante ya que permite, desde un principio, plantear la estrategia más adecuada, de conservación (conservar), o restaurar lo que está dañado (deforestado).

Cuadro 13. Estado de conservación de la vegetación y tipo de uso de suelo.

Estado de conservación y tipo de uso	Superficie (km ²)	Porcentaje
Vegetación Primaria	625.35	22.24
Vegetación secundaria	1,517.52	53.98
Deforestado	668.46	23.78
Total	2,811.33	100.00

Las características de 18% de los sitios no coincidieron con lo reportado con la cartografía (cuadro 14), principalmente representadas por zonas agrícolas (en las cartas), ahora selvas caducifolias secundarias (en el campo). Por tanto este tipo de vegetación estaría sub-representado en el análisis, lo cual se considera que no es significativo por su baja proporción y por los tipos de USUEV, que son hasta cierto punto similares; asimismo,

proponer una corrección de las coberturas de estos tipos de USUEV con base en esta información sería subjetivo.

Cuadro 14. Verificación en campo de la vegetación.

	Coincidencias	Diferencias	Total
Puntos verificados	134	30	164
Porcentaje	81.71	18.29	100

5.2 Diagnóstico del estado de la vegetación.

5.2.1 Cambio de uso de suelo (CUS).

En el cuadro 15 se aprecian las equivalencias entre las categorías de uso de suelo y tipos de vegetación (USUEV) para las tres fechas estudiadas; asimismo, se aprecian los agrupamientos de las subcategorías de altura de la vegetación secundaria. En relación a este último punto, en 2011 se agruparon los tipos de USUEV con diferentes alturas de las coberturas arbóreas (o estratos arbustivos o herbáceos) en una sola categoría, dando más énfasis al estado de conservación (vegetación primaria o secundaria).

Cuadro 15. Equivalencias entre USUEVs en 1984, 2002 y 2011, y agrupamiento en categorías más generales.

1984		2002		2011	
CLAVE	Descripción	CLAVE	Descripción	CLAVE	Descripción
BQ	BOSQUE DE ENCINO	QPCC	BOSQUE DE ENCINO PRIMARIO	QM/QB	BOSQUE DE ENCINO PRIMARIO CON COBERTURA ARBÓREA MEDIANA Y COBERTURA ARBÓREA BAJA
BQ/Vsa	BOSQUE DE ENCINO CON VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA	QSCA/QSCC	BOSQUE DE ENCINO SECUNDARIO ABIERTO Y CERRADO	Qsa/QSB	BOSQUE DE ENCINO SECUNDARIO CON ESTRATO ARBUSTIVO Y CON ESTRATO ARBÓREO BAJO
VP/Pi/E-PI/E-Vp	PALMAR, PASTIZAL INDUCIDO (Y PASTIZAL INDUCIDO Y PALMAR CON EROSIÓN)	VICA/VICC/VICN	VEGETACIÓN INDUCIDA Y VEGETACION INDUCIDA ABIERTA Y CERRADA	Vla/ Vih	VEGETACION INDUCIDA CON ESTRATO ARBUSTIVO Y CON ESTRATO HERBÁCEO
ML	CHAPARRAL	XPCA	MATORRAL XERÓFILO PRIMARIO	Xa	MATORRAL XERÓFILO PRIMARIO
ML/Vsa	CHAPARRAL CON VEGETACIÓN SECUNDARIA	XSCN	MATORRAL XERÓFILO SECUNDARIO	XSa	MATORRAL XERÓFILO SECUNDARIO

	ARBUSTIVA				
TA/RP	AREA AGRÍCOLA DE TEMPORAL (Y DE RIEGO)	IAPF	AGRÍCOLA- PECUARIA- FORESTAL	IAPF	AGRÍCOLA- PECUARIA- FORESTAL
SBC	SELVA BAJA CADUCIFOLIA	CPCC	SELVA CADUCIFOLIA PRIMARIA	CB	SELVA CADUCIFOLIA PRIMARIA
E- SBC/SBC- Vsa/ SBC-VSa	SELVA BAJA CADUCIFOLIA CON EROSIÓN, Y SELVA BAJA CADUCIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA CON ESTRATO ARBÓREO Y ARBUSTIVO)	CSCA/CSCC	SELVA CADUCIFOLIA SECUNDARIA ABIERTA Y CERRADA	Csa/CSB	SELVA CADUCIFOLIA SECUNDARIA CON ESTRATO ARBUSTIVO (Y CON ESTRATO ARBÓREO BAJO)
NINGUNA	NINGUNA	ZU	ZONA URBANA	AH/ZU	ASENTAMIENTOS HUMANOS y ZONAS URBANAS
NINGUNA	NINGUNA	H2O	CUERPO DE AGUA	H2O	CUERPO DE AGUA

Los tres tipos de USUEV más extensos son selva baja caducifolia secundaria (SBCS), selva baja caducifolia primaria (SBCP) y el uso agrícola-pecuario-forestal (UAPF), una vez agrupados los tipos de USUEV en categorías más generales (cuadro 16).

Cuadro 16. Superficie (km²) de cada categoría de USUEV en cada fecha.

USUEV	1984	2002	2011
Selva caducifolia secundaria	1118.94	1021.73	1254.95
Selva caducifolia primaria	659.48	556.86	484.90
Agrícola-pecuaria-forestal	495.31	659.30	496.42
Bosque de encino primario	233.88	134.42	131.26
Bosque de encino secundario	183.80	256.63	244.28
Vegetación inducida	75.67	149.16	159.68
Matorral xerófilo primario	14.62	10.67	9.19
Matorral xerófilo secundario	29.64	13.99	18.28
Zona urbana	0.00	6.45	11.99
Cuerpo de agua	0.00	2.15	0.36
Total	2,811.33	2,811.35	2,811.31

Nota: las categorías de zona urbana y cuerpo de agua no existen en la cartografía de 1984, sin embargo se les asignó un área mínima (0.001 km²) para llevar a cabo los cálculos de tasas de cambio.

En la figura 23 aparecen los valores absolutos de cobertura de cada tipo de USUEV en 1984 y 2011, con valores intermedios en 2002. Los incrementos en las coberturas entre 1984 y 2002 corresponden principalmente a uso agrícola-pecuario-forestal, bosque de encino secundario y vegetación inducida; los decrementos en estas fechas corresponden a selva caducifolia primaria y secundaria y bosque de encino primario. Entre 2002 y 2011 los

incrementos corresponden a selva caducifolia secundaria, vegetación inducida y zonas urbanas; los decrementos para estas fechas son en uso agrícola-pecuario-forestal, selva caducifolia primaria y bosque de encino secundario.

Reversibilidad de los procesos.

Este análisis temporal del CUS indica que existen procesos, como el avance de la cobertura agrícola y el bosque de encino secundario, que primero se incrementan (entre 1984 y 2002) y luego disminuyen (entre 2001 y 2011), por lo que se puede decir que son procesos reversibles (figura 23). Asimismo, otro proceso de cobertura secundaria reversible pero en sentido opuesto, es la cobertura de selva secundaria, que disminuye y luego aumenta. También parece haber una relación inversamente proporcional entre la disminución de la cobertura agrícola y el aumento de la selva caducifolia secundaria.

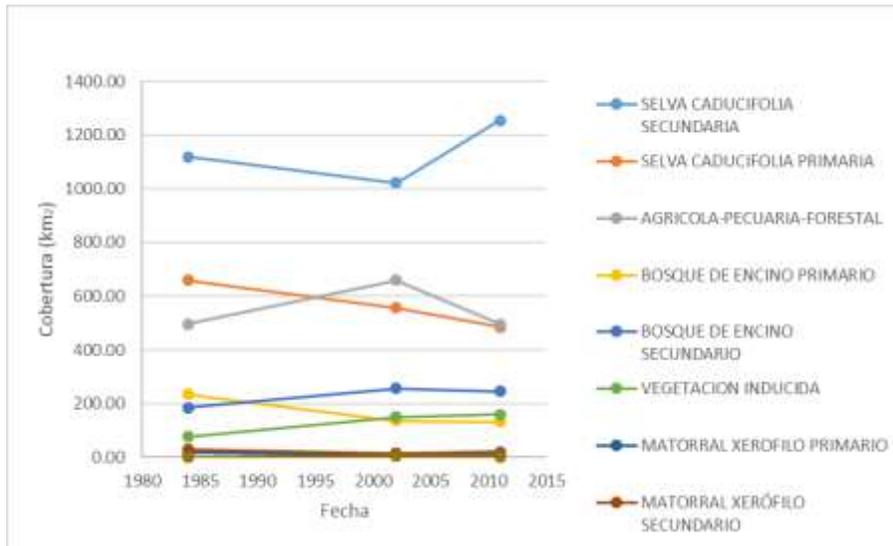


Figura 23. Cambios temporales en las coberturas de USUEV.

Comentado [R1]: Poner km 2 con el 2 en subíndice

En términos de cambio de uso de suelo, tasas de cambio y porcentajes de cambio, el cuadro 17 refleja estos valores. En la figura 21 se aprecian los cambios absolutos de cobertura entre 1984 y 2002, y entre 2002 y 2011; al final se resumen los cambios entre 1984 y 2011.

Cuadro 17. Cambio de uso de suelo en superficie absoluta, relativa y en porcentaje entre fechas.

Uso de suelo y vegetación	1984-2002			2002-2011			1984-2011		
	Cambio km ²	Delta	%	Cambio km ²	Delta	%	Cambio km ²	Delta	%
Agrícola-pecuaria-forestal	164.00	0.02	1.60	-162.88	-0.03	-3.10	1.11	0.00	0.01

Bosque de encino p.	-99.46	-0.03	-3.03	-3.15	0.00	-0.26	-102.61	-0.02	-2.12
Bosque de encino s.	72.83	0.02	1.87	-12.34	-0.01	-0.55	60.49	0.01	1.06
Cuerpo de agua	2.15	0.53	53.15	-1.78	-0.18	17.92	0.36	0.24	24.36
Matorral xerófilo p.	-33.60	-0.08	-7.60	-1.48	-0.02	-1.64	-35.08	-0.06	-5.66
Matorral xerófilo s.	13.98	0.70	69.95	4.29	0.03	3.02	18.28	0.44	43.83
Selva caducifolia p.	-102.62	-0.01	-0.94	-71.95	-0.02	-1.53	-174.58	-0.01	-1.13
Selva caducifolia s.	-97.22	-0.01	-0.50	233.23	0.02	2.31	136.00	0.00	0.43
Vegetación inducida	73.49	0.04	3.84	10.52	0.01	0.76	84.01	0.03	2.80
Zona urbana	6.45	0.63	62.79	5.55	0.07	7.14	12.00	0.42	41.61

Del cuadro 17 podemos concluir que los cambios negativos equivalen a 293.69 km², y los cambios positivos equivalen a 294.05 km².

Cuadro 18. Cambio de uso de suelo en km² por período.

Tipo de USUEV	Cobertura, km ² (%)		Tasa de CUS
	1984**	2011**	
Selva baja caducifolia secundaria	1118.95 (39.80)	1254.95 (44.64)	0.43**
Selva baja caducifolia primaria	659.48 (23.46)	484.90 (17.25)	-1.13**
Zona Agrícola	495.31 (17.62)	496.42 (17.66)	0.01
Bosque de Encino primario	233.88 (8.32)	131.26 (4.67)	-2.12**
Bosque de Encino secundario	183.80 (6.54)	244.28 (8.69)	1.06**
Pastizal inducido	75.67 (2.69)	159.67 (5.68)	2.80**
Matorral xerófilo secundario	29.64 (1.05)	18.28 (0.65)	-1.77
Matorral xerófilo primario	14.62 (0.52)	9.19 (0.33)	-1.70
Zona urbana	0.001 (4E-5)	11.99 (0.43)	41.60**
Cuerpo de agua	0.001 (4E-5)	0.36 (0.01)	24.40

En síntesis (cuadro 18) entre 1984 y 2011 hay un incremento neto de selva caducifolia secundaria, bosque de encino secundario y vegetación inducida (significativos), y en menor medida zona urbana (significativo) y cuerpo de agua; en estas mismas fechas hay un decremento neto de selva caducifolia primaria y bosque de encino primario (significativos) y en menor medida matorral xerófilo primario y secundario (n.s.); el uso agrícola-pecuario-forestal prácticamente permanece sin cambios en este período (figura 24).

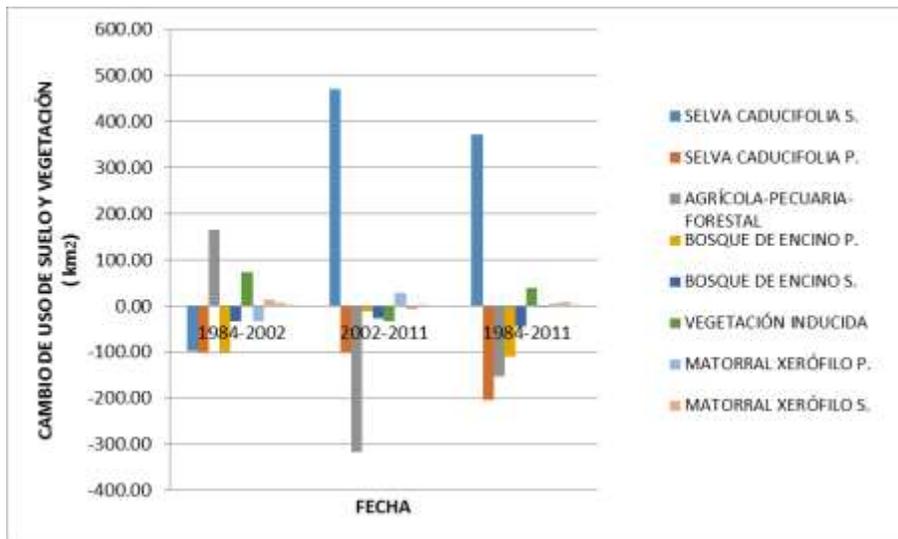


Figura 24. Cambio de uso de suelo en km² por tipo de vegetación.

En el cuadro 19 se presentan los resultados de la matriz de transición; en las filas se aprecian las transiciones de un tipo de USUEV a otro en 1984. Por ejemplo, de los 1,118.95 km² de selva caducifolia secundaria que había en 1984, 841.87 permanecieron iguales, 34.84 se transformaron en selva caducifolia primaria, etc. Al final de las columnas se aprecia la superficie de cada tipo de uso de suelo y vegetación en 2011.

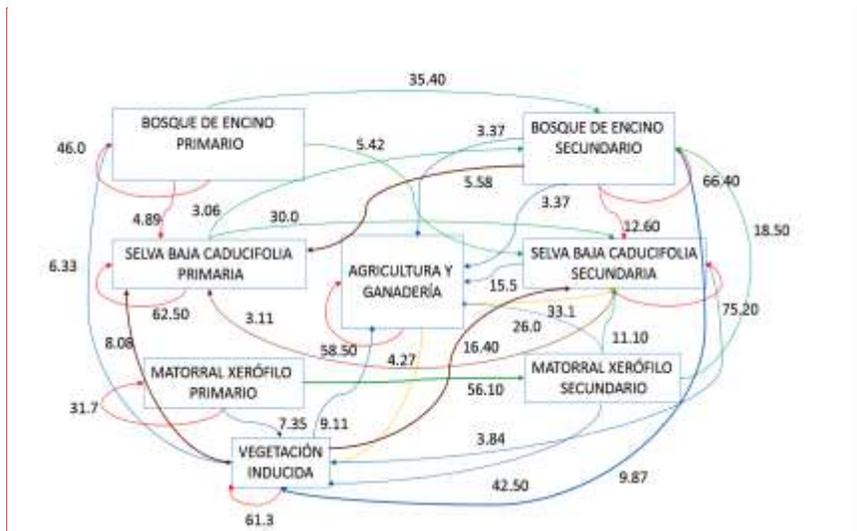
Cuadro 19. Matriz de transición de CUS entre 1984 y 2011 (Ver cuadro 12 para abreviaturas).

Comentado [R2]: 2 como subíndice

Agrícolas con acento
Vegetación con acento

USUEV	USUEV										TOTAL
	SELVA CADUCIFOLIA SECUNDARIA	SELVA CADUCIFOLIA PRIMARIA	AGRICOLA PECUARIA FORESTAL	BOSQUE DE ENCINO PRIMARIO	BOSQUE DE ENCINO SECUNDARIO	VEGETACION INDUCIDA	MATORRAL XEROFILO PRIMARIO	MATORRAL XEROFILO SECUNDARIO	ZONA URBANA	CUERPO DE AGUA	
SELVA CADUCIFOLIA SECUNDARIA	100.00	5.75	23.46	0.76	2.86	4.77	0.00	0.00	0.00	0.00	137.80
SELVA CADUCIFOLIA PRIMARIA	197.72	412.13	11.21	9.25	20.15	6.93	0.09	1.90	0.00	0.00	639.48
AGRICOLA PECUARIA FORESTAL	161.53	9.66	100.33	1.59	2.21	21.37	0.00	0.09	6.39	0.36	495.51
BOSQUE DE ENCINO PRIMARIO	32.41	11.45	4.11	100.00	82.90	24.81	0.00	0.38	0.00	0.00	235.96
BOSQUE DE ENCINO SECUNDARIO	25.34	10.22	6.19	3.83	100.00	20.24	0.32	0.28	0.27	0.00	160.89
VEGETACION INDUCIDA	32.37	6.11	5.07	0.12	1.87	100.00	0.00	0.07	2.32	0.00	75.67
MATORRAL XEROFILO PRIMARIO	0.86	0.00	0.23	0.00	0.00	1.01	100.00	2.59	0.00	0.00	44.27
MATORRAL XEROFILO SECUNDARIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
ZONA URBANA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
CUERPO DE AGUA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL	1884.18	865.48	140.18	124.29	229.82	115.49	39.06	5.29	8.94	0.36	2811.36

En la figura 25 se representan los resultados más importantes de la matriz de transición en un modelo de cambio de uso de suelo. Los valores corresponden a la probabilidad (expresada en porcentaje) de que la superficie de un tipo de USUEV sufra algún proceso, tomando como base los valores de la matriz de transición. No se graficaron probabilidades menores a tres por ciento, y en adelante los procesos con menos de este valor de probabilidad de cambio no se incluyen en los análisis.



Comentado [R3]: Poner la línea negra superior o eliminar las demás líneas del marco

Figura 25. Modelo de cambio de uso de suelo, con valores porcentuales de transición entre un tipo de USUEV y otro. Tipo de proceso: rojo, permanencia; verde, alteración; azul, deforestación; marrón, recuperación primaria, y amarillo, recuperación secundaria.

En el cuadro 20 se resume la información de la matriz de transición de USUEV y del modelo de CUS.

Cuadro 20. Probabilidad de los procesos de cambio de uso de suelo.

Probabilidad del proceso	Valor de probabilidad	Proceso	Uso de suelo y vegetación
Alta	75.20	Permanencia	Selva caducifolia secundaria
	66.40	Permanencia	Bosque de encino secundario
Media	62.50	Permanencia	Selva caducifolia primaria
	61.30	Permanencia	Vegetación inducida
	58.50	Permanencia	Agricultura y ganadería
	56.10	Alteración	Matorral xerófilo primario a secundario
	46.00	Permanencia	Bosque de encino primario
	42.50	Deforestación	Matorral xerófilo secundario a pastizal inducido
	35.40	Alteración	Bosque de encino primario a secundario
	33.10	Recuperación secundaria	Agricultura y ganadería a selva caducifolia secundaria
Baja	31.70	Permanencia	Matorral xerófilo primario
	30.00	Alteración	Selva caducifolia primaria a secundaria
	26.00	Deforestación	Matorral xerófilo secundario a agricultura y ganadería
	18.50	Alteración	Matorral xerófilo secundario a bosque de encino secundario
	16.40	Recuperación secundaria	Pastizal inducido a selva caducifolia secundaria
	15.50	Deforestación	Selva caducifolia secundaria a agricultura y ganadería
	12.60	Alteración	Bosque de encino secundario a selva caducifolia secundaria
	11.10	Alteración	<u>Matorral xerófilo secundario a selva caducifolia secundaria</u>
	9.87	Deforestación	Bosque de encino secundario a pastizal inducido
	9.11	Alteración	Pastizal inducido a agricultura y ganadería
	8.08	Recuperación primaria	Pastizal inducido a selva caducifolia primaria
	7.35	Deforestación	Matorral xerófilo primario a pastizal inducido
	6.33	Deforestación	Bosque de encino primario a pastizal inducido
	5.58	Alteración	<u>Bosque de encino secundario a selva caducifolia primaria</u>

	5.42	Alteración	<u>Bosque de encino primario a selva caducifolia secundaria</u>
	4.89	Alteración	Bosque de encino primario a selva caducifolia primaria
	4.27	Recuperación secundaria	Agricultura y ganadería a pastizal inducido
	3.95	Alteración	Matorral xerófilo primario a selva caducifolia secundaria
	3.84	Deforestación	Selva caducifolia secundaria a pastizal inducido
	3.37	Deforestación	Bosque de encino secundario a agricultura y ganadería
	3.11	Recuperación primaria	<u>Selva caducifolia secundaria a primaria</u>
	3.06	Alteración	<u>Selva caducifolia primaria a bosque de encino secundario</u>

Nota: las celdas subrayadas representan procesos ecológicos poco usuales o imposibles (ver discusión). Por tanto, la probabilidad de que permanezcan la selva y el bosque secundarios es alta; la probabilidad de que permanezcan la selva y el bosque primarios y la agricultura y ganadería (entre otros) es media, y la probabilidad de que permanezca el matorral xerófilo primario, por ejemplo, es baja.

5.2.1.1 Dominancia de los procesos de CUS

Una vez calculado el valor de categoría de frecuencia (VF) y el valor de categoría de promedio de probabilidad (VPP), se obtuvo el Índice de dominancia del proceso de CUS, como se muestra en el cuadro 21.

Cuadro 21. Valor de categoría de frecuencia (VF), valor de categoría de promedio de probabilidad (VPP) e Índice de dominancia del PCUS.

Proceso de CUA (PCUS)	Frecuencia	Categoría de frecuencia	Valor de categoría de frecuencia (VF)	Promedio de probabilidad	Categoría de promedio de probabilidad	Valor de categoría de promedio de probabilidad (VPP)	Índice de dominancia del PCUS= VF+VPP
Alteración	12	Alta	3	16.31	Baja	1	4
Deforestación	8	Alta	3	14.35	Baja	1	4
Permanencia	7	Media	2	57.37	Alta	3	5
Recuperación secundaria	3	Baja	1	17.92	Baja	1	2

Recuperación primaria	2	Baja	1	5.60	Baja	1	2
-----------------------	---	------	---	------	------	---	---

Los valores de los tres procesos de CUS con un mayor índice de dominancia (alteración, 4; deforestación, 4 y permanencia, 5) no son diferentes entre sí (chi cuadrada; $p > 0.05$), por lo que puede decirse que ninguno de ellos es dominante por sí solo, pero en conjunto sí lo son respecto a los procesos de recuperación ($p < 0.01$).

5.2.1.2 Importancia de los procesos de CUS para la conservación

Una vez calculado el valor de categoría de probabilidad y asignado el valor del efecto del proceso de CUS, se obtuvo el Índice de importancia para la conservación (IIPC) de los procesos de CUS, como se indica en el cuadro 22.

Cuadro 22. Índice de importancia para la conservación (IIPC) de los procesos de CUS.

Proceso	Usuev	Valor de categoría de probabilidad	Valor del efecto	IIPC	Importancia para la conservación
Permanencia	Selva caducifolia secundaria	3	0	3	Alta
Permanencia	Selva caducifolia primaria	2	1	3	
Recuperación secundaria	Agricultura y ganadería a selva caducifolia secundaria	2	1	3	
Permanencia	Bosque de encino secundario	3	0	3	
Permanencia	Bosque de encino primario	2	1	3	
Recuperación primaria	Selva caducifolia secundaria a primaria	1	1	2	Media
Recuperación secundaria	Agricultura y ganadería a pastizal inducido	1	0	1	
Permanencia	Matorral xerófilo primario	1	1	2	
Recuperación secundaria	Pastizal inducido a selva caducifolia secundaria	1	1	2	
Recuperación primaria	Pastizal inducido a selva caducifolia primaria	1	1	2	
Recuperación primaria	Bosque de encino secundario a selva caducifolia primaria	1	1	2	Baja
Permanencia	Agricultura y ganadería	2	-1	1	
Alteración	Matorral xerófilo primario a secundario	2	-1	1	

Deforestación	Matorral xerófilo secundario a pastizal inducido	2	-1	1	
Alteración	Bosque de encino primario a secundario	2	-1	1	
Permanencia	Vegetación inducida	2	-1	1	
Alteración	matorral xerófilo secundario a bosque de encino secundario	1	0	1	
Alteración	Bosque de encino secundario a selva caducifolia secundaria	1	0	1	
Alteración	matorral xerófilo secundario a selva caducifolia secundaria	1	0	1	
Alteración	Bosque de encino primario a selva caducifolia primaria	1	0	1	
Deforestación	Selva caducifolia secundaria a agricultura y ganadería	1	-1	0	Sin importancia
Deforestación	Selva caducifolia secundaria a pastizal inducido	1	-1	0	
Alteración	Selva caducifolia primaria a secundaria	1	-1	0	
Alteración	Selva caducifolia primaria a bosque de encino secundario	1	-1	0	
Deforestación	matorral xerófilo secundario a agricultura y ganadería	1	-1	0	
Deforestación	Bosque de encino secundario a pastizal inducido	1	-1	0	
Alteración	Pastizal inducido a agricultura y ganadería	1	-1	0	
Deforestación	Matorral xerófilo primario a pastizal inducido	1	-1	0	
Deforestación	Bosque de encino primario a pastizal inducido	1	-1	0	
Alteración	Bosque de encino primario a selva caducifolia secundaria	1	-1	0	
Alteración	Matorral xerófilo primario a selva caducifolia secundaria	1	-1	0	
Deforestación	Bosque de encino secundario a agricultura y ganadería	1	-1	0	

De esta manera, el IIPC indica que los procesos de permanencia de bosques y selvas primarias y secundarias, así como la recuperación de agricultura y ganadería a selva secundaria, son muy importantes para la conservación; otros procesos de recuperación y permanencia son de importancia media; algunos procesos de alteración, deforestación y

permanencia son de importancia baja y otros procesos de alteración y deforestación no tienen importancia para la conservación.

5.2.2 Fragmentación de la vegetación

En la figura 26 se aprecian los tipos de USUEV del área de estudio en formato raster, con el que se aplicó el análisis de Ecología del Paisaje.

Se compararon las superficies de cada clase de USUEV entre la capa raster y la capa vectorial (usada para el análisis de cambio de uso de suelo) para detectar inconsistencias, pero no se observó diferencia significativa (U de Mann-Whitney, $p > 0.05$). En el cuadro 23 se aprecia que el tipo o clase de USUEV con mayor cobertura (o área) y proporción es la selva caducifolia secundaria, por lo que ésta sería la matriz (o matriz “primaria”), en términos de ecología del paisaje. A partir de este cuadro también se identifican los fragmentos de mayor tamaño de cada USUEV, como se aprecia en las figuras más adelante.

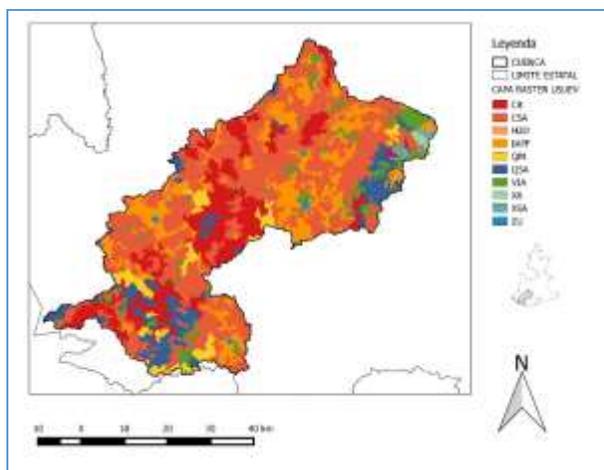


Figura 26. Capa de USUEV tipo raster (elaboración propia).

Cuadro 23. Índices de Área.

Clase	Clave	USUEV	Área por clase km ² (APC)	Proporción de clase (PDC)	Número de fragmentos	Área de fragmento mayor (AFM)
1	AHZU	Asentamientos humanos	11.64	0.0043	11	3.38
2	QMQB	Bosque de encino primario	127.70	0.0467	18	23.09
3	QSAQSB	Bosque de encino secundario	237.77	0.0869	49	58.35
4	H2O	Cuerpo de agua	0.36	0.0001	1	0.36

5	XA	Matorral xerófilo primario	8.92	0.0033	1	8.92
6	XSA	Matorral xerófilo secundario	17.76	0.0065	5	9.71
7	CB	Selva caducifolia primaria	472.01	0.1725	17	198.01
8	CSA	Selva caducifolia secundaria	1221.21	0.4464	73	607.89
9	IAPF	Uso agrícola pecuario forestal	483.13	0.1766	72	114.07
10	VIAVIH	Vegetación inducida	155.24	0.0567	47	23.45
TOTAL			2,735.74	1.00	294.00	1,047.23

El cuadro 24 es consistente con el cuadro anterior, en el sentido de que los fragmentos de la selva caducifolia secundaria son los de mayor perímetro.

Cuadro 24. Índices de ecotono o borde.

Clase	Clave	USUEV	Perímetro del borde km (PDB)	Densidad del borde m/m2 (DDB)	Área núcleo km2 (AN)
1	AHZU	Asentamientos humanos	62.72	0.0000	9.94
2	QMQB	Bosque de encino primario	336.90	0.0001	118.38
3	QSAQSB	Bosque de encino secundario	665.22	0.0002	219.41
4	H2O	Cuerpo de agua	4.93	0.0000	0.23
5	XA	Matorral xerófilo primario	23.24	0.0000	8.28
6	XSA	Matorral xerófilo secundario	70.22	0.0000	15.82
7	CB	Selva caducifolia primaria	907.70	0.0003	446.66
8	CSA	Selva caducifolia secundaria	2389.02	0.0000	1154.70
9	IAPF	Uso agrícola pecuario forestal	1443.51	0.0005	443.11
10	VIAVIH	Vegetación inducida	618.91	0.0002	138.11
Total			6,522.37	0.00	2,554.64

5.2.2.1 Índices por clase o USUEV.

En las siguientes figuras se muestran los fragmentos de cada USUEV, así como el fragmento de mayor tamaño (con trama) respectivamente. Esta información tiene implicaciones para la propuesta de conservación que se hará más adelante.

Aunque la selva caducifolia secundaria (ver figura 27) es el tipo de vegetación con mayor área (por lo que funciona como la matriz del paisaje), con mayor número de fragmentos (73) y con mayor área núcleo (1154.7 km²), en principio no se presta para la conservación *per se*, por su naturaleza perturbada. Sin embargo algunos fragmentos quedan insertados en el fragmento mayor (“matriz secundaria”) de selva baja caducifolia primaria, mencionada más adelante (ver figura 29).

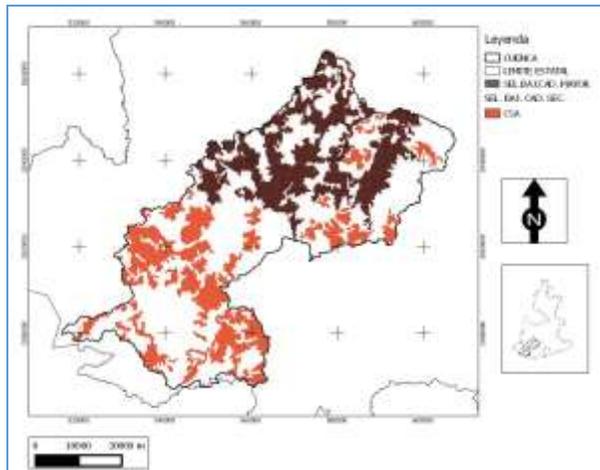


Figura 27. Vegetación: Selva baja caducifolia secundaria. (Clase: 2; clave: CSACSB; APC: 1221.21 km²; PDC: 0.4464; PDB: 2389.0 km; DDB: 0.0009 m/m²; NDF: 73; AFM: 607.89 km²; AN: 1154.70 km²).

La cobertura del uso de suelo agrícola es la clase con menor vocación para la conservación (ver figura 28), no sólo por sus índices de ecología del paisaje (72 fragmentos con 483 km²), sino por su naturaleza perturbada sin cobertura vegetal natural.

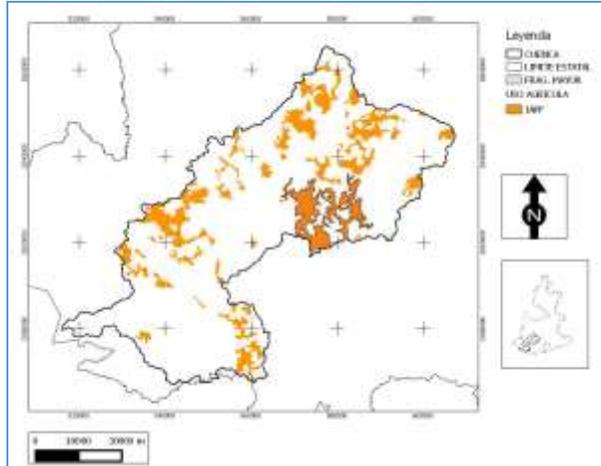


Figura 28. Uso de suelo Agrícola. (Clase: 4; Clave: IAPF; APC: 483.13 km²; PDC: 0.1766; PDB: 1443.5 km; DDB: 0.0005 m/m²; NDF: 72; AFM: 114.07 km²; AN: 443.11 km²).

En la figura 29 se aprecia el fragmento más grande (198.01 km²) de selva baja caducifolia primaria, que presenta las siguientes características:

1. Es el fragmento mayor de vegetación natural del área de estudio, por lo que se presta para la conservación en términos exclusivamente de ecología del paisaje, a reserva de lo que muestren los resultados de riqueza y rareza de flora y fauna y el estudio socioeconómico; el segundo fragmento más grande de esta clase es de 99.42 km². Según la Teoría de Biogeografía de Islas, a mayor área de una "isla", mayor Biodiversidad.
2. Funciona como una pequeña "matriz secundaria", en términos de ecología del paisaje, con fragmentos de bosque de encino y selva baja primarios y secundario asociados e insertados.
3. La relación perímetro/ área (p/a), determina que el efecto borde será menor en este fragmento (p/a= 1.10) que en el segundo más grande (p/a= 2.03).
4. Presenta al menos seis corredores entre los fragmentos más grandes.

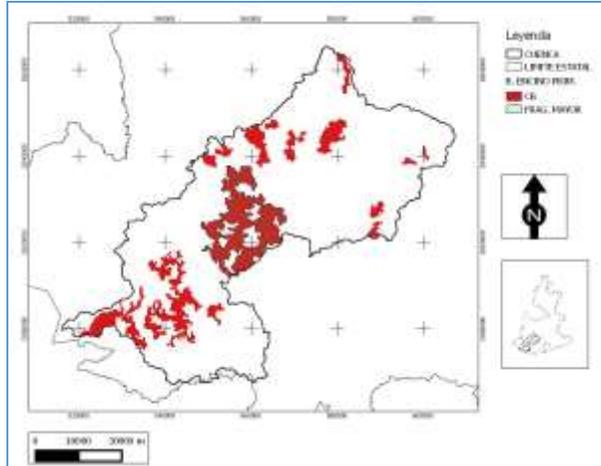


Figura 29. Selva baja caducifolia primaria. (Clase: 1; Clave: CB; APC: 472.01 km²; PDC: 0.1725; PDB: 907.7 km; DDB: 0.0003 m/m²; NDF: 17; AFM: 198.01 km²; AN: 446.66 km²).

El bosque de encino secundario (figura 30) no se presta para la conservación en un principio, por su naturaleza perturbada y su tamaño, aunque algunos fragmentos quedan insertados en el fragmento mayor de selva baja caducifolia conservada (ver figura 37 más adelante).

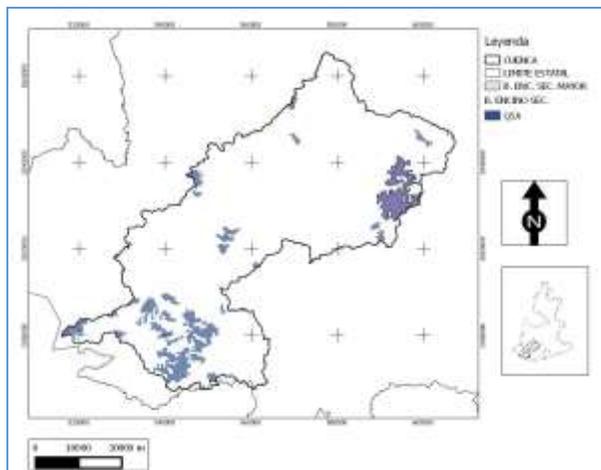


Figura 30. Bosque de encino secundario (Clase: 6; Clave: QSAQSB; APC: 237.77 km²; PDC: 0.0869; PDB: 665.22 km; DDB: 0.000; NDF: 49; AFM: 58.35 km²; AN: 219.41 km²).

La vegetación inducida (ver figura 31) generalmente son pastizales inducidos dedicados a la ganadería, por lo que no se prestan para la conservación.

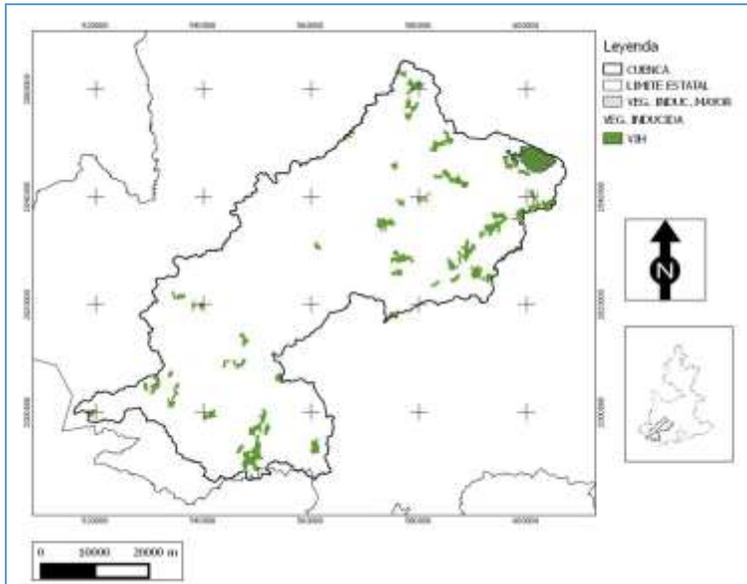


Figura 31. Vegetación inducida (Clase: 7; Clave: VIAVIH; APC: 155.24 km²; PDC: 0.0567; PDB: 618.91 km; DDB: 0.0002 m/m²; NDF: 47; AFM: 23.45 km²; AN: 138.11 km²).

De este tipo de vegetación, sólo un fragmento queda asociado a la matriz secundaria de selva baja caducifolia primaria en la propuesta inicial de conservación (ver figura 32), ya que los demás fragmentos están muy aislados y/o son muy pequeños.

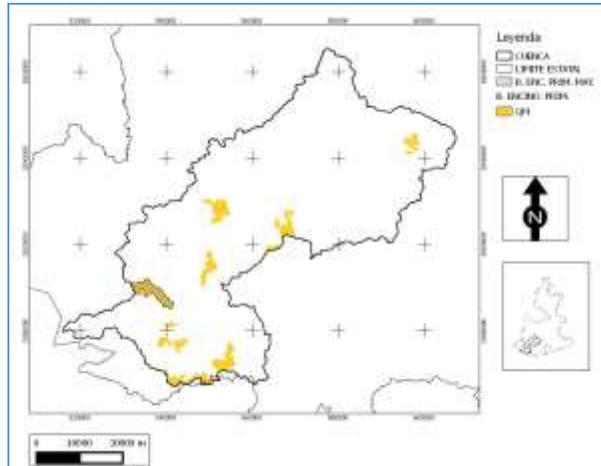


Figura 32. Bosque de encino primario (Clase: 5; Clave: QMQB; APC:127.70 km²; PDC: 0.0467; PDB: 336.90 km; DDB: 0.0001 m/m²; NDF: 18; AFM:23.09 km²; AN: 118.38km²).

El matorral xerófilo secundario no se presta para la conservación por su pequeña superficie (Ver figura 33).

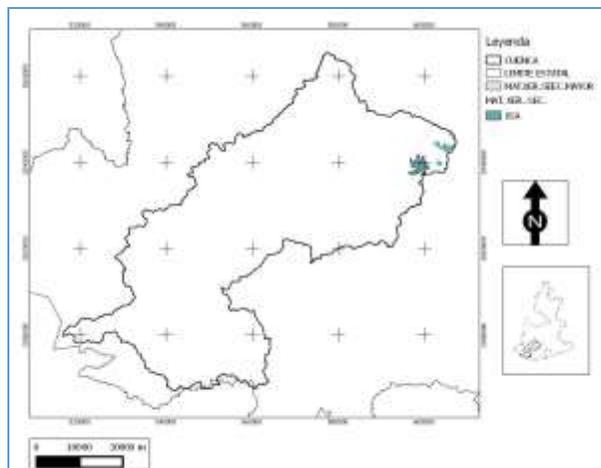


Figura 33. Matorral xerófilo secundario (Clase: 9; clave: XSA; APC: 17.76 km²; PDC: 0.0065; PDB: 70.22 km; DDB: 0.0000; NDF: 5; AFM: 9.71 km²; AN: 15.82km²).

Los asentamientos humanos no son aptos para la conservación biológica, ya que no contiene cobertura vegetal natural.

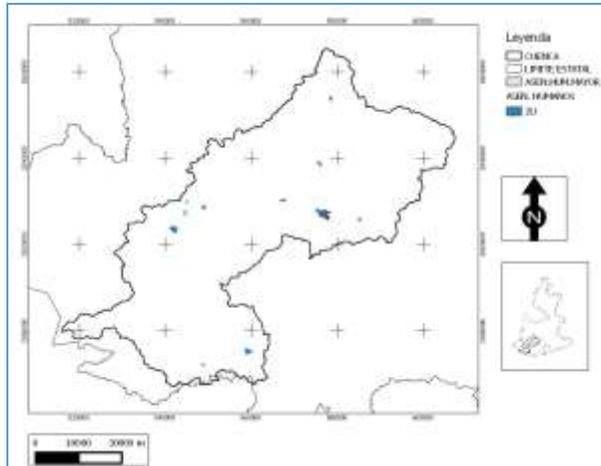


Figura 34. Asentamientos humanos. (Clase: 10; clave: AHZU; APC: 11.64 km²; PDC: 0.0043; PDB: 62.72; DDB: 0.0000; NDF: 11; AFM: 3.38 km²; AN: 9.94 km²).

El Matorral xerófilo primario no se presta para la conservación por su pequeña superficie, a pesar de ser vegetación primaria.

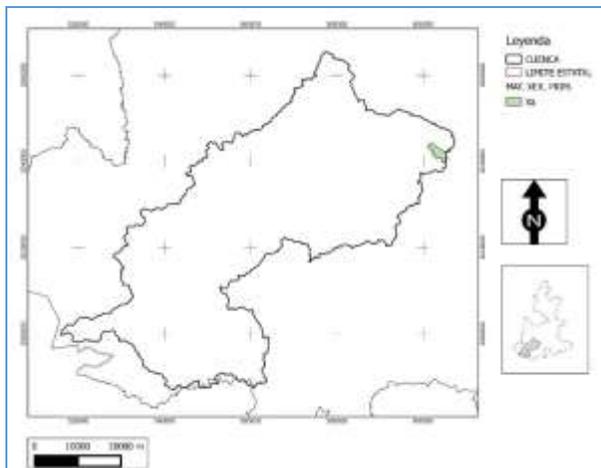


Figura 35. Matorral xerófilo primario. (Clase: 8; Clave: XA; APC: 8.92 km²; PDC: 0.0033; PDB: 23.24; DDB: 0.0000; NDF: 1; AFM: 8.92 km²; AN: 8.28 km²).

En el único cuerpo de agua léntico (sin flujo), no aplica su uso para la conservación de la biodiversidad terrestre.

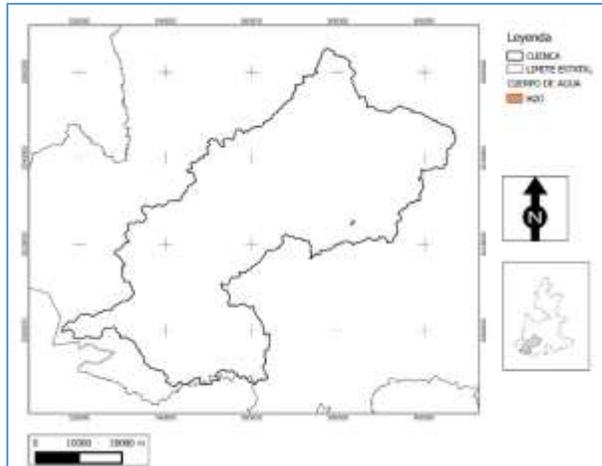


Figura 36. Cuerpo de agua. (Clase: 3; clave: H20; APC: 0.36 km²; PDC: 0.0001 km; PDB: 4.93 km; DDB: 0.0000; NDF: 1; AFM: 0.36 km²; AN: 0.23 km²).

5.3 Estrategia de conservación: primera parte.

Se considera entonces que el fragmento mayor de selva baja caducifolia primaria (CB) es el idóneo para una propuesta de conservación (figura 37).

Asimismo, al asociar fragmentos de USUEV insertados (cuatro fragmentos de selva baja caducifolia secundaria (CSa), dos de bosque de encino secundario (QSa) y dos de uso de suelo agrícola (IAPF)) y anexados (tres de bosque de encino primario (QM), uno de QSa y otro de CSa), se incrementa la superficie de la propuesta de conservación a 317.44 km² (cuadro 25). Aunque no todos los fragmentos asociados son de vegetación primaria, los fragmentos de vegetación secundaria (cinco de CSA y tres de QSA) pueden prestarse para la restauración.

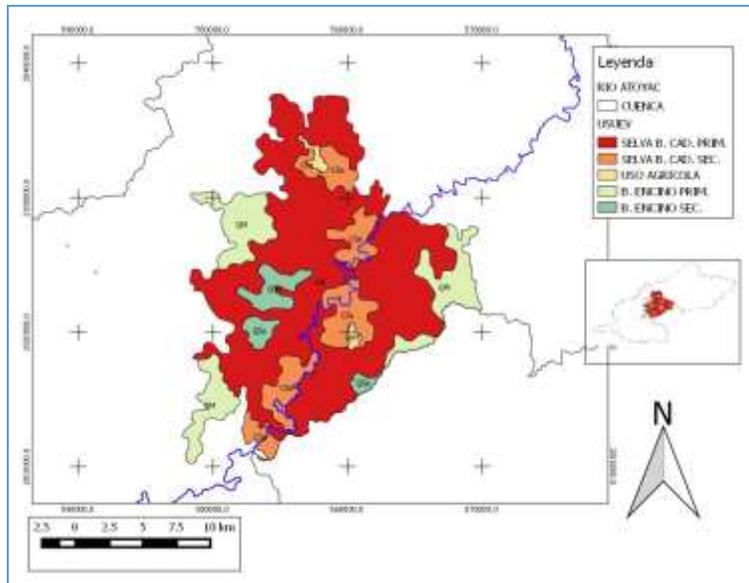


Figura 37. Propuesta de conservación (PC) a partir de análisis de fragmentación (Fuente: INEGI, 2011).

Cuadro 25. Superficie (en hectáreas) parcial (SUBTOTAL), subtotal y proporcional (PORCIENTO) de cada tipo de uso de suelo y vegetación (CVE_H: CB: selva caducifolia primaria, CSa: selva caducifolia secundaria, QM: bosque de encino primario, QSa: bosque de encino secundario, IAPF: uso agrícola, pecuario y forestal) de la propuesta de conservación.

Fragmento	CVE_H	Área_ha	Subtotal	%
1	CB	20331.02	2,0331.02	64.05
2	CSa	498.84		
3	CSa	210.21		
4	CSa	1078.22		
5	CSa	1408.05		
6	CSa	891.19		
7	CSa	625.75	4,712.26	14.84
8	QM	1754.31		
9	QM	1229.97		
10	QM	1868.79	4,853.07	15.29
11	QSa	211.26		
12	QSa	892.95		
13	QSa	419.54	1,523.75	4.80
14	IAPF	133.46		
15	IAPF	191.20	324.66	1.02
Total		31,744.76	31,744.76	100.00

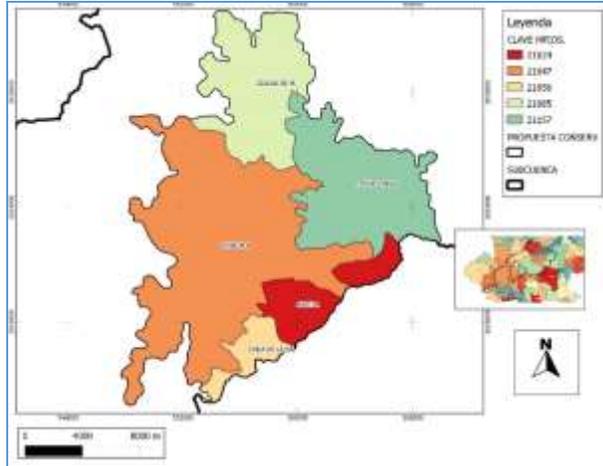


Figura 39. División política municipal en la PIC (Fuente: INEGI, 2014).

Topográficamente, el área de la PC presenta altitudes que van de los 936 hasta los 1771 msnm, conformando una microcuenca al fluir el Río Atoyac de norte a sur por el centro del polígono (figura 40).

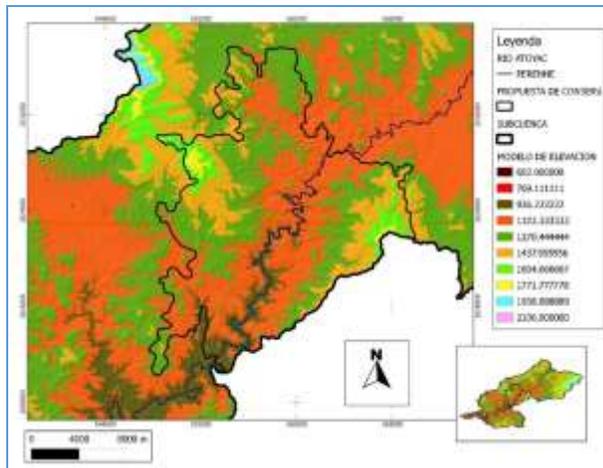


Figura 40 . Topografía en la PC (Fuente: INEGI, 2013).

Climáticamente la PC presenta climas predominantemente cálidos subhúmedos a semisecos muy cálidos en las partes bajas (figura 41).

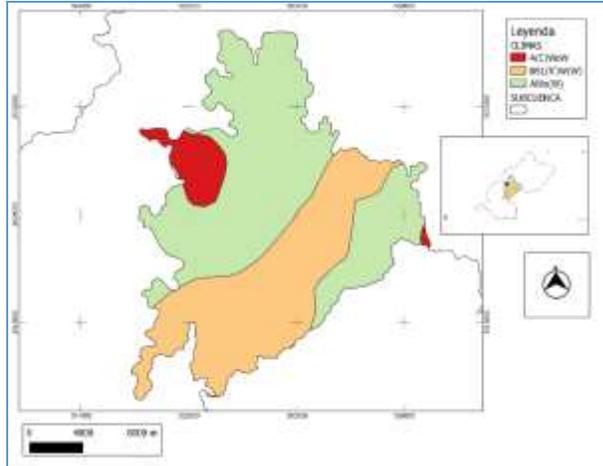


Figura 41. Climas del polígono de la PC; A(C)Wo(W): Templado, semicálido, subhúmedo, con lluvias en verano; BS1(h')W(W): Seco, semiseco, muy cálido y cálido; AWo(W): Cálido, subhúmedo, con lluvias en verano (Fuente: INEGI, 2000)

Edafológicamente, en la PC predomina el Leptosol húmico y lítico, con Regosol éulico y epiléptico (LPhuli+RGeulep/2), y en menor superficie se presentan suelos tipo Regosol éutrico con Leptosol éutrico y lítico (RGeu+LPeuli/2) y tipo Leptosol éutrico y lítico con Regosol éutrico y Phaeozem háplico, todos con clase textural dos (ver fig. 18).

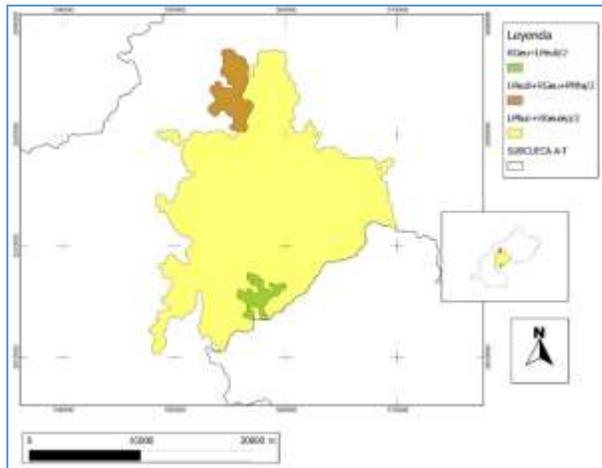


Figura 42. Tipos de suelos en la PC (Fuente: INEGI, 2007).

5.4 Evaluación de la biodiversidad en la subcuenca y en la Propuesta de Conservación.

5.4.1 Listado y distribución de flora.

Para obtener el listado de especies vegetales arbóreas se consultaron los trabajos de Guízar-Nolazco et al. (2010) y de Valencia-Ávalos et al. (2011), identificando 11 especies comunes a los cuatro sitios (puntos verdes) mostrados en el mapa (Cuadro 26, figura 43).

Cuadro 26. Especies de angiospermas arbóreas registradas en la cercanía de la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.

Familia	Género	Epíteto específico
FABACEAE	<i>Acacia</i>	<i>macilenta</i>
BURSERACEAE	<i>Bursera</i>	<i>aptera</i>
BURSERACEAE	<i>Bursera</i>	<i>bicolor</i>
BURSERACEAE	<i>Bursera</i>	<i>longipes</i>
BURSERACEAE	<i>Bursera</i>	<i>submoniliformis</i>
BOMBACACEAE	<i>Ceiba</i>	<i>aesculifolia</i>
ANACARDIACEAE	<i>Cyrtocarpa</i>	<i>procera</i>
FABACEAE	<i>Haematoxylum</i>	<i>brasiletto</i>
FABACEAE	<i>Lonchocarpus</i>	<i>eriophyllus</i>
APOCINACEAE	<i>Plumeria</i>	<i>rubra</i>
RUBIACEAE	<i>Randia</i>	<i>thurberi</i>

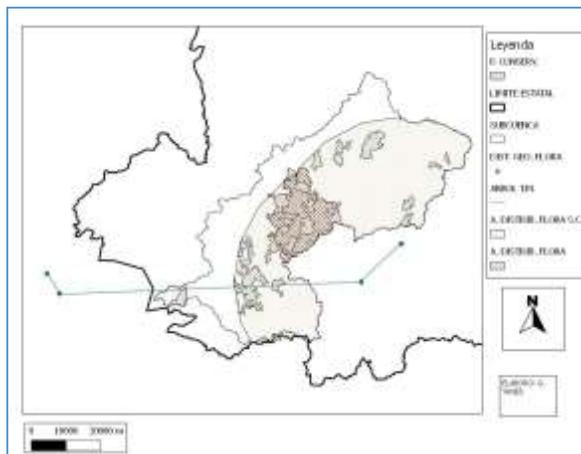


Figura 43. Distribución geográfica de plantas angiospermas arbóreas en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.

5.4.2 Listado y distribución de la fauna.

Listado y distribución de coleópteros lamelicornios.

Cuate-Mozo et al. (2013), hicieron el inventario de Coleópteros Scarabaeoidea o Lamelicornios de la región de Chiautla de Tapia; Sánchez-Velázquez et al. (2012) hicieron el inventario de Coleopteros Scarabaeidea e Hybosoridae del Rancho El Salado, Jolalpan, y Castañeda-Osorio et al. (2015) hicieron el inventario de Coleópteros Melolonthidae y Cetoniidae del mismo lugar, por lo que los resultados de estas dos publicaciones se consideraron del mismo sitio (cuadro 27).

Cuadro 27. Coleópteros Lamelicornios en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.

Familia	Subfamilia	Género	Epíteto específico
Cetoniidae	Cetoniinae	<i>Cotinis</i>	<i>mutabilis</i>
Cetoniidae	Cetoniinae	<i>Euphoria</i>	<i>leucographa</i>
Cetoniidae	Cetoniinae	<i>Gymnetis</i>	<i>poecila</i>
Cetoniidae	Cetoniinae	<i>Hologymnetis</i>	<i>cinerea</i>
Melolonthidae	Dynastinae	<i>Cyclocephala</i>	<i>lunulata</i>
Melolonthidae	Dynastinae	<i>Ligyris</i>	<i>sallei</i>
Melolonthidae	Dynastinae	<i>Phileurus</i>	<i>valgus</i>
Melolonthidae	Dynastinae	<i>Strategus</i>	<i>aloeus</i>
Melolonthidae	Melolonthinae	<i>Diplotaxis</i>	<i>hallei</i>
Melolonthidae	Melolonthinae	<i>Phyllophaga</i>	<i>batillifer</i>
Melolonthidae	Melolonthinae	<i>Phyllophaga</i>	<i>fulviventris</i>
Melolonthidae	Melolonthinae	<i>Phyllophaga</i>	<i>ilhuicaminai</i>
Melolonthidae	Melolonthinae	<i>Phyllophaga</i>	<i>lenis</i>
Melolonthidae	Rutelinae	<i>Pelidnota</i>	<i>virescens</i>
Scarabaeidae	Aphodiinae	<i>Hybosorus</i>	<i>illigeri</i>
Scarabaeidae	Aphodiinae	<i>Labarrus</i>	<i>pesudolividus</i>
Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Ateuchus</i>	<i>rodriguezi</i>
Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Canthon</i>	<i>indigaceus</i>
Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Coprophanæus</i>	<i>pluto</i>
Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Deltochilum</i>	<i>gibbosum</i>
Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Deltochilum</i>	<i>tumidum</i>
Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Dichotomius</i>	<i>colonicus</i>
Scarabaeidae	Scarabaeinae	<i>Digitonthophagus</i>	<i>gazella</i>

Se encontraron 23 especies comunes a ambos sitios, y con las que se trazó su área de distribución (Ver figura 44).

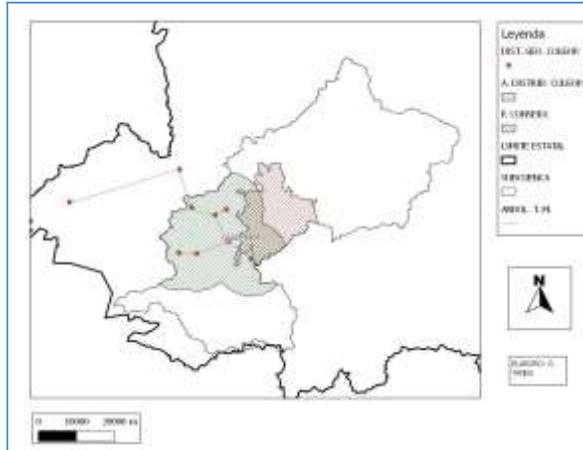


Figura 44. Distribución geográfica de coleópteros Scarabaeoidea en la subcuenca Atoyac-Tehuizingo (Fuente: Sánchez-Velázquez et al., 2012; Cuate-Mozo et al., 2013 y Castañeda-Osorio et al., 2015).

Listado y distribución de anfibios y reptiles.

Para determinar la distribución de anfibios y reptiles en la subcuenca, se consultaron los trabajos de inventarios herpetofaunísticos de Vargas-Orrego (2014) en Santa Inés Ahuatempan, Eliosa-León et al. (2015) en San Juan de los Ríos y López-Vivanco (2015) en San Mateo Mimiapan, Puebla. En el cuadro 28 se muestran las especies comunes (13) a los tres trabajos y su distribución geográfica al interior de la subcuenca (Ver figura 45).

Cuadro 28. Herpetofauna de la subcuenca Atoyac-Tehuizingo.

Clase	Familia	Género	Epíteto específico
Amphibia	Bufo	<i>Incilius</i>	<i>occidentalis</i>
Amphibia	Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus</i>	<i>nitidus</i>
Amphibia	Scaphiopodidae	<i>Spea</i>	<i>multiplicata</i>
Amphibia	Ranidae	<i>Lithobates</i>	<i>zweifeli</i>
Reptilia	Iguanidae	<i>Ctenosaura</i>	<i>pectinata</i>
Reptilia	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus</i>	<i>horridus</i>
Reptilia	Phrynosomatidae	<i>Urosaurus</i>	<i>bicarinatus</i>
Reptilia	Teiidae	<i>Aspidocelis</i>	<i>costata</i>
Reptilia	Teiidae	<i>Aspidocelis</i>	<i>sacki</i>
Reptilia	Colubridae	<i>Drymarchon</i>	<i>melanurus</i>
Reptilia	Elapidae	<i>Micrurus</i>	<i>laticollaris</i>
Reptilia	Viperidae	<i>Crotalus</i>	<i>culminatus</i>

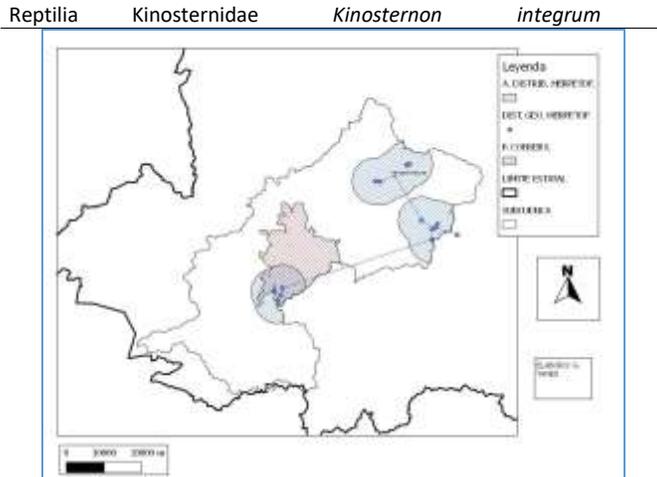


Figura 45. Distribución geográfica de la Herpetofauna en la Subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo (Fuente: Vargas-Orrego, 2014; Eliosa-León et al., 2015 y López-Vivanco, 2015).

Listado y distribución de aves.

Se consultaron los trabajos de Huerta-Garrido (2010) y Pérez-Burgos (2015), en los cuales se identifican 38 especies de aves comunes a San Juan de los Ríos y Santa Inés Ahuatempan, como se aprecia en cuadro 29 y figura 46.

Cuadro 29. Ornitofauna presente en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.

Orden	Familia	Especies
Passeriformes	Emberizidae	<i>Aimophila botterii</i>
Passeriformes	Emberizidae	<i>Aimophila humeralis</i>
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia beryllina</i>
Falconiformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Camptostoma imberbe</i>
Passeriformes	Fringillidae	<i>Carduelis psaltria</i>
Falconiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Catherpes mexicanus</i>
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina inca</i>
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina passerina</i>
Falconiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>
Passeriformes	Corvidae	<i>Corvus corax</i>
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Geococcyx velox</i>
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus pustulatus</i>

Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes hypopolius</i>
Passeriformes	Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>
Coraciiformes	Momotidae	<i>Momotus mexicanus</i>
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus tyrannulus</i>
Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis poliocephala</i>
Falconiformes	Accipitridae	<i>Parabuteo unicinctus</i>
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina caerulea</i>
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina ciris</i>
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina leclancherii</i>
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina versicolor</i>
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysopheplus</i>
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>
Passeriformes	Sylviidae	<i>Polioptila caerulea</i>
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>
Passeriformes	Mimidae	<i>Toxostoma curvirostre</i>
Passeriformes	Mimidae	<i>Toxostoma ocellatum</i>
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon elegans</i>
Passeriformes	Parulidae	<i>Vermivora ruficapilla</i>
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiática</i>
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida macroura</i>

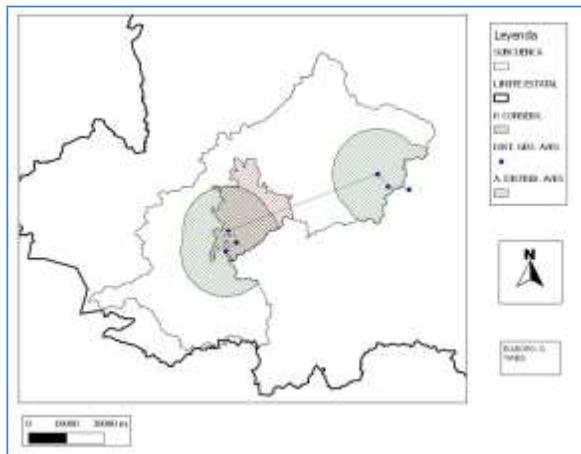


Figura 46. Distribución de la ornitofauna en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo (Fuente: Huerta-Garrido, 2010 y Pérez-Burgos, 2015).

Para este apartado se consultaron los trabajos de Vargas-Miranda (1999), Álvarez-Cuateta (2003) y Araujo-Vargas (2008), en los que se detectan siete especies de murciélagos comunes entre Jolalpan, San Juan de los Ríos y Zacapala (cuadro 31, figura 48).

Cuadro 31. Quiroptero fauna presente en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.

Familia	Subfamilia	Género	Epíteto específico
EMBALLONURIDAE		<i>Balantiopteryx</i>	<i>plicata</i>
PHYLLOSTOMIDAE	DESMODONTINAE	<i>Desmodus</i>	<i>rotundus</i>
PHYLLOSTOMIDAE	DESMODONTINAE	<i>Diphylla</i>	<i>ecaudata</i>
PHYLLOSTOMIDAE	GLOSSOPHAGINAE	<i>Glossophaga</i>	<i>soricina</i>
PHYLLOSTOMIDAE	GLOSSOPHAGINAE	<i>Leptonycteris</i>	<i>curasoae</i>
PHYLLOSTOMIDAE	GLOSSOPHAGINAE	<i>Choeronycteris</i>	<i>mexicana</i>
PHYLLOSTOMIDAE	STERNODERMATINAE	<i>Sturnira</i>	<i>lilium</i>

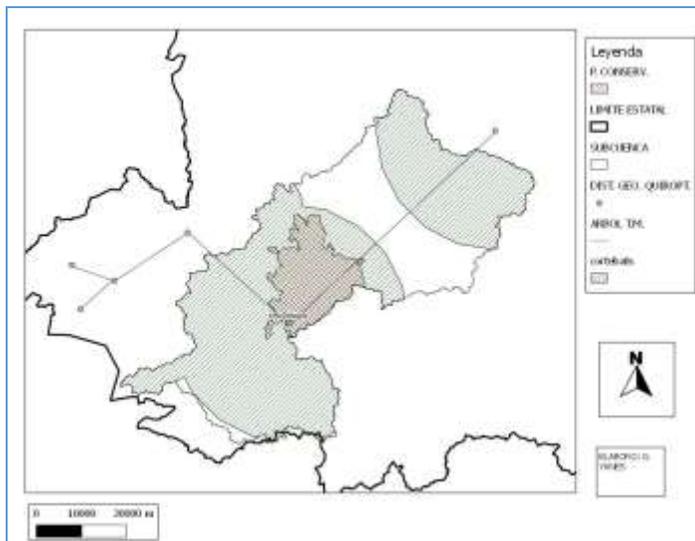


Figura 48. Área de distribución de Quirópteros de la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo (Fuente: Vargas-Miranda, 1999; Álvarez-Cuateta, 2003 y Araujo-Vargas, 2008).

5.4.3 Estado de conservación y endemismo.

En cuadro 32 se aprecia que existen al menos 20 especies bajo alguna categoría de conservación o endemismo en el área de estudio. Puede haber más, pero sólo se escogieron las que se incorporaron al análisis de propinuidad media mencionado arriba.

Por ejemplo, hay especies de aves no incluidas en la lista de abajo pero presentes en San Juan de los Ríos bajo alguna categoría de conservación.

Cuadro 32. Estado de conservación y endemismo de algunas especies presentes en la subcuenca Atoyac-Tehuiztzingo.

Clase	Género	Especie	NOM 059	IUCN	Endemismo
AMPHIBIA	<i>Incilius</i>	<i>occidentalis</i>	-	-	MÉXICO
AMPHIBIA	<i>Eleutherodactylus</i>	<i>nitidus</i>	-	-	MÉXICO
AMPHIBIA	<i>Spea</i>	<i>multiplicata</i>	-	-	MÉXICO
AMPHIBIA	<i>Lithobates</i>	<i>zweifeli</i>	-	-	MÉXICO
REPTILIA	<i>Ctenosaura</i>	<i>pectinata</i>	AMENAZADA	-	MÉXICO
REPTILIA	<i>Sceloporus</i>	<i>horridus</i>	-	-	MÉXICO
REPTILIA	<i>Urosaurus</i>	<i>bicarinatus</i>	-	-	MÉXICO
REPTILIA	<i>Aspidocelis</i>	<i>costata</i>	PROTEGIDA	-	MÉXICO
REPTILIA	<i>Aspidocelis</i>	<i>sacki</i>	-	-	MÉXICO
REPTILIA	<i>Micrurus</i>	<i>laticollaris</i>	PROTEGIDA	-	MÉXICO
REPTILIA	<i>Crotalus</i>	<i>culminatus</i>	-	-	MÉXICO
REPTILIA	<i>Kinosternon</i>	<i>integrum</i>	PROTEGIDA	-	MÉXICO
AVES	<i>Aimophila</i>	<i>humeralis</i>	-	-	MÉXICO
AVES	<i>Ortalis</i>	<i>poliocephala</i>	-	-	MÉXICO
AVES	<i>Parabuteo</i>	<i>unicinctus</i>	PROTEGIDA	-	-
AVES	<i>Passerina</i>	<i>ciris</i>	PROTEGIDA	NEARLY THREATENED	-
MAMMALIA	<i>Leptonycteris</i>	<i>curasoae</i>	AMENAZADA	VULNERABLE	-
MAMMALIA	<i>Choeronycteris</i>	<i>mexicana</i>	AMENAZADA	-	-
MAMMALIA	<i>Leptonycteris</i>	<i>curasoae</i>	AMENAZADA	VULNERABLE	-
MAMMALIA	<i>Choeronycteris</i>	<i>mexicana</i>	AMENAZADA	VULNERABLE	-

5.4.4. Coleópteros indicadores de diversidad.

Con base en los cuatro muestreos de Coleópteros coprófagos realizados en la subcuenca, se presenta el siguiente análisis de la diversidad alfa y beta de los sitios mostrados en la figura 49.

Dado que los datos totales de abundancia por especie no presentan una distribución normal (Shapiro-Wilk, $p < 0.05$), se aplicó un modelo de acumulación de especies no paramétrico (Bootstrap) para estimar la eficiencia del muestreo (cuadro 32).

Los cuatro sitios presentan eficiencias del muestreo por arriba del 80%, por lo que se puede decir que los inventarios de especies de estas comunidades están razonablemente completos (cuadro 33).

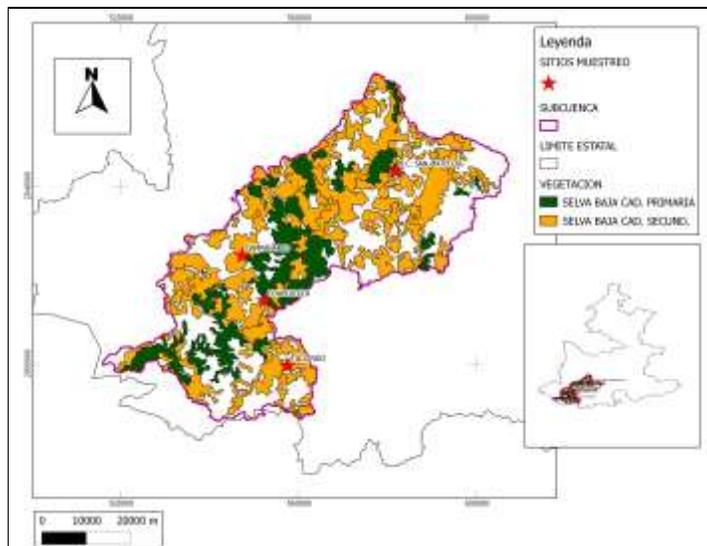


Figura 49. Sitios de muestreo de Coleópteros coprófagos.

Cuadro 33. Eficiencia del muestreo. S. OBS.: especies observadas; S. ESP.: especies esperadas; S. FALTANTES: especies faltantes; EFIC. MUESTREO: eficiencia del muestreo.

Sitio	S. OBS.	S. ESP.	S. FALTANTES	Efic. Muestreo (%)
COAHUILULA	5	5.83	0.83	85.76
EL CAMPANARIO	5	5.46	0.46	91.58
TULcingo	10	11.3	1.3	88.50
SAN MATEO	3	3.38	0.38	88.76

Se encontraron 11 especies (ver fotos 16-21, anexo II) correspondientes a una subfamilia y una familia de la superfamilia Scarabaeoidea, Orden Coleoptera:

Familia Scarabaeidae

Subfamilia Scarabaeinae

Especie

Ateuchus rodriguezi (Preudhomme de Borre 1886)

Canthidium laetum Harold, 1867

Canthon corporali Balthasar, 1939

Canthon humectus (Say, 1831)

Canthon indigaceus Le Conte, 1866

Deltochilum gibbosum (F. 1775)

Dichotomius amplicollis (Harold, 1869)

Digitonthophagus gazella (F. 1787)

Euoniticellus intermedius (Reiche, 1848)
Onthophagus igualensis Bates, 1887
Phanaeus daphnis Harold, 1863

Cuadro 34. Abundancia por especie y por sitio.

ESPECIE (escarabajos estercoleros)	TULCINGO	CAMPANARIO	COAHUILULA	SAN MATEO
<i>Ateuchus rodriguezi</i>	7	0	0	0
<i>Canthidium laetum</i>	0	64	19	0
<i>Canthon corporali</i>	1	2	0	21
<i>Canthon humectus</i>	19	2	2	0
<i>Canthon indigaceus</i>	12	0	0	0
<i>Deltochilum gibbosum</i>	2	6	16	0
<i>Dichotomius amplicollis</i>	2	0	0	0
<i>Digitonthophagus gazella</i>	184	0	0	0
<i>Euoniticellus intermedius</i>	1	0	0	0
<i>Onthophagus igualensis</i>	58	320	55	6
<i>Phanaeus daphnis</i>	3	0	1	2
TOTAL	289	394	93	29

En cuanto a la abundancia, cabe destacar que en El Campanario hay una especie muy abundante (*O. igualensis*), lo que se verá reflejado en la dominancia más adelante.

En la figura 50 de rango-abundancia se aprecia la estructura de las comunidades; Tulcingo presenta mayor equitabilidad, es decir, las especies están repartidas más equitativamente; en cambio en El Campanario es baja la equitabilidad por el efecto de una especie sobreabundante (*O. igualensis*) (cuadro 35).

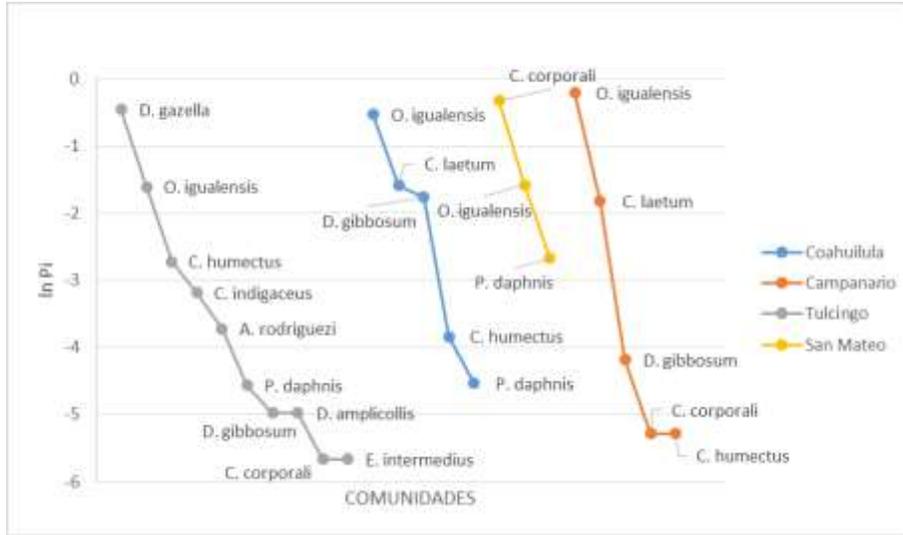


Figura 50. Gráfico de rango-abundancia (para abreviaturas ver cuadro 33); In Pi: logaritmo natural de abundancia proporcional.

Comentado [R4]: ALARGAR PARA QUE LA LEYENDA QUEDE EN UNA SOLA LÍNEA

La diversidad es mayor en Tulcingo y Coahuilula que en San Mateo y El Campanario (cuadro 35). Aunque en El Campanario es mayor la riqueza que en San Mateo, la diversidad es menor por efecto de la dominancia (ver figura 51).

Cuadro 35. Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), riqueza (S) y abundancia (N) de las cuatro comunidades.

COMUNIDAD	H'	D	S	N
TULCINGO	1.166	0.4525	10	289
COAHUILULA	1.069	0.4217	5	93
SANMATEO	0.744	0.5719	3	29
CAMPANARIO	0.581	0.6863	5	394

Con base en el Bootstrap como medida de dispersión, sólo se aprecia significancia de la diversidad entre Coahuilula y El Campanario, y entre Tulcingo y San Mateo (figura 51 y cuadro 36).

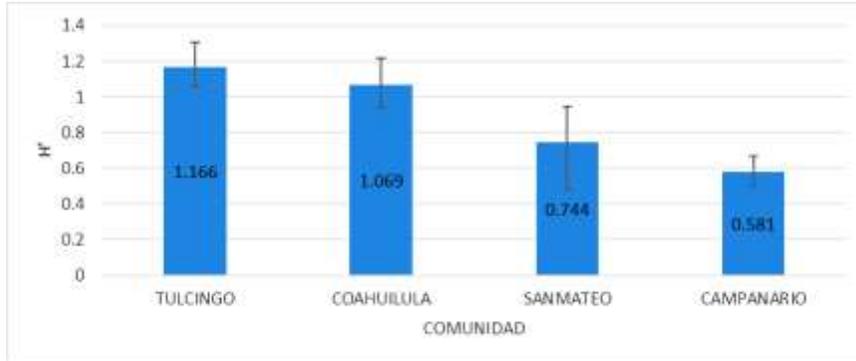


Figura 51. Diversidad de Shannon-Wiener.

Cuadro 36. Significancia entre sitios.

	CAMPANARIO	TULCINGO	SAN MATEO	COAHUILULA
CAMPANARIO		S	NS	S
TULCINGO			S	NS
SAN MATEO				NS
COAHUILULA				

En cuanto a la diversidad beta (entre comunidades), se aprecia en la figura 52 que las dos comunidades más cercanas geográficamente son las más similares en composición de especies (Campanario y Coahuilula), y además son menos similares a Tulcingo y San Mateo sucesivamente.

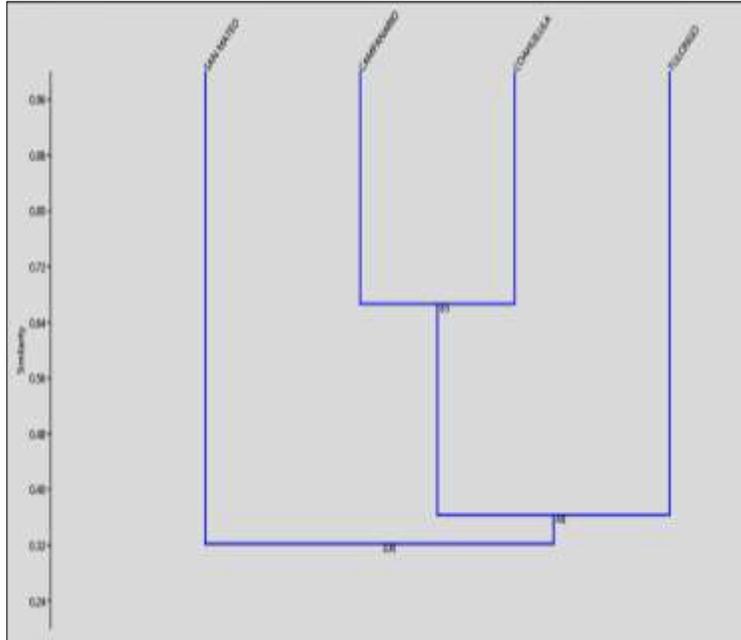


Figura 52. Dendrograma de similitud de Jaccard.

5.5 Estrategia de conservación: segunda parte.

Todos los encuestados coinciden en que conocen bien la región, consideran que está bien conservada, que se ha reducido la extracción de vegetación en ella, consideran que existe cacería furtiva, pero ha disminuido entre cero y 50%, se desarrolla la cacería deportiva y en poca cantidad la cacería de subsistencia, la tenencia de tierra es en gran proporción pequeña propiedad y en menor medida ejidal, la principal actividad es la agricultura y ganadería, y tienen conocimiento de la existencia de entre 3 y 28 UMAs en la región (ver fig. 53).

También conocen otro tipo de ANPs diferente a las UMAs, como parques nacionales y ANPS voluntarias, hay interés por la conservación en la región y están conscientes que ayudará al funcionamiento de las UMAs, saben que un ANP en la región debe ser de tipo estatal, privada o UMA, han pertenecido al menos a tres organizaciones de productores locales y han tenido puestos directivos en ellas (cuadro 37).

Cuadro 37. Resultados de las encuestas aplicadas a actores clave de los sitios de muestreo de coleópteros indicadores.

PREGUNTA	Don Emiliano	Don Dagoberto	Don Efraín	Don Javier
¿Conoce usted la región mostrada en las figuras uno y dos?	Sí	Sí	Sí	Sí
¿Si es así, considera que la vegetación está bien conservada en esa región?	Sí	Sí	Sí	Sí
¿Si es así, en los últimos años ha aumentado o disminuido la extracción de la vegetación y qué tanto?	Disminuyó moderadamente.	Disminuyó en 70%	Se saca sólo leña; ha disminuido.	Disminuyó
¿Considera que existe cacería furtiva en esta región?	Sí	Sí	Si	Sí
Si es así, en los últimos años ha aumentado o disminuido la cacería furtiva y ¿qué tanto?	Ha disminuido 20%	Ha disminuido 50%	Ha disminuido 30%	No ha cambiado
Si hay cacería aparte de la furtiva, ¿cree que es de subsistencia o por deporte?	Deportiva 50%; Subsistencia 30%	Deporte (negocio)	Subsistencia 50% Deportiva 50%	Deporte
Sabe ¿Cuál es el tipo de tenencia de la tierra en la región mostrada?	Sí	Sí	si	No
Si es así, ¿Cuál es el tipo de tenencia de la tierra?	Pequeña propiedad excepto en San Miguel Ejido.	Pequeña propiedad excepto en San Miguel Ejido y Cruz Verde	Pequeña propiedad	-
Sabe usted ¿Qué actividades productivas se llevan a cabo en la	Sí	Sí	Sí	Sí

región mostrada?				
Si es así, ¿Cuáles son esas actividades?	Agrícola, ganadera y UMAs	Agricultura de maíz temporal y ganadería de vacunos	Agrícola, ganadera y UMAs	Agrícola, ganadera y forestal
En qué proporción ha disminuido la actividad agrícola?	40%	No contesto.	Igual	No ha disminuido
¿A qué se debe esta disminución?	Temporales pobres.	No contesto.	-	-
¿Sabe si existen UMAs adentro o cerca de la región mostrada?	Sí	Sí	Si	No
Si es así, por favor diga ¿Cuáles son:	Tlalhuayan, San Miguel Ejido, El Zopilote, etc. (20 aprox.)	28 en el municipio de Chiautla	Axutla, Piaxtla y San Juan de los Ríos.	-
¿Conoce usted algún tipo de área natural protegida que no sea UMA?	Sí	Sí	Si	No
Si es así, mencione su (s) nombre (s):	Malinche, Izta-Popo	El Campanario, ANP voluntaria	Ejido Chila	-
¿Cree que los habitantes de esta región se interesen en proteger este recurso natural?	Sí	Sí	Si	Si
Si es así, por favor mencione las comunidades posiblemente interesadas en la conservación:	Todas las UMAs y los pequeños propietarios.	La Cantera (han mandado llamar a estatales en caso de cacería furtiva).	UMA Tequiahuac	-
¿Cree usted que la conservación de la región mostrada ayudará al funcionamiento de las UMAs?	Sí	Sí	Si	Si
Si es así, ¿Cómo cree que ayudará al funcionamiento de las UMAs?	No contestó.	Aumentan poblaciones de venado y jabalí	Obras y torres de vigilancia	Cuidado, concientización y aprovechamiento racional.
Si se llega a conservar esa	Federal, estatal y municipal.	Estatal	Privada	UMAs

región, ¿Qué tipo de área protegida cree que debe ser?				
¿Pertenece usted a alguna organización de productores rurales?	Sí	Sí	No	Si
Si es así, ¿Cuál (es) organización (es)?	Asociación Ganadera, Cadena Productiva de unidades de manejo ambiental	Cadena Productiva de la mixteca poblana	-	Productos del subsuelo y del campo AC
¿Cree usted que sea posible un acuerdo entre propietarios y entre municipios para la creación de un ANP como la propuesta?	Sí	No	No	Si
¿Ha tenido algún puesto directivo dentro de alguna organización rural?	Sí	Sí	No	Si
Si es así, ¿Cuál es?	Productores de Linaloe.	Ayudante del presidente de silvicultores	-	Comisariado y representante legal de los Bienes Comunales de San Mateo Mimiapan
Según el uso que se le dé, ¿Qué zonas crearía en esta posible ANP? Si gusta indíquelas en el mapa.	No contestó, sólo señaló algunas comunidades en el mapa.	No contestó	-	-

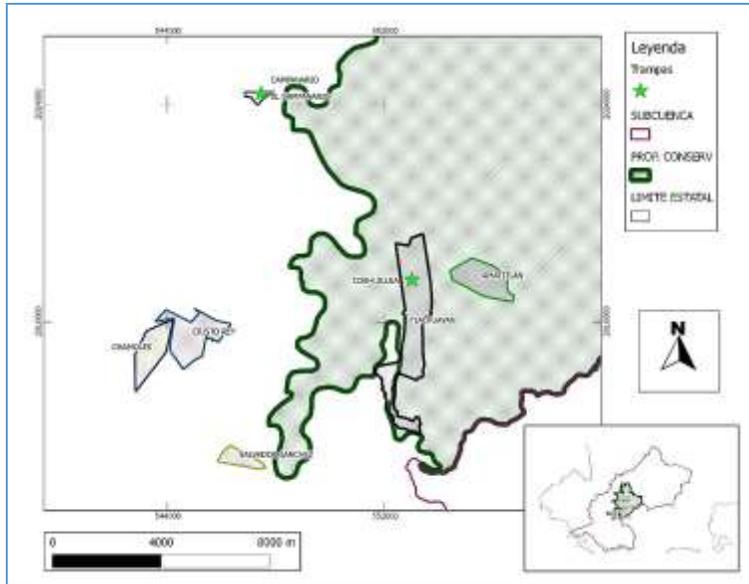


Figura 53. Polígonos de algunas UMAs (Chamoles, Cristo Rey, Amatitlán y Salvador Sánchez) en la región de Chiautla de Tapia, Puebla (Cortesía de C. López-Téllez, D. Clara-Germán y A. Juárez-Reyna).

Sólo Don Emiliano considera que se ha reducido la agricultura por efecto de malos temporales y sólo él identificó algunas localidades en un mapa de la región (Fig. 54). Don Dagoberto considera que una ANP ayudará al funcionamiento de las UMAs, y junto con Don Efraín consideran difícil un acuerdo entre propietarios y municipios para lograr este objetivo.



Figura 54. Ubicación de parajes y localidades en el área de estudio por Don Emiliano.

conservación; otros procesos de recuperación y permanencia son de importancia media; algunos procesos de alteración, deforestación y permanencia son de importancia baja y otros procesos de alteración y deforestación no tienen importancia para la conservación. Por tanto, la permanencia de bosques y selvas y la recuperación de zonas agrícolas y ganaderas deben ser variables fundamentales en el desarrollo de planes de manejo y conservación de la biodiversidad. Hay una considerable proporción de vegetación (83.38%) en estado de conservación de bueno a mediano, lo cual vuelve al área una zona susceptible para el desarrollo y aplicación de programas de conservación y manejo.

La reducción en los hábitats, como resultado del cambio del uso del suelo, disminuye el tamaño de las poblaciones y la diversidad genética intraespecífica, y por otro lado, el uso del suelo comúnmente lleva a la homogeneización del paisaje reduciendo la diversidad de los ecosistemas (Hansen et al. 2004, Flather et al. 1998). Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la vegetación primaria, o bien, conservada (SBCP y BEP) ha sido degradada y transformada en vegetación secundaria (SBCS y BES, que no han incrementado significativamente) o pastizales inducidos (con incrementos significativos). Los procesos de degradación de la vegetación primaria son causados principalmente por la ganadería trashumante, la cual es una práctica común en la región (Guevara-Sada & Moreno-Casola 2008), por la expansión de la frontera agrícola (Janzen 1988), y la extracción de leña como combustible doméstico (De la Paz-Hernández et al. 2005). Sin embargo, los procesos de degradación y transformación de la vegetación en esta cuenca no parecen ser dominantes: de acuerdo a la matriz de transición, la SBCP tiene una probabilidad media de permanecer igual (62%), así como el BEP (46%).

El análisis de la dinámica temporal del CUS, muestra que aparentemente no es irreversible el proceso de degradación por expansión de la frontera agrícola, ya que presenta una relación inversamente proporcional con la SBCS, aunque el efecto neto sobre la SBCP parece ser negativo. La frontera agrícola se ha expandido lentamente en la SAT, con incremento en la tasa de cambio de 0.0001 en 27 años; este no es el caso para bosques templados del norte del estado, donde el CUS ha sido más intenso (Castelán-Vega et al. 2007). Este cambio lento en zonas agrícolas posiblemente se debe a procesos de migración de habitantes de la región (obs. Pers.), como ha sucedido en otros lugares (Piñar-Álvarez et al. 2011, Salas-Alfaro & Pérez-Morales 2007), dando como resultado el abandono de zonas agrícolas y la consecuente sucesión ecológica hacia la vegetación original. Esta información coincide con los datos de verificación de la vegetación en campo, donde lo que era zona agrícola en varios lugares ahora es achual o selva joven. Se ha documentado que la cobertura forestal ha incrementado en varias regiones del mundo, y nuevos bosques están surgiendo de zonas agrícolas o ganaderas abandonadas (Ortiz-Espejel, 2001; Chazdon 2008), aunque Rudel et al. (2005) argumentan que estos cambios poco contribuyen a la conservación de la biodiversidad, aunque capturan carbono y se conservan los suelos. Por lo tanto, los resultados obtenidos emiten una advertencia moderada para tomar acción en cuanto al cambio de uso de suelo y la conservación de la vegetación original (76.2% del área de la SAT) y permitir la regeneración de fragmentos perturbados.

La fragmentación del hábitat, como equivalente de pérdida de hábitat, tiene efectos negativos sobre la biodiversidad (Fahrig 2003); se ha documentado que fragmentos pequeños contienen menos especies que fragmentos grandes (Debinski & Holt 2000; MacArthur & Wilson 1963, 1967). Otra causa de los efectos negativos de la fragmentación es el efecto borde: paisajes más fragmentados presentan mayor perímetro para un hábitat dado, esto aumenta la probabilidad de que individuos abandonen el hábitat e ingresen a la matriz (Fahrig 2003). En la zona de estudio, la selva baja caducifolia secundaria es la matriz del paisaje ya que es la categoría de USUEV con mayor cobertura, y además está muy fragmentada. Por tanto, aunque es una categoría de USUEV con gran cobertura, su naturaleza perturbada y fragmentada está probablemente generando pérdida de la biodiversidad; por otro lado, aunque la cobertura de selva primaria es proporcionalmente menor, está menos fragmentada. El mayor fragmento de selva primaria presenta propiedades que lo hacen apropiado para un programa de conservación, por su naturaleza no perturbada, su tamaño, la ausencia de asentamientos humanos o infraestructura de transporte, y su bajo efecto borde. Si se incluyen en esta “matriz secundaria” pequeños fragmentos de selva secundaria, encinar primario y secundario y zonas agrícolas, surge un área mayor (312.13 km²) que permitirá la restauración o regeneración de la vegetación secundaria o transformada, en caso de que se decretara en ella alguna figura de área natural protegida. Estos mismos procesos se pueden integrar e interpretar esquemáticamente desde el punto de vista de la teoría de sistemas complejos, (García, 2011), como se aprecia en la figura 55.

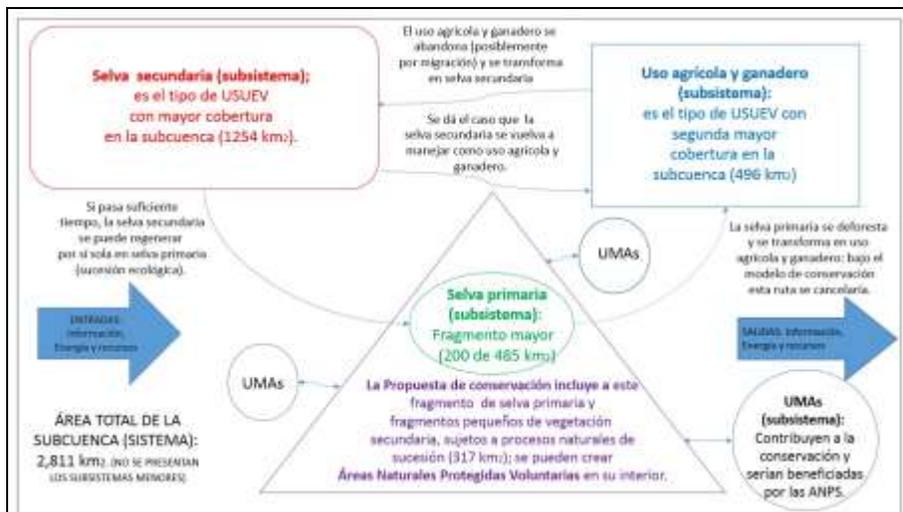


Figura 55. Modelo de cambio de uso de suelo con enfoque de sistemas complejos.

El proceso de cambio de uso de suelo puede verse como un sistema complejo, en el sentido de que sus interrelaciones constituyen la estructura de un sistema que funciona como una totalidad organizada, es decir, las interacciones entre la totalidad y las partes no pueden ser analizadas fraccionando el sistema. En el esquema (figura 55) se aprecia que los subsistemas selva secundaria, selva primaria y uso agrícola son interdependientes e inconcebibles el uno sin el otro. Asimismo, estos subsistemas, especialmente selva secundaria y uso agrícola, presentan una íntima relación con la sociedad rural y los productores agrícolas y ganaderos, y todos los subsistemas, especialmente selva primaria, presentan características de un ecosistema tropical. Por tanto se requiere de un enfoque interdisciplinario, como aquí se ha intentado, para lograr un diagnóstico integrado y proponer políticas alternativas.

Se ha recomendado que las estrategias de conservación deben considerarse en el contexto de la planificación regional, integrando áreas de ecosistemas conservados, con vegetación en diferentes etapas de regeneración y con sistemas de producción diversificados (Fisher, et al., 2006; Dirzo, et al., 2009). En cuanto a la restauración, se requiere de investigación experimental para establecer el camino más adecuado hacia la regeneración de tierras degradadas (Chazdon 2008); en muchos casos, los métodos de regeneración natural pueden tener más éxito que intervenciones intensivas, así como ser menos costosas (Prach et al. 2007). Esta figura de conservación facilitará la creación de corredores biológicos hacia otras ANPs, como son la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Reserva Estatal Sierra del Tetzco, y Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán; proporcionando conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitats, para asegurar el mantenimiento de la diversidad biológica (Feoli-Boraschi, 2009; Rojas y Chavarría, 2013). Por último, el valor metodológico y teórico del análisis de cambio de uso de suelo e índices de ecología del paisaje como herramientas para la conservación biológica es evidente en este y otros trabajos (Velázquez et al. 2002), y como ha sido señalado por Toledo (2005), es importante reconocer el valor heurístico, metodológico y práctico del concepto de paisaje como una nueva directriz en la ciencia de la conservación.

6.2 Biodiversidad y estrategia de conservación

6.2.1 Biodiversidad.

A reserva de que se amplíe el número de especies bajo alguna categoría de conservación o endemismo, el área de estudio cuenta con 20 especies de vertebrados de interés por estar amenazadas o ser endémicas. Asimismo, el área de estudio contiene al menos 98 especies (documentadas) de plantas y animales que permiten maximizar la biodiversidad que habita en la red de áreas protegidas del estado. Estos dos datos representan un elemento clave para la identificación de zonas de alta importancia que requieren ser preservadas, en el sentido de Koleff et al. (2009).

La mixteca poblana, y en particular Chiautla de Tapia, es un área susceptible para conservación en el estado, según Pizaña- Soto y Hernández-Hernández (2011). Es un área que puede ser importante para la conservación, que actualmente no se encuentra representada en un área natural protegida. Todos los muestreos se llevaron a cabo en el verano de dos años consecutivos, procurando que fueran en fechas lo más aproximadas posibles entre los años. El motivo por el que se escogió verano es porque según Rivera-Cervantes y Halffter (1999), especies como *C. corporali* está activa en México desde mayo a noviembre, con mayores abundancias de junio a octubre. Asimismo, Yanes-Gómez (2007) observó en el centro-sur del estado de Puebla actividad de *P. daphnis* de junio a septiembre y *D. gibbosum* de mayo a diciembre.

Ubicando los sitios de muestreo de norte a sur, los bienes comunales de San Mateo se encuentran en el norte de la subcuenca, y los alrededores del Museo de Paleontología donde se hizo el muestreo, se encuentra en un tipo de vegetación de selva baja caducifolia secundaria, alejado de zonas urbanas pero muy cerca de zonas agrícolas. El ANP voluntaria del Campanario se encuentra fuera del polígono de la propuesta de conservación en un tipo de vegetación secundaria, y cerca de la ciudad de Chiautla. La UMA de Coahuilula se encuentra dentro del mencionado polígono (vegetación primaria) y alejado de cualquier asentamiento humano; esto puede tener implicaciones en los resultados de diversidad como se verá más adelante. Por último, en el extremo sur de la subcuenca se encuentra el sitio de la UMA Tequiahuac, municipio de Tulcingo del Valle, en una zona de vegetación secundaria y muy cerca de zonas agrícolas.

En cuanto a la riqueza y abundancia, se encontraron entre tres y 10 especies por sitio, con mayor abundancia en el Campanario y menor abundancia en San Mateo. La alta abundancia en el Campanario es el resultado de la sobreabundancia de una sola especie (*O. igualensis*), lo cual es un primer indicador de perturbación, ya que se sabe que la dominancia es mayor en este tipo de ambientes (Grime, 1973). Por otro lado, la baja riqueza de especies en San Mateo también es un indicador de perturbación, como ha sido señalado por Conell (1978). La reducción en la biodiversidad también es un efecto de la fragmentación del hábitat (McArthur y Wilson, 1963 y 1967), por lo que la diversidad relativamente alta de Coahuilula puede ser resultado de la poca fragmentación del ambiente en el polígono propuesto para la conservación. En Tulcingo la causa de la alta diversidad no es clara, pues es un ambiente fragmentado y perturbado. El gráfico de rango-abundancia muestra que es mayor la equitabilidad (o menor la dominancia) en Coahuilula y menor en el Campanario, lo cual es consistente con los valores de diversidad.

En cuanto a la eficiencia del muestreo, en todos los casos se alcanza más del 80% de las especies esperadas, por lo que se puede decir que los inventarios están razonablemente completos en el sentido de Pineda-López y Verdú-Faraco (2013). El índice de Diversidad es significativamente diferente entre Coahuilula y Campanario, y entre Tulcingo y San Mateo, lo cual es consistente dado que son las comunidades con mayores y menores índices de diversidad respectivamente. Yanes-Gómez et al. (2015) reportan valores de diversidad de

Shannon de Scarabaeidos copro-necrofagos en Veracruz, de 1.4 en potrero y 2.2 en selva perennifolia; cabe mencionar que el clima en ese sitio es semicálido húmedo. La herramienta de diversidad de coleópteros, como especies indicadoras de diversidad, parece ser suficientemente sensible para detectar estas diferencias. En términos generales, estos resultados coinciden con los análisis de la vegetación, ya que la diversidad de Scarabaeidos presenta un gradiente de incremento de norte a sur, que es un patrón semejante al del estado de conservación de la vegetación.

Por tanto, y en concordancia con los datos de ecología del paisaje, biodiversidad y biogeografía de flora y fauna presentados anteriormente, el polígono de la propuesta de conservación en esta subcuenca se considera viable para este propósito. La figura de conservación más adecuada en esta región puede surgir del análisis de las encuestas socioeconómicas.

6.2.2 Estrategia de conservación.

En general la opinión de los encuestados coincide con observaciones y análisis realizados previamente en este trabajo, es decir, que la zona está bien conservada y que amerita ser protegida. También se entiende que existe mayor conciencia ambiental en las comunidades al presentarse una reducción en la extracción de flora y fauna. Asimismo, don Emiliano considera que se ha reducido la agricultura por efecto de los malos temporales. Esto coincide con la observación personal de que algunos predios agrícolas se han abandonado y se están transformando nuevamente en selva joven. Este fenómeno se está observando a nivel global como resultado de la migración del campo hacia la ciudad, como ha sido señalado por Chazdon (2008). Por otro lado, es notoria la presencia de varias UMAs en la región, por lo cual el modelo propuesto por Mandujano podría tener éxito.

En principio lo antes expuesto lleva a pensar en una estrategia amplia de conservación; y aunque a los encuestados les parece correcta la idea de la creación de una ANP intermunicipal con decreto estatal, también reconocen la dificultad que existe en que los pequeños propietarios se pongan de acuerdo para lograr este fin. A partir de la experiencia de Don Dagoberto como propietario del ANP voluntaria, y considerando la dificultad de coordinar varios propietarios para integrar una UMA, como señalan Torres-Linares y Gómez-Cuadros (2015), parece razonable proponer en principio la creación de varias ANPs voluntarias para acelerar el proceso de conservación. Aunque esta propuesta significa que el esfuerzo de conservación se vea fragmentado, en el corto plazo parece el camino más viable, suponiendo que a partir del gran número de UMAs en la región al menos algunas puedan también figurar como ANPs, ya que no son excluyentes las dos figuras siempre y cuando la ANP cuente con una zona de amortiguamiento o aprovechamiento. Este sería el caso de la UMA de Don Efraín, donde tiene una “área núcleo” de varias hectáreas dentro de su UMA donde nadie entra. Aunque ha sido cuestionada la efectividad de UMAs y de ANPs para la conservación *real* de la biodiversidad (Gallina-Tessaro, 2009; Zamorano de Haro,

2009; Koleff et al., 2009; Sánchez-Cordero et al., 2011), una sinergia entre ambas figuras podría potenciar su capacidad de conservación, al robustecerse su marco legal.

7 Conclusiones y perspectivas.

CONCLUSIONES.

1. En la subcuenca existe alta proporción de vegetación (83.38%) con estado de conservación de bueno a mediano, lo cual la hace susceptible para el desarrollo y aplicación de programas de conservación y manejo sustentable.
2. El análisis temporal del CUS indica que existen procesos de deterioro; sin embargo, no parecen ser dominantes o irreversibles.
3. A partir del análisis de Ecología del Paisaje, se deriva que la selva baja caducifolia secundaria es el tipo de vegetación con mayor área (matriz del paisaje), con mayor número de fragmentos y con mayor área núcleo; sin embargo, no es susceptible para la conservación por su naturaleza perturbada.
4. La cobertura del uso de suelo agrícola es la clase con menor vocación para la conservación, no sólo por sus índices de ecología del paisaje, sino por su naturaleza perturbada sin cobertura vegetal natural.
5. El mayor fragmento de vegetación natural del área de estudio es de selva baja caducifolia primaria; funciona como una matriz secundaria, con fragmentos de bosque de encino y selva baja primarios y secundario asociados e insertados; la relación perímetro/área, determina que el efecto borde sea menor en este fragmento que en el segundo más grande, presenta al menos seis corredores entre los fragmentos más grandes.
6. El mayor fragmento de selva baja caducifolia primaria es el idóneo para una estrategia inicial de conservación; asimismo, fragmentos de USUEV insertados y asociados incrementarán la superficie de la propuesta de conservación a 317.44 km².
7. A reserva de que se amplíe el número de especies bajo alguna categoría de conservación o endemismo, el área de estudio cuenta con 20 especies de vertebrados de interés por estar amenazadas o ser endémicas.
8. El área de estudio contiene al menos 98 especies de plantas y animales que permiten maximizar la biodiversidad que habita en la red de áreas protegidas del estado.

9. Los encuestados son actores clave en la comunidad por su trayectoria de vida como líderes, dueños de predios y figuras de respeto que representan a las comunidades.
10. La opinión de los encuestados coincide con las observaciones y análisis realizados previamente.
11. Existe conciencia ambiental en actores clave de las comunidades rurales visitadas, al mencionarse la importancia de la conservación de sus recursos naturales.
12. Se ha reducido la práctica de la actividad agrícola por efecto de los malos temporales (posible cambio climático) y la migración (abandono de predios que habrán de regenerarse en selva).
13. Es notoria la presencia de al menos cuatro UMAs cartografiadas en la región.
14. Se reconoce la dificultad que existe para que los pequeños propietarios se pongan de acuerdo sobre una figura de conservación, lo que obstaculiza la creación de ANPs en grandes superficies.
15. Resulta razonable proponer en principio la creación de varias ANPs voluntarias para acelerar la estrategia de conservación, por lo señalado en el punto anterior.
16. No son excluyentes las figuras de UMA y ANP voluntaria, por lo que se sugiere fomentar esta combinación para potenciar los esfuerzos de la estrategia de conservación.

PERSPECTIVAS

Con base en los resultados de este trabajo, se plantean las siguientes perspectivas:

Sensibilizar a tomadores de decisiones para incrementar el número de áreas protegidas en general, y ANPs voluntarias en particular, en la región.

Analizar los patrones demográficos y de migración poblacional que dan lugar a transformaciones de zonas agrícolas a vegetación natural.

Además de las UMAs, desarrollar proyectos de manejo de recursos naturales que puedan mejorar el nivel de vida de la población.

Asesorar a propietarios de territorios con vegetación natural en la región, para la implementación de ANPs voluntarias a partir de los estudios técnicos justificativos que requiere la SEMARNAT para este fin.

8 Bibliografía

- Alvarez- Cuateta, S. 2004. Distribución, diversidad y abundancia de una comunidad de murciélagos en el municipio de Jolalpan, Puebla. Tesis de licenciatura, Escuela de Biología, BUAP. Puebla, México. 86pp.
- Araujo-Vargas, C. 2008. Comunidad de murciélagos de la UMA "Tlalhuayan" de San Juan de los Ríos, Chiautla de Tapia, Puebla. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, BUAP, México.
- Arndt, N. 2011. Metasediments en Gargaud et al. Eds., Encyclopedia of Astrobiology: 1021- 1022. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-11274-4_973.
- Benítez-Díaz, H., E. Loa- Loza, A. Peña-Jiménez & L. Nayra-González. 1989. Presentación, in CONABIO, 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Bennet, A. F. 2003. Linkages in the Landscape. The Role of the Corridor and Connectivity in Wildlife Conservation. Gland y Cambridge: UICN.
- Burel, F., Baudry, J. 2002. Ecología del paisaje: Conceptos, métodos y aplicaciones. Madrid/Barcelona: Ediciones Mundi-Prensa.
- Bocco, G. 2004. Cartografía y sistemas de información geográfica en el manejo integrado de cuencas en Cotler, H. (Ed.), El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. INE- SEMARNAT, México.
- Carabias, J., E. Provencio & C. Toledo. 1994. Manejo de recursos naturales y pobreza rural, Universidad Nacional Autónoma de México-Comisión Federal de Electricidad, México, 137 pp.
- Castañeda-Osorio, R., Carrillo-Ruiz, H., Rivas-Arancibia, S. P., & Sánchez-Carrillo, M. 2015. Melolonthidae y Cetoniidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en el Rancho El Salado, Jolalpan, Puebla, México. *Dugesiana*, 22(2), 227-241.
- Castelán-Vega R, Ruiz-Careaga J, Linares-Fleites G, Pérez-Avilés R, Tamariz-Flores V (2007) Dinámica de cambio espacio-temporal de uso de suelo de la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México. Investigaciones Geográficas, *Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 64: 75-89.
- Chazdon RL (2008) Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science* 320:1458- 1460.
- CITES. Convención sobre el comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna silvestres. Consultado en mayo 2015. <https://www.cites.org/sites/default/files/esp/app/2015/S-Appendices-2015-02-15.pdf> .
- Colwell, R.K. 2013. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL: <purl.oclc.org/estimates>.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1997. 'Provincias biogeográficas de México'. Escala 1:4000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F. en CONABIO, Portal de Geoinformación <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>
- , 1998. Curvas de nivel para la República Mexicana. Escala 1:250000. Extraído del Modelo Digital del Terreno. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEG). México, en CONABIO, Portal de Geoinformación. <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>.
- , 2008. División Política Estatal. Versión 2. Escala 1:250000. Modificado de Conjunto de Datos vectoriales y toponimia de la carta topográfica. Serie III. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2003-2004). Marco Geoestadístico Municipal, Instituto Nacional de Estadística,

Geografía e Informática (2005). Escala 1:250000. México, en CONABIO, Portal de Geoinformación. <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>.

-----, 2011. La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 páginas.

-----, CONANP (Comisión Nacional de Áreas naturales Protegidas, TNC (The nature conservancy) Y PRONATURA. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad-comisión nacional de Áreas naturales Protegidas-The nature conservancy, Programa México -Pronatura, a.c., México.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas naturales Protegidas). 2013. *Áreas protegidas decretadas*, en <http://conanp.gob.mx/que_hacemos/>.

-----, 2014. Cobertura de las Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Vector digital data. <<http://conanp.gob.mx/sig/>>. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica. "Cumbre de la Tierra" de Río de Janeiro.

Cortés, A., Austria, M., & López, V. T. (2004). El Agua en México, una visión institucional. El Agua en México, Vista desde la Academia. EL Jiménez and I. Marín. México, DF, Academia Mexicana de Ciencias.

Cotler, H. (Ed.). 2004. El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. INE- SEMARNAT, México.

----- y G. Caire. 2009. Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México. SEMARNAT, INE y WWF. Mexico. 380 pp.

Cruz- Angón, A., M.A. González- Díaz & S.J. Solís- Jerónimo (Eds.). 2013. ECUSBEP: Estrategia para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad del Estado de Puebla. CONABIO, Gobierno de Puebla y Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

Cuate- Mozo, V., A. Aragón & M.A. Morón. 2013. Capítulo 14: Región de Chiautla, in Fauna de Escarabajos del estado de Puebla, Morón, Aragón- García y Carrillo – Ruiz (Eds.).

Cuautle- Hernández, E. 2013. Comunidad de murciélagos en el municipio de Santa Inés Ahuatempan y la densidad poblacional del murciélago hematófago (*Desmodus rotundus*) y su impacto en el ganado. Tesis de licenciatura, Escuela de Biología, BUAP, México. Debinski DM, Holt RD (2000) A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology* 14: 342-355.

De la Paz-Hernández G, Castro- Rivera R, Aguilar- Benítez G (2005). Pobreza rural y medio ambiente. Experiencias en cuatro comunidades de la selva seca de Oaxaca, México. *Cuadernos de desarrollo rural* 55: 71-96.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2002. Norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2001. México, D.F.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. Norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. México, D.F.

Diccionario Manual de la Lengua Española Vox. (2007). Retrieved September 23 2015 from <http://es.thefreedictionary.com/tesela>.

Dirzo, R. 1990. La biodiversidad como crisis ecológica actual, ¿qué sabemos?, núm. especial de la revista Ciencias, 4. UNAM. México, pp 48-55.

- , R. González Montagut & I.J. March. 2009. Estado de conservación del capital natural de México: Retos y perspectivas, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México pp. 805-809.
- Ehrlich, A.H. y P.R. Ehrlich. 1992. Causes and consequences of the disappearance of biodiversity. In Sarukhán, J. y R. Dirzo (Eds.). *México ante los retos de la biodiversidad*. CONABIO. México.
- Elios- Leon, H.R. 2015. Herpetofauna de San Juan de los Ríos, Municipio de Chiautla, Puebla, en *Contribución al conocimiento de la biodiversidad del sur del Estado de Puebla* (Gutiérrez-Mayén, et al., eds.). Puebla, México, 161 pp.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487–515.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Number 130, Rome.
- Favila, M.E. & G. Halffter. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 72: 1-25.
- Fazey, I., Fischer, J. & Lindenmayer, D.B. 2005. What do conservation biologists publish? *Biological Conservation* 124: 63-73.
- Fischer, J., D.B. Lindenmayer & A.D. Manning. 2006. Biodiversity, ecosystem function and resilience: Ten guiding principles for commodity production landscapes. *Frontiers in Ecology and the environment* 4:80-86.
- Flather CH, Knowles MS, Kendall IA (1998) Threatened and endangered species geography. *BioScience* 48:365-376.
- Forman, Richard T.T. 1995. *Land Mosaic: The ecology of landscapes and regions*. Nueva York: Cambridge University Press.
- García, R. 2011. Interdisciplinaria y sistemas complejos. [En línea] *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 1, 1. Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4828/pr.4828.pdf
- García- Coll, I., A. Martínez- Otero, A. Ramírez- Soto, A. Niño- Cruz, A. Juan – Rivas & L. Domínguez- Barrada. 2004. La relación agua-bosque: delimitación de Zonas prioritarias para pago de servicios Ambientales hidrológicos en la cuenca Del río Gavilanes, Coatepec, Veracruz, in
- Cotler, H. (compiladora), *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. INE- SEMARNAT, México.
- García- Vázquez, U.O., L. Canseco- Márquez, J.L. Aguilar- López, C.A. Hernández- Jiménez, J. Maceda- Cruz, M.G. Gutiérrez- Mayén & E. Y. Melgarejo- Vélez. Análisis de la distribución de la herpetofauna en la región mixteca de Puebla, México in *Inventarios Herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad*, Ramírez- Bautista, A., L. Canseco- Márquez & F. Mendoza- Quijano, Eds. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana No. 3. Sociedad Herpetológica Mexicana, A.C.
- Gómez- Cuadros, B. (2012). *Riqueza, abundancia y diversidad de los mamíferos terrestres de la UMA Tlalhuayan, San Juan de los Ríos, Chiautla de Tapia, Puebla*. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, BUAP, México.
- González-Franco de la Peza, R., A.Cruz-Angón, M.E. González- Díaz, G. Tapia- Hervert, C. I. Olivera- Ávila, E. E. Camargo- Rivera & D. K. Piedra Reynoso. 2013. Capítulo 3. Estrategia para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad del Estado de Puebla in *ECUSBEP: Estrategia para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad del Estado de Puebla*. CONABIO, Gobierno de Puebla y Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

- Guevara, S., O. Arellano & J. Fricke. 2014. Ríos tóxicos: Lerma y Atoyac. Greenpeace. <[http://m.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/Docs/2014/toxicos/Rios tóxicos Lerma y Atoyac-WEB.pdf](http://m.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/Docs/2014/toxicos/Rios_tóxicos_Lerma_y_Atoyac-WEB.pdf)>.
- Guevara- Romero, M. L. & INEGI. 2011. Cambios a nivel de ecosistemas: cambios de uso de suelo y vegetación 2008- 2011. Capítulo 7: Amenazas a la biodiversidad in La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 páginas.
- Guevara-Sada S, Moreno-Casola P (2008) El dilema de los recursos naturales: la ganadería en el trópico de México. *Guaraguao* 29: 9-23.
- Guízar-Nolazco, E., Granados-Sánchez, D., & Castañeda-Mendoza, A. (2010). Flora y vegetación en la porción sur de la mixteca poblana. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 16(2), 95-118.
- Gurrutxaga- Sanvicente, M. y P.J. Lozano- Valencia. 2008. Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. Estudios Geográficos, LXIX, 265, pp. 519-543, julio-diciembre 2008.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper, & P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología electronica* 4(1): 9 pp.
- Hansen AJ, DeFries RS, Turner W (2004) Land use change and biodiversity: a synthesis of rates and consequences during the period of satellite imagery. In: *Land Change Science*, eds. Gutman, G, Justice C, pp 277-299. New York, USA: Springer Verlag.
- Hilty, J. A., Lidicker, W. Z. & Merenlender, A. M. 2006. Corridor ecology: The Science and Practice of Linking Landscapes for Biodiversity Conservation. Washington: Island Press.
- Huerta- Garrido, R. 2010. Comunidad de aves de la UMA Tlalhuayan, San Juan de los Ríos, Chiautla de Tapia, Puebla. Tesis de licenciatura, Escuela de Ciencias. Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. 141 pp.
- INAFED (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) & SEGOB (Secretaría de Gobernación). 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Puebla.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2014. Mapas del medio ambiente de México. <http://www2.inecc.gob.mx/emapas/>. Periférico 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco, C.P. 04530, Delegación Coyoacán, México D.F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2000. Condensado Estatal Topográfico Imagen Digital Escala 1:500 000, Puebla. Archivo de imagen tif. Aguascalientes, Ags., México.
- 2000. Síntesis Geográfica del Estado de Puebla, Libro electrónico. INEGI, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2001. Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:1 000 000. Serie I (Provincias fisiográficas). <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267575>.
- 2004. Guías para la Interpretación de Cartografía Edafología. Aguascalientes, Ags. México.
- 2005. Guías para la Interpretación de Cartografía Climatología. Aguascalientes, Ags. México.
- 2005. Guías para la Interpretación de Cartografía Uso del suelo y vegetación. Aguascalientes, Ags. México.

------. 2007. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000 Serie II (Continuo Nacional). Aguascalientes, Ags., México. <<http://www.inegi.gob.mx/>>.

------. 2010. Red hidrográfica escala 1:50000 Edición: 2.0, SUBCUENCA HIDROGRÁFICA RH18Aa R. ATOYAC - TEHUITZINGO /CUENCA R. ATOYAC /R.H. BALSAS. Edición 2.0. Datos vectoriales digitales. Aguascalientes, Ags., México. <http://www.inegi.org.mx/>.

------. 2011. Conjuntos de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000 - Serie V. Aguascalientes, Ags., México.

------. 2013. Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0), formato bil. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/default.aspx>

------. 2014. 'División política estatal 1:250000. 2012', escala: 1:250000. edición: 5. Aguascalientes, Ags., México.

------. 2014a. 'Áreas Geoestadísticas Municipales, 2012', escala: 1:250000. Archivo vectorial (formato shapefile) en coordenadas geograficas. Marco Geoestadístico 2013 versión 6.0c (Inventario Nacional de Viviendas 2012). Aguascalientes, Ags., México, [en](http://www.inegi.org.mx) Portal de Geoinformación, Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, CONABIO, 2014. <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>.

------. 2014b. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Tabulado por entidad y municipio. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx>.

------. 2014c. Censo Ejidal 2007. Tabulado por entidad y municipio. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Ejidal/default.aspx>. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014d. Sistema para la consulta del anuario estadístico de Puebla 2008. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee08/estatal/pue/default.htm>

IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2001. IUCN Red List of Threatened Species. Version 3.1. <www.iucnredlist.org>.

IUSS Working Group WRB. 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Janzen DH (1988) Management of habitat fragments in a tropical dry forest: growth. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 105-116.

Janzen D. H., 1993. What does tropical society want from the Taxonomists? En: *Hymenoptera and Biodiversity*. pp.: 295-307. J. Lasalle & Gauld, I. D., edit. C.A.B. International, 348 pp.

Jiménez, B., Mazari, M., Domínguez, R., & Cifuentes, E. (2004). El agua en el Valle de México. El agua en México vista desde la academia. Science Academy, Mexico.

Jung, M. (2012) LecoS - A QGIS plugin to conduct landscape ecology statistics, <http://plugins.qgis.org/plugins/LecoS>

Koleff, P., M. Tambutti, I.J. March, R. Esquivel, C. Cantú, A. Lira-Noriega *et al.* 2009. Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México, [en](http://www.conabio.gob.mx) Capital natural de México, vol. ii: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 651-718.

- Lambin EF, Turner, BL, Geist, HJ, Agbola, SB, Angelsen, A, Bruce, JW, George, P (2001) The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global environmental change* 11: 261-269.
- Laurance, W.F. y Bierregaard, R.O. (eds.) 1997. Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities. Univ. Chicago Press.
- Loa-Loza, E. y L. Durand-Smith. 1998. Hacia la estrategia mexicana de biodiversidad en México y el convenio sobre diversidad biológica, parte V de Diversidad Biológica de México: estudio de país. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad.
- López-Barrera, F. 2004. Estructura y función en bordes de bosques. *Ecosistemas* 13 (1): 67-77. Enero 2004.
- López-Reyes, L. y Carcaño – Montiel, M.G. (Coords.) 2011. Capítulo 4: Diversidad de especies, Introducción en La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 páginas.
- López- Vivanco, R. 2015. Comunidades herpetofaunísticas de la UMA de los bienes comunales de San Mateo Mimiapan, Zacapala, Puebla. Tesis de licenciatura, Escuela de Biología, BUAP. Puebla, México. 64 pp.
- Maderey-R, L. y Torres-Ruata, C. (1990). Cuencas hidrológicas, Hidrogeografía e hidrometría. IV.6.1. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1: 4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México, en CONABIO, Portal de Geoinformacion. <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/layouts/cuenc4mgw.gif>>
- Martín- Piera, F. 1997. Apuntes sobre Biodiversidad y Conservación de Insectos: Dilemas, Ficciones y ¿Soluciones? En 'Los Artrópodos y el Hombre' (1997, 468 pp.): 25-55, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza (España)
- y Lobo, J. M., 1992. La conservación de la biodiversidad: ciencia y ficción. *Eos*, 68 (1): 91-92.
- Mas, J. F. y J. Correa- Sandoval. 2000. Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida Los Petenes, Campeche, México. *Investigaciones geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM.* Num. 34: 42-59.
- Masera OR, Ordóñez MJ, Dirzo, R (1997) Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long term scenarios. *Climatic Change* 35: 265-295.
- Maya- Ortega, C. 2013. Delimitación de áreas prioritarias para la conservación en el marco del ordenamiento ecológico en la cuenca del Río Tlapaneco. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, BUAP, México.
- Mcarthur, A. y Wilson, E. O. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography . *Evolution*, vol. 17, nº 4, p. 373-387.
- . 1967. The theory of island biogeography. Princeton: Princeton University Press.
- McNeely, J. A., Miller, K. R., Reid, W. V., Mittermeier, R. A. & Werner, T. B., 1990. Conserving the world's biological diversity. IUCN, WRI, CI, WWF and World Bank, Washington, DC.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y tesis SEA, Zaragoza, España.
- Morrone, J.J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76(2): 207- 252.
- Naveh, Z. & A. Lieberman. (1994). Landscape Ecology. Theory and application, 2a edición. Nueva York: Springer-Verlag.
- Navarro- Gonzalez, I. 2004. Evaluación ambiental y epidemiológica para identificar factores de riesgo a la salud por contaminación del río Atoyac, México. AIDIS. Forjando el Ambiente que Compartimos. San Juan, AIDIS, Ago. 2004. p.1-8, Ilus

- Neyra- González, L. y L. Durand- Smith. 1998. Capítulo 3: Biodiversidad en Diversidad Biológica de México: estudio de país. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad.
- Norma Oficial Mexicana NOM -059- SEMARNAT- 2010. Protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. 77 pp.
- Nolasco- López, M. 2012. Verificación de principios activos y pruebas de calidad química y microbiológica de extractos de las plantas medicinales *Bursera linanae*, *Matricaria recutita*, *Mentha piperita*, *Ruta graveolens* y *Porophyllum seemannii*, de la mixteca poblana. Tesis Licenciatura. Ciencias Farmacéuticas. Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Escuela de Ciencias, Universidad de las Américas Puebla.
- Ortiz-Espejel, B. 2001. Reversión de la deforestación y ganadería totonaca en el Municipio de Papantla, Veracruz, México, en Hernández- Lucina (Comp.) Historia ambiental de la ganadería en México. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México, 276 pp.
- Peña-Jiménez, A. y L. Neyra-González, 1998. Capítulo 5: Amenazas a la Biodiversidad en Diversidad Biológica de México: estudio de país. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Pérez- Burgos. M.R. 2015. Estudio avifaunístico del municipio de Santa Inés Ahuatempan, Puebla. Tesis de licenciatura, Escuela de Biología, BUAP. Puebla, México. 86 pp.
- Piñar-Álvarez A, Nava-Tablada ME, Viñas-Oliva DK (2011) Migración y ecoturismo en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas (México). *Pasos* 9: 383- 396.
- Pizaña- Soto, J.C. y C. L. Hernández- Hernández (Coords.). 2011 .Protección y conservación de la biodiversidad del Estado de Puebla (capítulo 8), en La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 páginas.
- Prach K, Marrs R, Pysek P, van Diggelen R (2007) Manipulation of succession. In: *Linking restoration and ecological succession*. Eds. Walker, LR, Walker, J, Hobbs, RJ, pp. 121-190. Berlin, Germany: Springer Series on Environmental Management.
- Priego-Santander A, Cotler H (2004) El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: el caso de la cuenca Lerma-Chapala. In: *El manejo integral de Cuenca en México, estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, ed. H Cotler, pp. 63-75. México: SEMARNAT.
- QGIS (Quantum GIS). 2014. Un Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto. <<http://www.qgis.org/es/site/>>. Richards JF (1990) Land transformation. In: *The Earth as transformed by Human Action*, eds. BL Turner et al. pp. 163-178. New York, USA: Cambridge University Press.
- Rudel TK, Coomes OT, Moran E, Achard F, Angelsenb A, Xu J, Lambin E (2005) Forest transitions: towards a global understanding of land use change. *Global environment change* 15: 23- 31.
- Rojas, L. A., & Chavarría, M. I. (Compiladores). 2013. Corredores biológicos de Costa Rica. <http://biblioteca.catie.ac.cr:5050/repositorioforestal/handle/123456789/6579>.
- Roldán- Velasco, S. 2005. Riqueza, abundancia relativa y distribución de mamíferos carnívoros de municipio de Jolalpan, Puebla. Tesis de licenciatura, Escuela de Biología, BUAP. Puebla, México. 66 pp.
- Salas-Alfaro R, Pérez-Morales SM (2007) Actividades agrícolas, migración internacional y remesas en una comunidad oaxaqueña. *Cmexus* 2: 103-121.
- Sánchez -Cordero, V., F. Figueroa, P. Illoldi-Rangel y M. Linaje. 2011. Efectividad del sistema de áreas protegidas para conservar la vegetación natural, en Koleff, P. y T. Urquiza-Haas (coords.), Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en

- un país megadiverso. Comisión nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión nacional de Áreas naturales Protegidas, México.
- Sánchez-Velázquez, B., Carrillo-Ruiz, H., Morón, M. Á., & Rivas-Arancibia, S. P. Especies de Scarabaeidae e Hybosoridae (Coleoptera: Scarabaeoidea) que habitan en la comunidad del Rancho El Salado, Jolalpan, Puebla, México. *Dugesiana*, 18(2), 207-215.
- Sandoval- Villasana, A.M., G. Pulido- Flores, S. Monks, A.J. Gordillo- Martínez y E. C. Villegas-Villareal. 2009. Evaluación fisicoquímica, microbiológica y Toxicológica de la degradación ambiental del río Atoyac, México. *INTERCIENCIA* 34 (12): 880- 887.
- Santos, T. y J.L. Tellería. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15 (2): 3-12. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=423>
- Sarukhán – Kermez, J. 2011. Presentacion, en La Biodiversidad en La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 páginas.
- Soberón-Mainero, J. 1998. Introducción en Diversidad Biológica de México: estudio de país. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Soulé, M.E. 1992. Conservation Biology Today: The most Pressing Questions. En: Sarukhán, J. y R. Dirzo (comps.). México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO. México.
- SSAOT (Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y y Ordenamiento Territorial del gobierno del estado de Puebla). 2011. Áreas naturales protegidas federales y estatales. Archivos vectoriales. Gobierno del estado de Puebla.
- Subirós, J.P., D. Varga- Linde, A. Llausàs- Pascual y A. Ribas- Palom. 2006. Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (*landscape ecology*). Una interpretación desde la geografía. *Doc. Anàl. Geogr.* 48: 151-166.
- Taylor, P. D., Fahrig, K., Henein, K. & Merriam, G. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, nº 68, p. 571-573.
- Toledo, A. 2002. El agua en México y el mundo. *Gaceta Ecológica*. SEMARNAT, México. (64): 9- 18.
- Troll, C. (1939). Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde Zu Berlin*, nº 74, p. 241-298.
- Trujano, M. y G. Rodríguez. 2007. Áreas de distribución VI: identificación mediante herramienta computacionales en Manual de prácticas de Biogeografía (Martínez et al., eds.). UNAM.244 pp.
- Turner, M. G., Gardner, R. H y O’neill, R. V. 2001. *Landscape Ecology in theory and practice*, Springer-Verlag, New York.
- Valencia-Ávalos, S., Cruz-Durán, R., Martínez-Gordillo, M., & Jiménez-Ramírez, J. 2011. La flora del municipio de Atenango del Río, estado de Guerrero, México. *Polibotánica*, (32), 9-39.
- Varga-Linde, D. y J. Vila- Subirós. 2005. Ecología del paisaje y sistemas de información geográfica ante el cambio socioambiental en las áreas de montaña mediterránea. Una aproximación metodológica al caso de los valles d’Hortmoier y Sant Aniol (Alta Garrotxa. Girona). *AREAS Revista Internacional de Ciencias Sociales* Nº 25 / 2005. La transformación del territorio, antes y después de 1950: 59- 72.
- Vila- Subirós, J., D. Varga- Linde, A. Llausàs Pascual y A. Ribas Palom. 2006. Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (*landscape ecology*). Una interpretación desde la geografía. *Doc. Anàl. Geogr.* 48:151-166.
- Villarreal, O. (2000). El aprovechamiento sustentable del venado cola blanca mexicano (*Odocoileus virginianus mexicanus*): Una alternativa para el uso del suelo en la región de la Mixteca poblana. In *Memorias del VII Simposio sobre Venados de México*. UNAM, ANGADI (pp. 127-152).

- Wheeler, Q. D., 1995. Systematics, the scientific basis for inventories of biodiversity. *Biodiversity and conservation*, 4: 476-489.
- Williams-Linera, G., R. H. Manson y E. Isunza- Vera. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques* 8(1), 2002:73-89.
- Vargas- Orrego, M.E. 2014. Diversidad y abundancia de anfibios y reptiles en zonas conservadas y perturbadas en el municipio de Santa Inés Ahuatempan, Puebla. Tesis de licenciatura, Escuela de Biología, BUAP, México.
- Vargas- Miranda, B. 1999. Los murciélagos de Puebla, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. 84 pp.
- Velázquez, A, Mas JF, Díaz-Gallegos JR, Mayorga-Saucedo R, Alcántara PC, Castro R, Fernández T, Bocco G, Ezcurra E, Palacio JL (2002) Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62:21-37.
- Vitousek PM, Mooney HA, Lubchenco, J, Melillo, JM (1997) Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277: 494-499.
- Whitmore, TC, Laurance WF, Bierregaard RO. 1997. Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities. The University of Chicago Press.
- Wilson, E.O. 1992. The diversity of life. Cambridge: Harvard University Press.
- Yanes-Gómez, G. 2007. Coleópteros Scarabaeoidea de Santo Domingo Huehuetlán, Puebla, y su posible uso como indicadores ecológicos. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias, BUAP. 101 pp.
- y M.A. Morón. 2010. Fauna de coleópteros Scarabaeoidea de Santo Domingo Huehuetlán, Puebla, México: su potencial como indicadores ecológicos. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 26(1): 123-145.
- , M. Pérez-Méndez, O.I. Ramírez-González, M.A. Morón, H. Carrillo-Ruiz y A.A. Romero-López. 2015. Diversidad de coleópteros copro-necrófagos en el "Rancho Canaletas", Paso del Macho, Veracruz, México. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 31(2): 283-290.

9 Anexo I: Documento presentado y Cuestionario aplicado a actores clave.

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES, ICUAP
PRESENTA: M. EN C. GONZALO YANES GÓMEZ

ENTREVISTA SOBRE LA PERTINENCIA DE UN AREA NATURAL PROTEGIDA EN LA CUENCA ATOYAC-
TEHUITZINGO, PUEBLA.

Presentación.

Como parte de mi trabajo de tesis de doctorado en Ciencias Ambientales, se elaboró la presente encuesta para conocer la opinión de los habitantes de la región sobre la creación de una posible área natural protegida (ANP) en parte de los municipios de Izúcar, Chautla, Tehuitzingo, Axutla y Chila de la Sal (ver fig. 1 y 2).

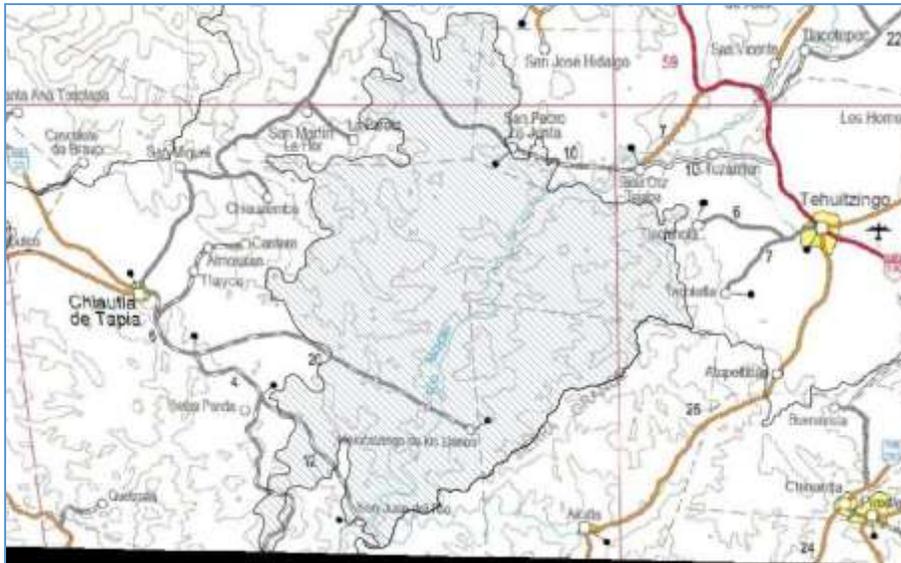


Figura 1. Propuesta de conservación en la subcuenca Atoyac-Tehuitzingo. Vías de comunicación.

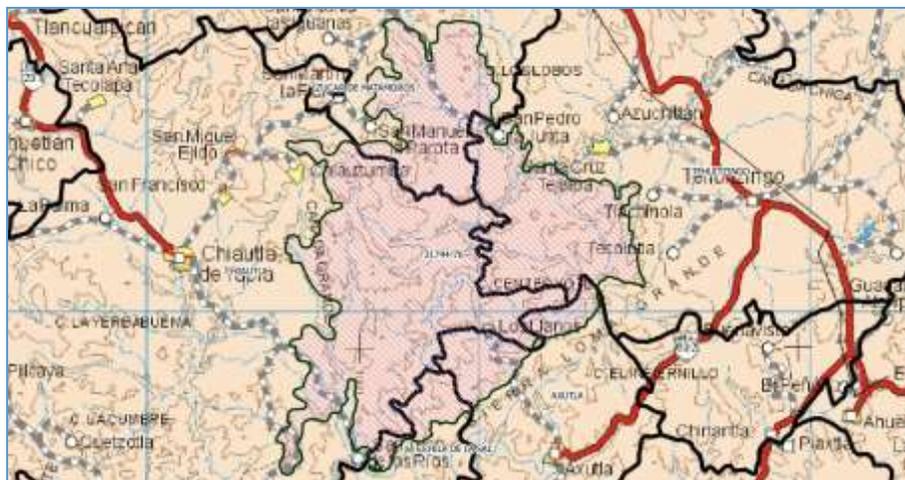


Figura 2. Propuesta de conservación en la subcuenca Atoyac-Tehuizingo. Topografía y división política.

Se realiza la propuesta de conservación en un polígono de 31,744.76 ha en una zona con vegetación natural en buen estado de conservación (ver fig. 3 y cuadro 1).

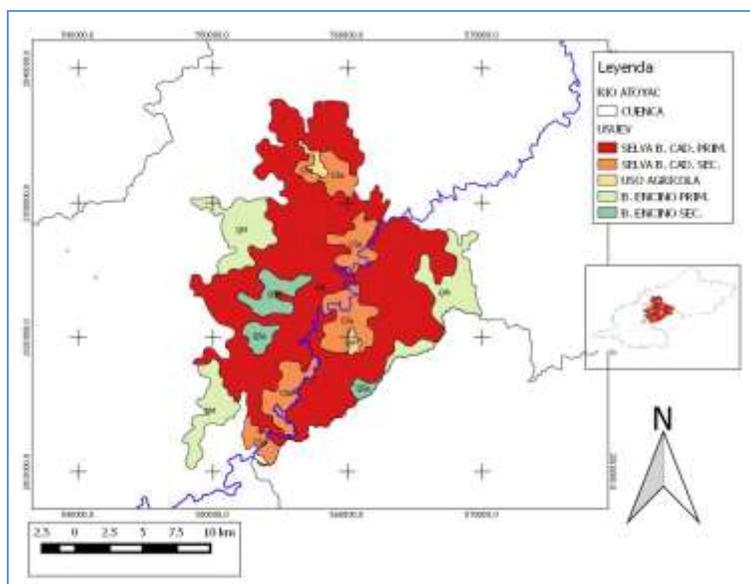


Figura 3. Propuesta de conservación en la subcuenca Atoyac- Tehuizingo. Uso de suelo y vegetación.

Cuadro 1. Superficie por fragmento y por tipo de uso de suelo y vegetación.

FRAGMENTO	CVE_H	AREA_HA	SUBTOTAL	PORCIENTO
1	SELVA B. PRIMARIA	20,331.02	20,331.02	64.05
2	SELVA B. SECUNDARIA	498.84		
3	SELVA B. SECUNDARIA	210.21		
4	SELVA B. SECUNDARIA	1078.22		
5	SELVA B. SECUNDARIA	1408.05		
6	SELVA B. SECUNDARIA	891.19		
7	SELVA B. SECUNDARIA	625.75	4,712.26	14.84
8	B. ENCINO PRIMARIO	1754.31		
9	B. ENCINO PRIMARIO	1229.97		
10	B. ENCINO PRIMARIO	1868.79	4,853.07	15.29
11	B. ENCINO SECUNDARIO	211.26		
12	B. ENCINO SECUNDARIO	892.95		
13	B. ENCINO SECUNDARIO	419.54	1,523.75	4.80
14	USO AGRICOLA	133.46		
15	USO AGRICOLA	191.20	324.66	1.02
TOTAL		31,744.76	31,744.76	100.00

EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE ÁREA NATURAL PROTEGIDA (ANP).

Desde hace varios siglos, la humanidad ha designado áreas **restringiendo el acceso y uso de flora, fauna y otros recursos** con el objetivo de **mantener las cualidades originales de estos sitios**.

Las razones han sido diferentes, incluyendo económicas (reservas forestales), espirituales (sitios religiosos), recreativas (cotos de caza y parques), etc.

BENEFICIOS

Las áreas protegidas son una herramienta de conservación que cumplen varios objetivos y proporcionan una multitud de beneficios tanto para los pobladores de zonas aledañas como para la región, el país y el planeta.

- Mantienen fauna y flora silvestres
- Mantienen paisajes naturales
- Mantienen procesos ecológicos (generación de aire limpio, recarga de agua, generación de suelo)
- Sirven de testigos del cambio
- Proporcionan oportunidades de recreación
- Representan posibilidades de educación
- Son sitios de investigación científica.
- Beneficios económicos (pago por servicios ambientales, fondo para áreas naturales protegidas y otros).

EN MÉXICO

En México existen diversos tipos de áreas protegidas: **federales, estatales, municipales, comunitarias, ejidales y privadas**.

ESTATALES

Áreas naturales protegidas estatales. Por lo menos 22 estados cuentan con decretos de áreas protegidas a nivel estatal bajo la administración de secretarías o institutos ambientales de los gobiernos de los estados. **Algunos estados cuentan con un Sistema Estatal de Áreas Naturales como Jalisco y Oaxaca.** Algunos municipios también han creado áreas protegidas municipales.

COMUNITARIAS

Distintas comunidades y ejidos desde antaño han mantenido áreas con una baja intensidad de utilización por diversos motivos. **Algunas se han protegido para mantener manantiales, otras con fines religiosos, otras más para conservar poblaciones de especies particulares.** Durante los pasados 10 años, varias comunidades indígenas y ejidos han precisado sus áreas comunitarias protegidas mediante ordenamientos territoriales comunitarios. **Actualmente existen más de 150 áreas comunitarias o ejidales protegidas que van desde menos de 10 hectáreas hasta 100,000 hectáreas en el caso del Ejido El Largo de Chihuahua.** Los promedios de superficie se encuentran alrededor de **3 a 5 mil hectáreas.** El mayor número de áreas comunitarias protegidas se encuentran en el estado de Oaxaca.

PRIVADAS

También se han creado en México áreas protegidas privadas. Al igual que las áreas comunitarias y ejidales, **las áreas privadas también son de tamaños relativamente pequeños y en mucho menor número que las de propiedad social.** Existe una gran variedad de herramientas legales que apoyan la creación de áreas privadas protegidas.

CORREDORES

Los corredores son áreas en donde puede haber actividades de utilización de recursos pero que mantienen la vegetación original permitiendo el flujo de organismos. Cuando el pasaje es transformado radicalmente se crean barreras a la dispersión de las especies. Debido a que muchas áreas protegidas son de tamaño relativamente pequeño es importante que mantengan conectividad en el paisaje.

PROPUESTA DE MANEJO

Consideraciones acerca de una propuesta de manejo a nivel regional o paisajístico.

Considerando las limitaciones de las UMAs (Unidades de manejo y aprovechamiento de la vida silvestre) como unidad independiente de manejo y su tamaño pequeño en aquellas localizadas en el centro y sureste del país, algunos investigadores han sugerido una red de sistemas regionales donde las UMAs pequeñas estén conectadas a ANPs grandes por medio de corredores (Figura 4). Estos sistemas a nivel del paisaje podrían permitir los movimientos de dispersión de la fauna (venados, por ejemplo) y mantener poblaciones mínimas viables. En algunas regiones del noreste del país Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas esto podría estar sucediendo dado el gran número de UMAs de superficies relativamente grandes y cercanas unas a otras. Sin embargo, en aquellas UMAs donde los propietarios han colocado malla venadera, los venados confinados dentro están aislados del resto de la población biológica lo cual reduce el flujo genético.

Un modelo posible es el fuente-sumidero, el cual consiste de que una población tiene un crecimiento positivo y actúa como fuente de individuos que emigran hacia otras poblaciones vertedero o sumidero más pequeñas las cuales tiene una tasa de crecimiento negativo y solo

persisten debido a las fuentes. De tal manera que podría suceder que los venados emigren de ANPs grandes hacia UMAs muy pequeñas. Por ejemplo, en la selva de la Lacandona se ha propuesto este sistema para explicar el uso de jabalíes por la gente aledaña a la Reserva de Biosfera Montes Azules, Chiapas, la cual se propone como fuente. En el caso de la selva seca en el Bajo Balsas, Michoacán, se ha observado que la gente caza constantemente venado cola blanca en UMAs muy pequeñas (< 400 ha) donde la densidad es menor a 5 venados/km²; pero adyacente se encuentra la zona núcleo de la Reserva de Biosfera Zicuirán-Infiernillo con densidades de 12 a 14 venados/km². Por lo tanto, esta propuesta de sistemas de redes de ANPs y UMAs conectadas a nivel del paisaje, podría ser una alternativa para manejar al venado cola blanca en unidades extensivas. Evidentemente, esta propuesta requiere por un lado de mayor documentación con datos de campo, y de un diálogo entre dueños de UMAs, autoridades locales, estatales y federales, y sector académico.

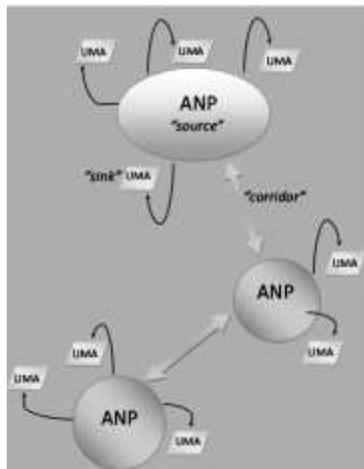


Figura 4. Propuesta de manejo del venado cola blanca a nivel regional a partir de un sistema de redes en las cuales UMAs pequeñas estén conectadas a ANPs grandes para permitir el flujo de individuos y mantener poblaciones mínimas viables. Esta propuesta sugiere integrar a la UMA como unidad independiente de manejo, a un sistema regional de manejo. Autor: S. Mandujano

ENCUESTA PARA HABITANTES DE LA REGIÓN.

1. Conoce usted la región mostrada en las figuras uno y dos? Sí () no ()
2. Si es así, Considera que la vegetación está bien conservada en esa región? Sí () no ()
3. Cómo cree que ha sido la extracción de madera en años recientes:
Aumentó () Disminuyó () En cualquier caso, qué tanto? ()
4. En qué proporción se ha dado la cacería en años recientes? Deportiva () Subsistencia () Furtiva ()
5. Sabe cuál es el tipo de tenencia de la tierra en la región mostrada? Sí () no ()
6. Si es así, cuál es el tipo de tenencia de la tierra?

-
7. Sabe usted qué actividades productivas se llevan a cabo en la región mostrada? sí () no ()
 8. Si es así, cuáles son esas actividades?
 - Agrícolas ()
 - Ganaderas ()
 - Forestales ()
 - UMAS ()
 - Ninguna ()
 - Varias de las anteriores (indicar) ()
 9. En qué proporción ha disminuido la actividad agrícola? ().
 10. A qué se debe esta disminución?

-
11. Sabe si existen UMAS adentro o cerca de la región mostrada? Sí () no ()
 12. Si es así, por favor diga cuáles son:

-
13. Conoce usted algún tipo de área natural protegida que no sea UMA? Sí () no ()
 14. Si es así, mencione su (s) nombre (s):

-
15. Cree que los habitantes de esta región se interesen en proteger este recurso natural? Sí () no ().

16. Si es así, por favor mencione las comunidades posiblemente interesadas en la conservación:

-
17. Cree usted que la conservación de la región mostrada ayudará al funcionamiento de las UMAS? Sí () no ()

18. Si es así, cómo cree que ayudará al funcionamiento de las UMAS?

-
19. Si se llega a conservar esa región, que tipo de área protegida cree que debe ser?

- **Federal** ()

- Estatal ()
- Municipal ()
- Comunitaria ()
- Ejidal ()
- Privada ()
- UMAs ()

20. Pertenece usted a alguna organización de productores rurales? Sí () no ().

21. Si es así, cuál (es) organización (es)?

22. Cree usted que sea posible un acuerdo entre propietarios y entre municipios para la creación de un área natural protegida como la propuesta? Sí () no ().

23. Ha tenido algún puesto directivo dentro de alguna organización rural?

24. Si es así, cuál es?

25. Según el uso que se le dé, qué zonas crearía en esta posible ANP? Si gusta indíquelas en el mapa.

Nombre:

Edad:

Domicilio:

10 Anexo II: Anexo fotográfico.



Foto 1. Selva caducifolia secundaria, Bienes Comunes de San Mateo Mimiapan



Foto 2. G. Yanes en Selva caducifolia secundaria, Bienes Comunes de San Mateo Mimiapan.



Foto 3. Bosque de encino, cerca de UMA Tlalhuayan.



Foto 4. Selva caducifolia primaria, El Campanario.



Foto 5. Don Dagoberto Clara Germán, predio El Campanario.



Foto 6. UMA Tlalhuayan, temporada seca.



Foto 7. Predio agrícola abandonado, UMA Tlalhuayan.



Foto 8. Selva caducifolia primaria, UMA Tlalhuayan



Foto 9. Interior de coprotrampa, UMA Tlalhuayan.



Foto 10. Colocación de coprotrampas, UMA Tlalhuayan.



Foto 11. Selva caducifolia primaria, UMA Tequiahuc, Tulcingo



Foto 12: ... Colocación de coprotrampas Nava, G. Yanes y Esmeralda Nava, UMA Tequiahuc, Tulcingo



Foto 13. Coprotrampa activa, Tulcingo.



Foto 14. Selva caducifolia primaria, Tulcingo.



Foto 15. De izquierda a derecha: Marisol Segura Jiménez y Jorge Pérez Fernández, estudiantes de la Fac. de Cs. Biológicas, BUAP, Biól. Esmeralda Nava, Hija de Don Efraín Nava Visoso, y G. Yanes, UMA Tequiahuac, Tulcingo.



Foto 16. *Canthon corporali*.



Foto 17. *Canthon humectus*.

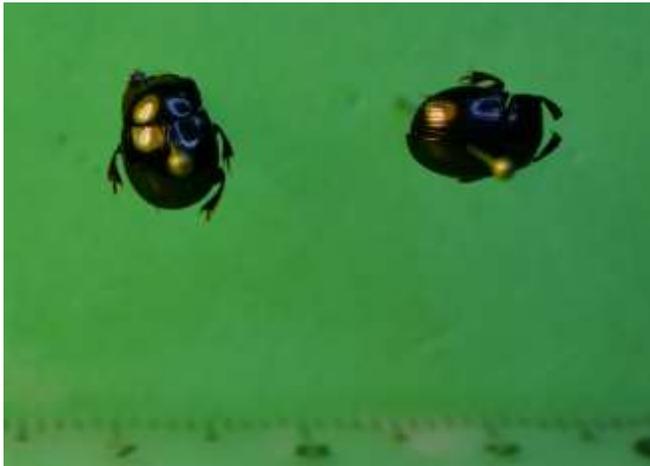


Foto 18. *Canthidium laetum*.



Foto 19. *Deltochilum gibbosum*.

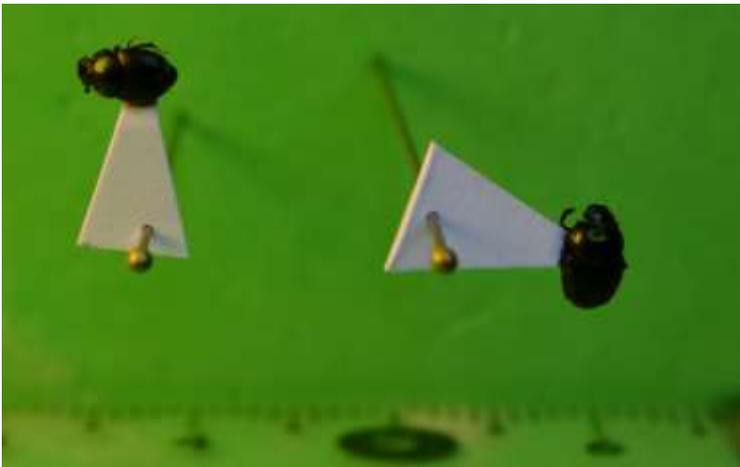


Foto 20. *Onthophagus igualensis*.



Foto 21. *Phanaeus daphnis*.