



# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA**

**PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS**

**AMBIENTALES**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE**

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE SUELO  
EN LA REGIÓN HUASTECA DE MÉXICO: “UN ANÁLISIS DEL PASADO,  
EL PRESENTE Y TENDENCIAS FUTURAS DE DEFORESTACIÓN”**

**PRESENTA:**

**MS. CARMELO PERALTA RIVERO**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. CARLOS CONTRERAS SERVÍN**

**CODIRECTOR DE TESIS:**

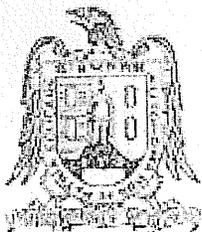
**DR. JEAN FRANCOIS MAS CAUSSEL**

**ASESORES:**

**Dra. MARIA GUADALUPE GALINDO MENDOZA**

**Dr. MARCOS ALGARA SILLER**

**AGOSTO DEL 2016**



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS

AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

## DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE SUELO  
EN LA REGIÓN HUASTECA DE MÉXICO: "UN ANÁLISIS DEL PASADO,  
EL PRESENTE Y TENDENCIAS FUTURAS DE DEFORESTACIÓN"**

PRESENTA:

**CARMELO PERALTA RIVERO**

COMITÉ TUTELAR:

DIRECTOR: Dr. CARLOS CONTRERAS SERVÍN

CODIRECTOR: Dr. JEAN FRANÇOIS MAS CAUSSEL

ASESOR: Dra. MARIA GUADALUPE GALINDO MENDOZA

ASESOR: Dr. MARCOS ALGARA SILLER

SINODALES

PRESIDENTE: Dr. CARLOS CONTRERAS SERVÍN

SECRETARIO: Dra. MARIA GUADALUPE GALINDO MENDOZA

VOCAL 1: Dr. MARCOS ALGARA SILLER

VOCAL 2: Dr. GREGORIO ÁLVAREZ FUENTES

VOCAL 3: Dr. LEONARDO CHAPA VARGAS

*[Firmas manuscritas de los miembros del Comité Tutelar]*

## **CRÉDITOS INSTITUCIONALES**

**PROYECTO REALIZADO EN:**

COORDINACIÓN PARA LA INNOVACIÓN Y APLICACIÓN DE LA CIENCIA Y LA  
TECNOLOGIA (CIATCyT)

**CON FINANCIAMIENTO DE:**

LABORATORIO NACIONAL DE GEOPROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN  
FITOSANITARIA (LANGIF), UNIVERSIDAD AUTONOMA SAN LUIS POTOSI,  
MÉXICO

PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS EN CIENCIAS AMBIENTALES,  
UNIVERSIDAD AUTONOMA SAN LUIS POTOSI, MÉXICO  
CENTER FOR NATURAL RESOURCES AND DEVELOPMENT (CNRD), GERMANY

**A TRAVÉS DE LOS PROYECTO DENOMINADOS:**

“SISTEMA NACIONAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICAFITOSANITARIA  
(SINAVEF)”

**AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS**

**Becario No. 252985**

**EI DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO ATRAVÉS  
DEL PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)**

## **AGRACEDIMIENTOS PERSONALES**

Quiero agradecer al Dr. Carlos Contreras Servín y a la Dra. María Guadalupe Galindo Mendoza por su apoyo y asesoramiento constante durante todo este proceso del doctorado, lo cual ha sido fundamental para la finalización de este estudio.

Agradezco al Dr. Jean François Mas, al Dr. Marcos Algara Siller, al Dr. Gregorio Álvarez Fuentes y al Dr. Leonardo Chapa por su valiosa contribución en este estudio, muchísimas gracias.

Le doy las muchas gracias a todo el personal de la agenda ambiental por su gran y valioso apoyo en todos estos años, gracias de todo corazón.

A todos los profesores, investigadores y técnicos del PMPCA, LANGIF y en general de la UASLP que participaron del proceso, gracias por compartir sus conocimientos, ideas, colaboración e inquietudes.

A mis compañeros de doctorado del PMPCA por su amistad y colaboración durante todos estos años, asimismo, gracias a Hugo Medina, Javier Galicia, Beatriz Arreola, Ann-Kathrin Volmer y José Luis Rodríguez por su gran colaboración en esta tesis sobre todo en el trabajo de campo, mil gracias

A la población de la Comunidad Agraria Toco y del Ejido Laguna del Mante por su apoyo incondicional en este estudio, muchísimas gracias.

En general a todos mis amigos: Edgar Romero, Sofía López y familia; Stephen Niemira que han contribuido de varias maneras en la conclusión de este estudio.

## **AGRACEDIMIENTOS INSTITUCIONALES**

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) a través de los “Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales (PMPCA)” por la oportunidad de poder formarme como Doctor en Ciencias Ambientales. Asimismo, a todo el personal de la Coordinación Agenda Ambiental, por la disposición y múltiples apoyos recibidos durante todos estos años.

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca número 252985 otorgada durante mi estudios de doctorado en la UASLP.

Al Laboratorio Nacional de Geoprosesamiento de Información Fitosanitaria (LANGIF) de la UASLP y a todo su personal por brindarme su apoyo durante la realización de mi doctorado.

Al Center For Natural Resources and Development, de Alemania, y todo su personal por la beca otorgada para la realización de mi estancia académica en “The Cologne University of Applied Sciences en Colonia, Alemania”.

A la Secretaria de Educación y Posgrado de la UASLP por su apoyo en la estancia en el “Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental- CIGA de la Universidad Nacional Autónoma de México- UNAM”.

## **DEDICATORIAS**

Esté trabajo está dedicado a toda mi familia en especial a mis padres Nazareth y Orlando por su apoyo absoluto en este proceso.

A todos mis amigos que me han brindado su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

A los habitantes de la Huasteca, en especial a los pobladores rurales quienes a diario buscan alternativas sustentables para conservar esta hermosa región.

## CONTENIDO

|  |          |
|--|----------|
| RESUMEN.....   | 18       |
| INTRODUCCIÓN.....  | 1        |
| <b>CAPÍTULO I .....</b>  | <b>6</b> |
| 1. Contexto general .....  | 6        |
| 1.1 Pérdida de los recursos forestales en México .....   | 6        |
| 1.2 Estudios sobre cambios de cobertura y uso del suelo .....                                    | 9        |
| 1.2.1 Cobertura y uso del suelo .....  | 9        |
| 1.2.2 Cambios de cobertura y uso del suelo .....   | 10       |
| 1.2.3 Causas de los cambios de uso de suelo y deforestación.....                                 | 13       |
| 1.2.4 Intervención territorial del Estado y el fenómeno de CCUS.....                             | 14       |
| 1.3 Los procesos de deforestación y CCUS en la Región Huasteca .....                             | 15       |
| 1.4 La modelación espacial como herramienta de gestión para la conservación y restauración ..... | 16       |
| 1.4.1 Percepción remota en estudios de cambio de cobertura y uso del suelo.....                  | 16       |
| 1.4.2 Sistemas de Información Geográfica en estudios de cobertura y uso del suelo .....          | 18       |
| 2. Área de estudio.....  | 19       |
| 2.1 Fisiográfica, geoformas y tipos de suelo.....  | 21       |
| 2.2 Características climáticas .....   | 24       |
| 2.3 Temperatura .....  | 26       |
| 2.4 Precipitación.....   | 27       |
| 2.5 Hidrología .....   | 28       |
| 2.6 Tipos de vegetación en la región del proyecto.....   | 29       |
| 2.6.1 Bosques .....  | 32       |
| <i>Bosque de encino</i> .....  | 32       |
| <i>Bosque de encino-pino</i> .....   | 33       |
| <i>Bosque de pino</i> .....  | 33       |
| <i>Bosque pino-encino</i> .....  | 34       |
| <i>Bosque de táscate</i> .....   | 35       |
| <i>Bosque mesófilo de montaña</i> .....  | 35       |
| 2.6.2 Selvas.....  | 36       |
| <i>Selva alta perenifolia</i> .....  | 36       |
| <i>Selva alta subperenifolia</i> .....   | 37       |
| <i>Selva baja caducifolia</i> .....  | 37       |
| <i>Selva mediana subcaducifolia</i> .....  | 37       |
| <i>Selva mediana subperenifolia</i> .....  | 38       |
| <i>Selva baja espinosa</i> .....   | 38       |
| 2.6.3 Matorral.....  | 39       |
| <i>Matorral crasicaule</i> .....   | 39       |
| <i>Matorral espinoso tamaulipeco</i> .....   | 40       |
| <i>Matorral Submontano</i> .....   | 40       |
| <i>Mezquital</i> .....   | 40       |
| 2.6.4 Pastizales .....   | 41       |

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Pastizal halófilo</i> .....   | 41        |
| <i>Pastizal inducido</i> .....   | 41        |
| 2.6.5 Vegetación hidrófila .....   | 41        |
| <i>Manglar</i> .....   | 42        |
| <i>Selva de galería</i> .....  | 42        |
| <i>Tular</i> .....   | 42        |
| <i>Vegetación halófila</i> .....   | 43        |
| 2.6.6 Otros tipos de vegetación .....  | 44        |
| <i>Palmar natural</i> .....  | 44        |
| <i>Palmar inducido</i> .....   | 44        |
| <i>Vegetación de dunas costeras</i> .....  | 44        |
| 2.6.7 Sin vegetación aparente.....   | 45        |
| 2.7 Tenencia de la tierra .....  | 45        |
| 2.8 Aspectos demográficos, índices de marginación y otros .....  | 46        |
| 2.9 Aspectos socio-económicos .....  | 53        |
| 2.10 Áreas de conservación.....  | 57        |
| 2.10.1 Áreas naturales protegidas en México y la Región Huasteca .....   | 57        |
| 2.11 Restauración de la vegetación.....  | 61        |
| 2.11.1 Áreas de restauración en México y la Región Huasteca .....  | 62        |
| 2.12 Servicios ambientales de la vegetación.....   | 66        |
| 2.12.1 Regulación Climática .....  | 66        |
| 2.12.2 Pago por servicios ambientales de la vegetación .....   | 66        |
| <i>Proyectos forestales asociados a la conservación y restauración de la vegetación</i><br>.....                             | 67        |
| <i>Proyectos forestales del Mecanismo de Desarrollo Limpio</i> .....   | 67        |
| <i>Proyectos forestales de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación</i><br><i>Forestal</i> .....               | 68        |
| Referencias .....  | 69        |
| <b>Apéndices</b> .....   | <b>83</b> |
| <b>CAPITULO II</b> .....   | <b>87</b> |
| <b>Historia Ambiental de la Región Huasteca: Principales Cambios de Cobertura y Uso<br/>de Suelo entre 1521 y 2011</b> ..... | <b>87</b> |
| <b>Resumen</b> .....   | <b>87</b> |
| <b>Abstract</b> .....  | <b>87</b> |
| 1. Introducción.....   | 88        |
| Surgimiento del enfoque de historia ambiental.....   | 89        |
| La historia ambiental.....   | 90        |
| Los modos de producción .....  | 91        |
| 1. Área de estudio.....  | 92        |
| 2. Bases metodológicas .....   | 96        |
| 3. Resultados y discusión .....  | 97        |
| 4.1 Etapa precolonial (antes de 1521).....   | 98        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.2 Etapa colonial (1522-1821).....  | 101        |
| 4.2.1 Fenómenos naturales y antrópicos que modificaron el paisaje .....  | 108        |
| 4.2.2 La post colonial (1822-1800).....  | 109        |
| 4.3 Etapa del Porfiriato (1880-1910) .....   | 120        |
| 4.4 Etapa actual (1911-2011) .....   | 132        |
| 4. Conclusiones .....  | 142        |
| Referencias .....  | 143        |
| <b>Apéndices.....</b>  | <b>150</b> |
| <b>CAPÍTULO III .....</b>  | <b>159</b> |
| Percepción Local Respecto a la Valoración Ambiental y Pérdida de los Recursos Forestales en la Región Huasteca de México ..... | 159        |
| Resumen .....  | 159        |
| Abstract.....  | 159        |
| <b>1. Introducción .....</b>   | <b>160</b> |
| <b>2. Área de estudio .....</b>  | <b>161</b> |
| <b>3. Bases metodológicas.....</b>   | <b>163</b> |
| 3.1 Percepción local de la población .....   | 163        |
| 3.1.1 Tamaño de la muestra y aplicación de las entrevistas .....   | 165        |
| 3.2 Mapeo participativo de percepción y análisis de cambio de cobertura y uso de suelo   | 166        |
| 4. Resultados y discusión .....  | 170        |
| 4.1 Percepción local de la población.....  | 170        |
| 4.1.1 Perspectiva del pasado mediante indicadores .....  | 171        |
| 4.1.2 Perspectiva del presente mediante indicadores .....  | 174        |
| 4.1.3 Perspectiva del futuro mediante indicadores.....   | 177        |
| 4.1.4 Evaluación de la percepción local del pasado, presente y futuro en el Ejido Laguna del Mante.....                        | 179        |
| 4.1.5 Evaluación de la percepción local del pasado, presente y futuro en la Comunidad Tocoy .....                              | 184        |
| 4.1.6 Evaluación de los criterios del pasado presente y futuro en Laguna del Mante .....                                       | 189        |
| 4.1.7 Evaluación de los criterios del pasado presente y futuro en Tocoy .....  | 190        |
| 4.2 Mapeo participativo de percepción en Laguna del Mante y Tocoy .....  | 191        |
| 4.3 Cambios de cobertura y uso de suelo.....   | 195        |
| 4.3.1 Trayectoria evolutiva de cambios de cobertura y uso de suelo en el Ejido Laguna del Mante.....                           | 195        |
| 4.3.2 Trayectoria evolutiva de cambios de cobertura y uso de suelo en la Comunidad Tocoy .....                                 | 198        |
| 5. Conclusiones .....  | 201        |
| 6. Recomendaciones.....  | 203        |

|   |            |
|---|------------|
| Referencias .....   | 203        |
| <b>CAPÍTULO IV.....</b>   | <b>210</b> |
| Tasas de Deforestación en la Región Huasteca de México (1976-2011) .....  | 210        |
| Resumen .....   | 210        |
| Abstract.....   | 210        |
| 1. Introducción .....   | 211        |
| 2. Área de estudio.....   | 212        |
| 3. Material .....   | 213        |
| 3.1 Preparación de la base de datos.....                                  | 213        |
| 3.2 Análisis de los procesos de cambios de cobertura y uso de suelo ..... | 215        |
| 4. Resultados.....  | 218        |
| 4.1 Cobertura y uso de suelo .....  | 218        |
| 4.2 Cambios de cobertura y uso del suelo.....                             | 221        |
| 4.3 Cambios generales de cobertura y uso del suelo.....                   | 224        |
| 5. Discusión .....  | 227        |
| 6. Conclusiones.....  | 229        |
| Referencias .....   | 230        |
| 3. Materiales .....   | 245        |
| 4. Métodos .....  | 250        |
| 4.1 Calibración del modelo .....  | 251        |
| 4.2 Simulación del modelo.....  | 254        |
| 5. Resultados.....  | 255        |
| 5.1 Dinámica de cambios de cobertura y uso de suelo .....                 | 255        |
| 5.2 Probabilidades de cambios de coberturas y usos de suelo .....         | 258        |
| 5.3 Escenarios futuros .....  | 265        |
| 6. Discusión .....  | 267        |
| 7. Conclusiones.....  | 269        |
| 8. Recomendaciones .....  | 270        |
| Referencias .....   | 270        |
| <b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>                                       | <b>281</b> |

## **TABLAS, FIGURAS y APÉNDICES**

### **CAPÍTULO 1**

#### **Tablas**

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Superficie de bosques y otras tierras boscosas en México. ....                                    | 6  |
| Tabla 2. Proyecciones de la superficie de bosque en México. ....   | 7  |
| Tabla 3. Comparación entre tasas de deforestación para México. ....  | 8  |
| Tabla 4. Tasas de deforestación de los principales estados de México. ....                                 | 8  |
| Tabla 5. Recuperación natural de bosques en México. ....   | 9  |
| Tabla 6. Forestación y reforestación en México periodo 1993-2008. ....                                     | 9  |
| Tabla 7. Tipos de clima de la Región Huasteca. ....  | 25 |
| Tabla 8. Cuantificación de los tipos de vegetación en la Región Huasteca 1976-2011, escala 1:250,000. .... | 30 |
| Tabla 9. Tipo de tenencia de la tierra en la región Huasteca. ....   | 45 |
| Tabla 10. Definición de las Áreas Naturales Protegidas en México. ....                                     | 58 |
| Tabla 11. Tipos de Áreas Naturales Protegidas en México. ....  | 59 |
| Tabla 12. Áreas prioritarias para la conservación en la Región Huasteca. ....                              | 59 |

#### **Figuras**

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Principales causas de la deforestación y degradación forestal en México. ....  | 14 |
| Figura 2. Localización de la Región Huasteca en México. ....   | 21 |
| Figura 3. Representación de las subprovincias fisiográficas en la Región Huasteca. ....  | 22 |
| Figura 4. Representación de las subprovincias fisiográficas en la Región Huasteca. ....  | 23 |
| Figura 5. Representación de los tipos de suelo en la Región Huasteca. ....   | 24 |
| Figura 6. Representación de los tipos de climas en la Región Huasteca. ....  | 26 |
| Figura 7. Representación de temperatura media anual en grados centígrados en la Región Huasteca. ....  | 27 |
| Figura 8. Representación de la precipitación media anual en la Región Huasteca. ....   | 28 |
| Figura 9. Corrientes de agua superficiales en la Región Huasteca. ....   | 29 |
| Figura 10. Tipos de vegetación de la Región Huasteca para el año 2011. ....  | 32 |
| Figura 12. Representación de la población de la Región Huasteca correspondiente a los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas, y Veracruz. .... | 47 |
| Figura 13. Características de la población en la Región Huasteca. ....   | 48 |
| Figura 14. Rangos de distribución de la población en la Región Huasteca por municipio y localidad. ....  | 49 |
| Figura 15. Representación de la marginación social de los municipios y localidades de la Región Huasteca. ....                                 | 51 |
| Figura 16. Índice de Desarrollo Humano de los municipios de la Región Huasteca. ....   | 52 |
| Figura 17. Principales vías de comunicación en la Región Huasteca. ....  | 53 |
| Figura 18. Población ocupada de la Región Huasteca en alguna actividad económica. ....   | 55 |

|   |           |
|---|-----------|
| Figura 20. Representación de las Áreas Naturales Protegidas dentro de la Región Huasteca. ....  | <b>61</b> |
| Figura 21. Áreas prioritarias de restauración en la Región Huasteca. ....   | <b>63</b> |
| Figura 22. Áreas prioritarias de restauración focalizada y complementaria en la Región Huasteca. ....   | <b>64</b> |
| Figura 23. Áreas prioritarias para el manejo forestal maderable y el aprovechamiento de recursos forestales no maderables en la Región Huasteca. .... | <b>65</b> |
| Figura 24. Significado de REDD, REDD+ y REDD++. ....  | <b>69</b> |

## **Apéndices**

|   |           |
|---|-----------|
| Apéndice 1. Características generales de los tipos de suelo de la Región Huasteca. .... | <b>83</b> |
|---|-----------|

## **CAPÍTULO 2**

### **Tablas**

|  |            |
|--|------------|
| Tabla 1. Principales causas naturales y antrópicas que cambiaron el paisaje en la región Huasteca en la etapa colonial. Fuente: elaboración propia. .... | <b>108</b> |
|--|------------|

### **Figuras**

|   |            |
|---|------------|
| Figura 1. Localización de la Región Huasteca de México y sus entidades administrativas. ....  | <b>96</b>  |
| Figura 2. Representación de la modificación de los diferentes tipos de paisajes en la Región Huasteca, época Precolonial. ....  | <b>100</b> |
| Figura 3. Primer mapa de la Huasteca de Abraham Ortelius a fines del siglo XVI. Fuente: Mapa publicado en Ariel De Vidas (2013). ....   | <b>103</b> |
| Figura 4. Representación de la modificación de los diferentes tipos de paisajes en la Región Huasteca, época Colonial. ....   | <b>107</b> |
| Figura 5. Demanda tradicional de los moradores de las zonas boscosas en que se reconozcan el derecho a explotar libremente los bosques. Fuente: Instituto de Geografía, 1992c. Mapa elaborado por Carmen Vázquez-Mantecón. ....   | <b>111</b> |
| Figura 6. Rebeliones en la Sierra Gorda en la región Huasteca periodo 1844-1861. Fuente: Fuente: Instituto de Geografía, 1992c. Mapa elaborado por Carmen Vázquez-Mantecón. ....  | <b>112</b> |
| Figura 7. Población y trabajo en la Sierra Gorda (1840-1881). Fuente: Instituto de Geografía, 1992c. Mapa elaborado por Carmen Vázquez-Mantecón. ....   | <b>114</b> |
| Figura 8. Rebelión de 1879- 1881 por un socialismo agrario. Fuente: Instituto de Geografía, 1992c. Mapa elaborado por Carmen Vázquez-Mantecón. ....   | <b>116</b> |
| Figura 9. Figura 5. Mapa agrícola y forestal de la Huasteca, año 1984. ....   | <b>121</b> |
| Figura 10. Cuatro estaciones del Ferrocarril Mexicano en la ruta San Luis Potosí-Tampico (región Huasteca). a) Estación Cafétal en Tamasopo; b) Estación Tamasopo en Tamasopo; c) Estación Tambaca en Tamasopo; d) Estación Celis en Tamuín. Fuente: Albún de la Comisión de evaluós e inventarios de los Ferrocarriles Nacionales Mexicanos. Publicado en Carregha et al. (2003). .... | <b>122</b> |
| Figura 11. Ferrocarriles nacionales de México, cuadro esquemático de la división de Cárdenas. ....  | <b>123</b> |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 12. Líneas del Ferrocarril Central Mexicano y conexiones. Fuente: Adalberto de Cardona. Citado en Carregha et al. (2003). .....   | 124 |
| Figura 13. Localización de la hacienda El Tulillo entre 1900 y 1917. Fuente: Archivo Historico del Estado de San Luis Potosí a través del Colegio de San Luis, 2012. Digitalización y ortorectificación de mapas Gerardo Hernández. ....               | 125 |
| Figura 14. Localización de la hacienda El Tulillo entre 1900 y 1917. Fuente: Fuente: Archivo Historico del Estado de San Luis Potosí a través del Colegio de San Luis, 2012. Digitalización y ortorectificación de mapas Gerardo Hernández. ....       | 126 |
| Figura 15. Ubicación de la faja de oro petrolera en en estado de Veracruz. Fuente: Benjamín Arredondo. ....  | 128 |
| Figura 16. Representación de la modificación de los diferentes tipos de paisajes en la Región Huasteca, época del Porfiriato. ....   | 132 |
| Figura 17. Principales sucesos ocurridos en las ultimas décadas en la Huasteca que demuestran como se ha ifluido en el cambio del paisaje natural. Fuente: elaboración propia. ....  | 133 |
| Figura 18. Representación de la modificación de los diferentes tipos de paisajes en la Región Huasteca, hasta los años 1990s, etapa Actual. ....   | 139 |
| Figura 19. Actividades agrícolas y pecuarias en la región Huasteca como factores de cambio en el paisaje.a) Cultivos de cana y maíz visto desde la selva; b) Paltizales en las zonas altas de la Hausteca; c) Ganadería. Fuente: Carmelo Peralta. .... | 140 |
| Figura 20. Áreas afectadas de los diferentes tipos de paisajes en la Región Huasteca, hasta el año 2011. ....  | 141 |

## **Apéndices**

|  |     |
|--|-----|
| Apéndice 1. Principales fenómenos naturales y antrópicos que cambiaron el paisaje en la región Huasteca en la etapa colonial. .... | 150 |
| Apéndice 2. Actividades petroleras realizadas en la región Huasteca. ....  | 155 |

## **CAPÍTULO 3**

### **Tablas**

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1. Criterios e indicadores utilizados en la autoevaluación de la percepción local de la población sobre la pérdida de recursos forestales en el pasado, presente y futuro..... | 164 |
| Tabla 2. Escala de valores utilizados para la codificación de respuestas obtenidas para diferentes indicadores en las entrevistas semi-estructuradas.....                            | 165 |
| Tabla 3. Matriz de tabulación cruzada para dos mapas de diferentes fechas. ....  | 169 |
| Tabla. 3. Percepción de la pérdida y degradación de los recursos forestales (pasado) en el Ejido Laguna del Mante y Tocooy. ....   | 173 |
| Tabla. 4. Percepción de la pérdida y degradación de los recursos forestales (presente) en el Ejido Laguna del Mante. ....  | 176 |
| Tabla. 5. Percepción de la pérdida y degradación de los recursos forestales (futuro) en el Ejido Laguna del Mante. ....  | 178 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 6. Cobertura y uso de suelo en el Ejido Laguna del Mante de los años 1973, 2000 y 2014. ....  | 195 |
| Tabla 7. Matriz de tabulación cruzada de cambios de coberturas y uso de suelo entre 1973 y 2014 (en hectáreas) en el Ejido Laguna del Mante. .... | 198 |
| Tabla 8. Cobertura y uso de suelo en la comunidad Tocoy años 1973, 2000 y 2014. ....  | 198 |
| Tabla 9. Matriz de tabulación cruzada de cambios de coberturas y uso de suelo entre 1973 y 2014 (en hectáreas) en la Comunidad Tocoy. ....        | 201 |

## **Figuras**

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1. Ubicación del ejido Laguna del Mante y la comunidad Agraria Tocoy en la Huasteca Potosina. Fuente: Elaboración propia en base a INEGI, 2013; 2014a; 2014b... | 163 |
| Figura 2. Etapas del proceso de mapeos participativos de percepción y evaluación del cambio de cobertura y uso de suelo en las comunidades evaluadas.....              | 167 |
| Figura 3. Flujograma de las etapas desarrolladas en el análisis de CCUS. ....  | 170 |
| Figura 4. Representación de la percepción de la pérdida y degradación de los recursos forestales (pasado) según los indicadores, en Laguna del Mante y Tocoy. ....     | 174 |
| Figura 5. Representación de la percepción de la degradación de los recursos forestales (presente) según los indicadores en Laguna del Mante y Tocoy.....               | 176 |
| Figura 6. Representación de la percepción de la pérdida y degradación de los recursos forestales (futuro) según los indicadores, en Laguna del Mante y Tocoy.....      | 178 |
| Figura 7. Representación de las percepciones de la degradación de los recursos forestales del criterio ambiental en el Ejido Laguna del Mante.....                     | 181 |
| Figura 8. Representación de las percepciones de la degradación de los recursos forestales del criterio productivo en el Ejido Laguna del Mante. ....                   | 182 |
| Figura 9. Representación de las percepciones de la degradación de los recursos forestales del económico productivo en el Ejido Laguna del Mante. ....                  | 183 |
| Figura 10. Representación de las percepciones de la degradación de los recursos forestales del criterio social en el Ejido Laguna del Mante. ....                      | 184 |
| Figura 11. Representación de las percepciones de la pérdida y degradación de los recursos forestales del criterio ambiental en la Comunidad Tocoy. ....                | 186 |
| Figura 12. Representación de las percepciones de la pérdida y degradación de los recursos forestales del criterio productivo en la Comunidad Tocoy.....                | 187 |
| Figura 13. Representación de las percepciones de la pérdida y degradación de los recursos forestales del criterio productivo en la Comunidad Tocoy.....                | 188 |
| Figura 14. Representación de las percepciones de la pérdida y degradación de los recursos forestales del criterio social en la Comunidad Tocoy.....                    | 189 |
| Figura 15. Representación de la evaluación de los criterios sobre la pérdida y degradación de los recursos forestales en el Ejido Laguna del Mante.....                | 190 |
| Figura 16. Representación de la evaluación de los criterios sobre la pérdida y degradación de los recursos forestales en la Comunidad Tocoy. ....                      | 191 |
| Figura 17. Representación de la percepción local sobre la cobertura y uso de suelo según mapeo participativo en el Ejido Laguna del Mante.....                         | 193 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 18. Representación de la percepción local sobre la cobertura y uso de suelo según mapeo participativo en l Comunidad Tocoy..... | 195 |
| Figura 19. Superficies de la cobertura y el uso de suelo en el Ejido Laguna del Mante de los años 1973, 2000 y 2014.....               | 196 |
| Figura 20. Mapas de la cobertura y uso de suelo de Ejido Laguna del Mante de los años 1973, 2000 y 2014. ....                          | 197 |
| Figura 21. Superficies de la cobertura y el uso de suelo en la Comunidad Tocoy de los años 1973, 2000 y 2014. ....                     | 199 |
| Figura 22. Mapas de la cobertura y uso de suelo da la Comunidad Tocoy de los años 1973, 2000 y 2014. ....                              | 200 |

## **Apéndices**

|   |     |
|---|-----|
| Apéndice 1. Carta descriptiva sobre el mapeo participativo de percepciones sobre la pérdida de recursos forestales aplicados en el ejido Laguna del Mante y la comunidad Tocoy. Facilitadores: Carmelo Peralta Rivero y Hugo Medina Garza. .... | 208 |
| Apéndice 2. Proceso del mapeo participativo de percepción en el ejido Laguna del Mante y en la comunidad Tocoy.....   | 209 |

## **CAPÍTULO 4**

### **Tablas**

|  |            |
|--|------------|
| Tabla 1. Comparación de métodos e insumos utilizados para el mapeo de usos de suelo y cambios de cobertura y uso de suelo en la Región Huasteca, escala 1: 250,000. .... | <b>214</b> |
| Tabla 2. Matriz de tabulación cruzada para dos mapas de diferentes fechas. ....  | <b>216</b> |
| Tabla 3. Ejemplos de la dinámica de los cambios de cobertura y uso de suelo, y la identificación de la regeneración natural.....   | <b>216</b> |
| Tabla 4. Evolución del estado y cambios de las coberturas de suelo agrupadas y mantenidas en la Región Huasteca, periodo 1976-2011.....                                  | <b>225</b> |
| Tabla 5. Cambios de cobertura de suelo de las clases reclasificadas para la Región Huasteca, años 1976, 1993, 2002, 2007 y 2011. ....                                    | <b>226</b> |

### **Figuras**

|  |            |
|--|------------|
| Figura 1. Ubicación del área de estudio: Región Huasteca de México. ....   | <b>213</b> |
| Figura 2. Flujograma de las etapas desarrolladas en el análisis de cambios de cobertura y uso de suelo. ....               | <b>218</b> |
| Figura 3. Cuantificación de las áreas de acuerdo a la clase y año de clasificación (1976, 1993, 2002, 2007, 2011). ....    | <b>219</b> |
| Figura 4. Cobertura y uso de suelo en la Región Huasteca (1976-2011). ....   | <b>220</b> |
| Figura 5. Tasa anual de cambio de cobertura y uso de suelo en la Región Huasteca en diferentes periodos de análisis.....   | <b>221</b> |
| Figura 6. Pérdidas y ganancias de coberturas y usos de suelo en la región Huasteca en diferentes periodos de análisis..... | <b>223</b> |
| Figura 7. Cobertura forestal deforestada en la región Huasteca en el periodo 1976-2011.....                                | <b>224</b> |

Figura 8. Cambios de coberturas no originales y coberturas naturales en la Región Huasteca entre 1976 y 2011. .... 226

Figura 9. Dinámica de los cambios de las coberturas de suelo de las clases agrupadas para la Región Huasteca, periodo 1976-2011..... 227

### **Apéndices**

Apéndice 1. Clasificación y reclasificación de las clases de cobertura y uso de suelo empleados en el análisis de cambio de cobertura y uso de suelo para la Región Huasteca. .... 236

Apéndice 2. Cuantificación de las áreas de acuerdo a la clase y al año de clasificación. . 237

Apéndice 3. Matriz de tabulación cruzada o de cambios entre  $t_1$  y  $t_2$  (datos en  $\text{km}^2$ ). ..... 238

Apéndice 4. Matriz de tabulación cruzada o de cambios entre  $t_2$  y  $t_3$  (datos en  $\text{km}^2$ ). ..... 238

Apéndice 5. Matriz de tabulación cruzada o de cambios entre  $t_3$  y  $t_4$  (datos en  $\text{km}^2$ ). ..... 239

Apéndice 6. Matriz de tabulación cruzada o de cambios entre  $t_4$  y  $t_5$  (datos en  $\text{km}^2$ ). ..... 239

## **CAPÍTULO 5**

### **Tablas**

Tabla 1. Serie de imágenes Landsat (Path/Row) de 2000 y 2014 para la región Huasteca. Datos disponibles en el sitio web U.S. Geological Survey. <http://glovis.usgs.gov>. .... 247

Tabla 2. Insumos cartográficos utilizados para el modelado de cambios de cobertura y uso de suelo en la Huasteca..... 248

Tabla 3. Dinámica de los cambios de cobertura y uso de suelo en la región Huasteca para el periodo 2000-2014..... 256

Tabla 4. Matriz de cambios en cobertura y uso de suelo de paso simple para el periodo total 2000-2014. .... 257

Tabla 5. Matriz de cambios en cobertura y uso de suelo de paso múltiple para el periodo total 2000-2014. .... 258

Tabla 6. Principales transiciones identificadas y mapeadas durante 2000 y 2014. .... 258

Tabla 7. Superficies de cobertura y uso del suelo y tasas de cambios en la región Huasteca, obtenidas de la simulación para los escenarios futuros del 2020, 2025 y 2030. .... 265

### **Figuras**

Figura 1. Ubicación de la Región Huasteca de México. .... 245

Figura 2. Pasos del proceso de modelación de cobertura y uso de suelo. .... 251

Figura 3. Cobertura y uso de suelo en la región Huasteca para el periodo 2000-2014. .... 257

Figura 4. Mapa de probabilidad de degradación forestal y/o deforestación en la región Huasteca para después del año 2014. .... 260

Figura 5. Mapa de probabilidad de deforestación directa en la región Huasteca para después del año 2014. .... 261

Figura 6. Mapa de probabilidad de expansión de la frontera agrícola y de pastizales en la región Huasteca para después del año 2014. .... 262

Figura 7. Mapa de probabilidad de expansión urbana en la región Huasteca para después del año 2014. .... 263

Figura 8. Mapas de probabilidad de recuperación de la vegetación en la región Huasteca para después del año 2014. .... 264

Figura 9. Mapas prospectivos de cobertura y uso de suelo para el año 2020, 2025 y 2030, simulados en DINAMICA EGO. .... 266

#### Apéndices

Apéndice 1. Modelo utilizado para determinar la matriz de cambio..... 278

Apéndice 2. Modelo y tabla de edición de parámetros para el cálculo de rangos..... 278

Apéndice 3. Modelo de cálculo de pesos de evidencia (izquierda) y modelo de análisis de correlación (derecha). .... 279

Apéndice 4. Modelo de cálculo de probabilidades de CUS. .... 279

Apéndice 5. Modelo de simulación de CUS utilizando Patcher y Expander. .... 279

Apéndice 6. Evaluación de la fiabilidad de los mapas temáticos de cobertura y uso de suelo para el año 2000 y 2014..... 280

## RESUMEN

En las últimas décadas, los impactos ambientales negativos de las actividades humanas sobre las coberturas forestales, principalmente en áreas tropicales, se ha vuelto un tema primordial en las agendas políticas en todos los niveles. El caso de la región Huasteca de México no es una excepción, aunque históricamente está se ha caracterizado por la producción de recursos forestales maderables y no maderables debido a la gran superficie cubierta de selvas, ha existido una pérdida considerable del recurso forestal lo que ha generado un impacto sobre sus ecosistemas. En el presente estudio se planteó como objetivo central evaluar el cambio de cobertura y uso del suelo y los procesos de deforestación en la Región Huasteca. Metodológicamente se realizó un análisis histórico ambiental, una evaluación de la percepción local sobre la problemática, y se utilizó las geotecnologías como la percepción remota y los sistemas de información geográfica para evaluar el impacto espacio temporal y las tendencias futuras de CCUS y deforestación. Según el análisis histórico ambiental, se identificó que los grandes cambios e impactos sobre las coberturas de la Huasteca, se iniciaron en la etapa colonia, se intensificaron en el Porfiriato y en la etapa actual los cambios fueron causados por una serie de eventos que van desde la el reparto agrario, expansión de la agricultura y la ganadería. Se estima que hasta el 2011 más del 80% de la Huasteca sufrió algún tipo de transformación, y sus remanentes forestales conservados se encuentran sobre todo en las tierras altas de la Sierra Madre Oriental. De acuerdo al análisis local sobre la problemática de deforestación, esté indica que la población percibe la pérdida y degradación de sus recursos forestales de acuerdo con su conocimiento local, basado fundamentalmente en las experiencias de sus actividades productivas. Por otro lado se estimó que entre 1976 y 2011 los cambios de uso y cobertura de suelo ocurrieron en 17.43% de la superficie de la región. El incremento de las actividades agrícolas es identificado como una de los principales factores que han modificado la cobertura forestal. Los bosques y selvas fueron afectados por la deforestación con tasas de cambios más alta que la tasa promedio a nivel nacional, principalmente para el periodo 1976-2002. Durante el 2000-2014, los cambios de cobertura y uso de suelo se debió al aumento de la superficie agrícola, matorrales, área urbana, área sin vegetación y vegetación secundaria, y con la disminución de pastizal y selvas, siendo la tasa de cambio anual de esta de última de -0.97%. Se estimó que las áreas con probabilidades más altas a la deforestación son la región Huasteca de Tamaulipas y Querétaro. Entre los principales CCUS futuros, se estima que hasta el 2030 se habrán incremento 319,960 ha de superficie agrícola con una tasa de cambio anual de cambio de 1.6% y se habrán perdido 196,088 ha de selvas, con una tasa de cambio de -0.94%. El proceso de simulación permitió identificar áreas vulnerables a posibles procesos de CCUS y deforestación y debe de servir como información relevante para la toma decisiones futuras en el aspecto social, económico y ambiental sobre esta región.

**Palabras clave:** Cambio de cobertura y uso de suelo, Deforestación, Huasteca.

## INTRODUCCIÓN

El ser humano es el principal transformador de los ecosistemas del planeta (Vitousek et al., 1997) y sus impactos han generado a escala mundial la pérdida de biodiversidad y el calentamiento global, a nivel regional ha alterado el ciclo hidrológico, ha aumentado la deforestación, la pérdida de hábitat y el cambio de la distribución y abundancia de la vida silvestre (Márquez-Linares et al., 2005). En la última década estos bosques han ido desapareciendo en un promedio de 13 millones de hectáreas anualmente, principalmente por fenómenos antrópicos como ser la deforestación y degradación forestal (FAO, 2010).

Estos impactos han generado una disminución de las áreas forestales, de tal forma que para el año 2000 se estimó que los bosques y selvas de América Latina se habían reducido en más de un 50% de su cobertura vegetal, específicamente, países como Brasil, México y Costa Rica fueron el centro de las mayores alteraciones (Velázquez et al., 2002; Reyes, 2006).

En México el desarrollo económico ha causado cambios drásticos en la mayoría de los ecosistemas (Velázquez et al., 2002; Reyes et al., 2006; Castelán et al., 2007). Por ejemplo en la Región Huasteca (área del presente estudio), la cobertura forestal, generalmente bosques y selvas han disminuido su superficie resultado de las actividades humanas que han llevado al cambio de uso de suelo (Algara et al., 2009; Quinteros, 2012).

Estudiar el uso del suelo es muy relevante ya que convierte es un indicador de las políticas agroalimentarias y urbanísticas de una sociedad, y su estudio representa una excelente “vitrina” de la racionalidad económica y ecológica de un país, estado, región o municipio, por lo que su análisis conllevan a la integración de estudios sociales, económicos, políticos y ambientales (Barrera & Ortiz, 1992). No obstante, la toma de decisiones a partir de estudios de uso de suelo a escala global, pueden estar en conflictos con aquellos estudios a escala meso o micro, y que con ciertos estudios se han desarrollado simplificaciones de causa-efecto, las cuales no tienen sustento empírico, pero se han popularizado entre los tomadores de decisiones políticas y ambientales (Lambin et al., 2001; Oliva, 2010).

Entendemos por lo tanto, que la degradación de los ecosistemas o las coberturas y usos de suelo es un problema complejo que requiere un enfoque multidisciplinario y la aplicación de la tecnología (Zepeda et al., 2012), tales como la Percepción Remota (PR) y Sistemas de Información Geográfica (SIG), los mismos que son idóneos para inventarios, evaluaciones

y monitoreo debido a que registran en tiempo y espacio los cambios de uso del suelo regional (Seto et al., 2002; Torbick et al., 2006; Schulz et al., 2010).

Por tal razón, la evaluación oportuna y precisa de los patrones de cambios de cobertura y uso de suelo permiten conocer el impacto de las actividades económicas y de desarrollo sobre el territorio y sus recursos, además de ser el indicador ambiental más claro para identificar problemas relativos a la sustentabilidad en el uso de los bienes y servicios ecosistémicos (Lambin et al., 2003; Lambin & Geits, 2007; Berberoglu & Akin, 2009). Por otro lado, la delimitación y cuantificación de los cambios contribuye a la caracterización del territorio y a la ubicación de áreas de atención prioritarias, así como al establecimiento de políticas correctivas y a la formulación de planes de acción para el mejor manejo de los recursos. También proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad (Palacio-Prieto et al., 2004).

En síntesis creemos que la metodología más confiable para medir el grado de perturbación o la conversión ambiental antropogénica en la Huasteca, es el estudio de la dinámica espacio temporal de la cobertura vegetal o análisis de cambio de cobertura y uso del suelo (CCUS), tal como lo indica Berry et al. (1996), Lambin et al. (2001) y una serie de estudios en la temática.

Debido al deterioro de los ecosistemas en la Región Huasteca se han desarrollado iniciativas para la conservación de la naturaleza. Algunos de los primeros antecedentes para conservar y proteger las áreas naturales se remontan al año de 1926, época en que se consideró como Reserva Forestal a las áreas colindantes de Xilitla, así como Zona de Reserva de la Biosfera a las partes con bosques mesófilos existentes en ese momento. Asimismo, la zona conocida como “Sierra del Abra Tanchipa” que se localiza en los municipios de Ciudad Valles y Tamuín; el 27 de septiembre de 1994 en el Diario Oficial fue publicado el decreto que enlistó a esta área con tal denominación. Actualmente existen alrededor de 17 Áreas Naturales Protegidas (ANP) y cinco sitios RAMSAR en la delimitación del territorio de la Región Huasteca.

Pese a ello, el deterioro ambiental que estas presentan, como por ejemplo la Reserva de la Biosfera Sierra Abra de Tanchipa, es causada básicamente por actividades ilícitas, como la tala inmoderada, la cacería furtiva, así como las áreas deforestadas para la introducción de

la agricultura, básicamente caña de azúcar, maíz y frijol” (Ibarra, 2008). Sin embargo, el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas (ANP) a través de sus programas de conservación han permitido de alguna manera reducir los impactos producidos por actividades antrópicas (Vargas, 2010).

A principios de 1995, el Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la UASLP, propuso a consideración de las autoridades correspondientes, la protección de áreas como la son la cascada de Tamul y las zonas aledañas a ésta, parte de la sierra de Alaquines, la sierra La Colmena en Ciudad Valles y la Ciénega de Tamasopo, como respuesta a la petición de la institución denominada Áreas Protegidas de México, la cual fue una iniciativa del Banco Mundial.

Pese a estas iniciativas y otras a favor de la conservación principalmente de la vegetación, se puede decir que en la Región Huasteca, existe información considerable sobre la composición florística de los ecosistemas, pero consideramos insuficiente los estudios a detalles sobre cambios de cobertura y uso de suelo que permitan entre otras cosas realizar una evaluación total de este fenómeno, así como la capacidad de recuperación de la cobertura forestal ante diferentes tipos y grados de perturbación o el agotamiento que éstos podrían sufrir en el futuro.

Por ello, el presente trabajo pretende demostrar el estado de arte sobre la aplicación de la historia ambiental, el mapeo participativo, la percepción remota y los sistemas de información geográfica, para analizar los cambios de cobertura y uso de suelo en la Región Huasteca, rescatando posibilidades y brindando pautas para concretizar mecanismos que permitan la remediación de áreas degradadas y conservación de la vegetación natural como una alternativa a la problemática de pérdidas de los ecosistemas naturales.

### **Justificación del estudio**

La Región Huasteca es una de las zonas más ricas en fauna y flora en el territorio mexicano, sin embargo, los procesos de cambios de cobertura y de uso de suelo han impactado en gran medida a los ecosistemas. Asimismo, está área actúa como la última barrera que impide la consolidación del corredor agropecuario de alto impacto que viene desde los Estados Unidos de América y Norte de México, y de la parte Sur del país.

Para mitigar dicho fenómeno antrópico se requiere un estudio integral que permita generar insumos para el desarrollo de estrategias para esta región. A continuación se citan algunos de los aspectos importantes que motivaron a que se llevé adelante la investigación:

- Los procesos CCUS han modificado e impactado principalmente bosques y selvas (Quinteros, 2012) en la Región Huasteca, lo cual ha permitido la pérdida de ecosistemas y la biodiversidad.
- No se ha documentado un estudio de cambios de cobertura y uso de suelo considerando la magnitud del área y escala de análisis a evaluar. Importante para identificar áreas de atención prioritarias, establecimiento de políticas correctivas, formulación de planes de acción para el mejor manejo de los recursos y conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad (Palacio-Prieto et al., 2004).
- No se tiene un estudio actualizado de los procesos de cambio de usos de suelo para toda la Región Huasteca.
- No se cuenta con un estudio histórico de los procesos de deforestación y proyecciones de cambios de estos paisajes en corto, mediano y largo plazo para toda la Región Huasteca, tal como se han desarrollado en otras regiones forestales tropicales de México (Velázquez et al., 2002; Mas & Flamenco, 2011).
- No se han documentado a detalle los factores que influyen en el cambio de cobertura y uso de suelo, y se ha trabajado muy poco a nivel local para entender a los actores locales sobre la problemática.
- No se ha evaluado un estudio sobre la percepción de los actores locales de esta región, en cuanto a la valoración de bosques, selvas y la problemática de CCUS, las decisiones se basan en estudios donde se han desarrollado simplificaciones de causa – efecto, no tiene sustento empírico y se ha popularizado entre los tomadores de decisiones (Lambin et al., 2001; Oliva, 2010).
- Se ha estudiado parcialmente a la Región Huasteca en cuanto a escenarios futuros de deforestación.

## **Objetivo general**

A pesar de que existe un interés por la conservación de las coberturas de suelos nativos por varias disciplinas de las ciencias ambientales, no se tiene un estudio integral de la Región Huasteca que refleje como se han desarrollado los cambios de cobertura y uso del suelo en las últimas décadas, para ello en esta investigación se realizó un análisis con una visión integral del aspecto económico, el social y ambiental.

Por lo mencionado, el objetivo general de la investigación fue “*evaluar el cambio de cobertura y uso del suelo en la Región Huasteca*”, basado en un análisis histórico ambiental, una evaluación a nivel local de esta problemática, y el uso de las geotecnologías para evaluar el impacto actual y las tendencias futuras de CCUS y deforestación.

## **Objetivos específicos**

Como objetivos específicos se plantean los siguientes:

- Analizar en materia de historia ambiental, los principales cambios de cobertura y uso de suelo en la Región Huasteca entre 1521 y 2011.
- Evaluar la percepción local de la población respecto a la valoración ambiental y pérdida de los recursos forestales en el tiempo pasado, presente y futuro en comunidades de la Región Huasteca.
- Evaluar los cambios de cobertura y uso del suelo, y las tasas de deforestación en la Región Huasteca entre 1976 y 2011.
- Simular cambios futuros de cobertura y uso del suelo en la Región Huasteca hasta el año 2030.

## CAPÍTULO I

### 1. Contexto general

#### 1.1 Pérdida de los recursos forestales en México

La fuerte presión por convertir los bosques y selvas en tierras para la ganadería y agricultura ha causado tasas anuales de deforestación de hasta 2% para las selvas tropicales (Dirzo, & García, 1995; Castillo et al., 2007; Pacheco et al., 2009).

En México, hasta el inicio del siglo XX, el 52% de los 1,945,748 km<sup>2</sup> de su superficie contenía bosques, selvas y extensos matorrales con vegetación arbustiva desde tres metros de altura. El Inventario forestal nacional del año 2000 registró una superficie de 33% con cobertura forestal, lo que significa una reducción de 36% (Ricker, 2010).

La mayoría del área forestal en México está en manos de campesinos y personas con poco capital. Alrededor del 80% de los bosques y selvas del país está bajo régimen de propiedad social (ejidal y comunal), constituido por alrededor de 8,500 núcleos agrarios con una población de aproximadamente 12 millones de habitantes (Ricker, 2010). De los 8,500 ejidos y comunidades en México con recursos forestales madereros, sólo 2,417 (28%) tuvieron actividades de aprovechamiento comercial durante 2002. Esto significa que únicamente el 28% de las comunidades había logrado los pasos administrativos, técnicos y financieros para desarrollar y ejecutar su Programa de Manejo para ese entonces (Ricker, 2010).

Según la cartografía de uso del suelo elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, hasta el año 2007 México tenía alrededor de 64,785,000 hectáreas de bosques y otros 20,128,000 hectáreas de otras tierras boscosas (FAO/FRA, 2010) (Tabla 1).

**Tabla 1. Superficie de bosques y otras tierras boscosas en México.**

| <b>Categorías de FRA</b>                          | <b>1993</b>    | <b>2002</b>    | <b>2007</b>    |
|---|----------------|----------------|----------------|
| Bosque  | 68,723         | 65,560         | 64,785         |
| Otras tierras                                     | 20,772         | 20,289         | 20,128         |
| Otras tierras                                     | 103,478        | 107,124        | 108,046        |
| <b>Total</b>                                      | <b>192,973</b> | <b>192,973</b> | <b>192,959</b> |
| Datos originales de la cartografía 1000 hectáreas |                |                |                |

Fuente: FAO/FRA, 2010 en base a información del INEGI.

En la tabla uno se puede apreciar que los bosques entre en el periodo 1993-2007 han disminuido alrededor de 3,938,000 hectáreas aproximadamente.

Por otro lado, según las proyecciones de la FAO/FRA (2010), hasta el año 2010 la superficie de bosque vendría a representar unas 64,802,000 hectáreas (Tabla 2).

**Tabla 2. Proyecciones de la superficie de bosque en México.**

| <b>Categorías de FRA</b>                          | <b>1990</b>    | <b>2000</b>    | <b>2005</b>    | <b>2010</b>    |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Bosque  | 70,291         | 66,751         | 65,578         | 64,802         |
| Otras tierras                                     | 21,088         | 20,547         | 20,342         | 20,181         |
| Otras tierras                                     | 103,016        | 107,097        | 108,476        | 109,412        |
| <b>Total</b>                                      | <b>194,395</b> | <b>194,395</b> | <b>194,396</b> | <b>194,395</b> |
| Datos originales de la cartografía 1000 hectáreas |                |                |                |                |

Fuente: FAO/FRA, 2010.

Esta reducción de las coberturas forestales, aunque están ligados en gran parte al crecimiento poblacional se debe mayormente a la mala gestión de los recursos naturales. A continuación se muestra un listado de la pérdida de cobertura forestal en diferentes periodos, así como los principales estados del país con mayor pérdida de cobertura forestal:

- ✓ En los años de 1970s: se perdieron entre 350 y 650 mil hectáreas por año (SARH, 1992; Masera et al., 1992).
- ✓ Periodo 1976-1993: 175 mil hectáreas (Velázquez et al., 2002).
- ✓ Periodo 1993-2000: 319 mil hectáreas (Velázquez et al., 2002).
- ✓ Periodo 1993-2002: 367,224 hectáreas por año (Céspedes-Flores & Moreno-Sánchez, 2010).
- ✓ Periodo 1993-2000: las principales causas fueron los cambio de uso de suelo agrícola (de pastizal y áreas urbanas) (Herrera, 2008).
- ✓ Periodo 2000-2005: una tasa promedio de deforestación de 314 mil hectáreas anuales (FRA, 2005).

Por otro lado, Mas et al. (2009) presenta una tabla en donde se puede apreciar las tasas de deforestación para México, tanto de fuentes académicas como aquellas provenientes denstancias de gobierno (Tabla 3).

**Tabla 3. Comparación entre tasas de deforestación para México.**

| Fuentes académicas     |               | Fuentes oficiales   |               |
|------------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Fuente                 | Tasa (ha/año) | Fuente              | Tasa (ha/año) |
| Repetto, 1988          | 460,000       | CONAFOR, 2004       | 260,000       |
| Masetta et al., 1997   | 668,000       | SEMARNAT, 2006      | 365,000       |
| Velázquez et al., 2002 | 550,000       | SARH, 1992          | 365,000       |
| Myers, 1989            | 700,000       | SARH, 1994          | 370,000       |
| Castillo et al., 1989  | 746,000       | FAO, 1997           | 508,000       |
| Toledo, 1989           | 1,500,000     | FAO, 1988           | 615,000       |
| Grainger, 1984         | 1,600,000     | FAO, 1995           | 678,000       |
| Sánchez et al., 2008   | 484,000       | FAO (Torres), 2004  | 775,800       |
| Media                  | 838,500       | Media               | 492,100       |
| Desviación estándar    | 451,417       | Desviación estándar | 181,851       |

Según Masera (1996), el 75% de la deforestación total del país está concentrada en las regiones noreste (Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas), noroeste (Durango, Sinaloa, Chihuahua, Sonora, Baja California Sur y Baja California) y sureste (Tabasco, Campeche, Quintana Roo y Yucatán). Mientras que las zonas de occidente (Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán) y centro (Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas, Morelos, México y el Distrito Federal) sólo representan 25% del total. Especial preocupación presentan las cifras que registra la zona sureste (Tabasco, Campeche, Quintana Roo y Yucatán) la cual por sí sola representa poco más de 37% del total de la pérdida del recurso forestal en el país. En la tabla 4 se puede apreciar la tasa de deforestación para algunos estados de la república mexicana.

**Tabla 4. Tasas de deforestación de los principales estados de México.**

| Estado                 | Pérdida Neta (ha/año) | Superficie forestal Total (ha) | Tasa de deforestación (%) |
|------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| <b>Veracruz</b>        | <b>28,220</b>         | <b>1,285,584</b>               | <b>2.2</b>                |
| Chiapas                | 42,466                | 3,841,018                      | 1.1                       |
| Tabasco                | 2765                  | 253,636                        | 1.2                       |
| Colima                 | 3,084                 | 283,039                        | 1.3                       |
| Guerrero               | 37,892                | 4,141,813                      | 0.9                       |
| Yucatán                | 23,007                | 2,708,381                      | 0.8                       |
| Campeche               | 30,968                | 4,098,296                      | 0.8                       |
| <b>Tamaulipas</b>      | <b>24,283</b>         | <b>3,287,382</b>               | <b>0.7</b>                |
| Nuevo León             | 16,010                | 2,708,104                      | 0.6                       |
| Oaxaca                 | 35,981                | 6,091,957                      | 0.6                       |
| Jalisco                | 20,827                | 4,162,467                      | 0.5                       |
| <b>San Luis Potosí</b> | <b>4,029</b>          |                                | <b>&lt;0.1</b>            |

Fuente: Elaboración propia en base a Céspedes-Flores & Moreno-Sánchez, (2010).

Asimismo, durante el mismo lapso de tiempo ha habido una recuperación natural considerable de bosque para el año 2007 (FAO/FRA, 2010), por ejemplo, coberturas de bosque secundario pasaron a bosque primario (Tabla 5).

**Tabla 5. Recuperación natural de bosques en México.**

|   | 1993          | 2002         | 2007          |
|---|---------------|--------------|---------------|
| Bosque primario                                   | 38,004        | 34,41        | 34,189        |
| Otros bosques                                     | 30,719        | 31,15        | 30,596        |
| <b>Total</b>                                      | <b>68,723</b> | <b>65,56</b> | <b>64,785</b> |
| Datos originales de la cartografía 1000 hectáreas |               |              |               |

Fuente: FAO/FRA, 2010 en base de datos del INEGI.

De la misma manera, en el periodo 1993-2008 se han recuperado mediante programas de forestación y reforestación alrededor de 3,203,000 hectáreas (FAO/FRA, 2010) (Tabla 6).

**Tabla 6. Forestación y reforestación en México periodo 1993-2008.**

| Año  | PRONARE | PRODEPLAN | CUS | PROCAMPO Ecológico | Plantaciones Forestales Comerciales | Total /año | Total Cumulativo (1000 ha) |
|------|---------|-----------|-----|--------------------|-------------------------------------|------------|----------------------------|
| 1993 | 15      | 0         | 0   | 0                  | n.d                                 | 15         | 15                         |
| 1994 | 42      | 0         | 0   | 0                  | n.d                                 | 42         | 57                         |
| 1995 | 64      | 0         | 0   | 0                  | n.d                                 | 64         | 121                        |
| 1996 | 110     | 0         | 1   | 0                  | n.d                                 | 111        | 232                        |
| 1997 | 140     | 2         | 4   | 0                  | n.d                                 | 146        | 378                        |
| 1998 | 201     | 2         | 1   | 0                  | n.d                                 | 204        | 582                        |
| 1999 | 225     | 3         | 2   | 0                  | n.d                                 | 230        | 812                        |
| 2000 | 240     | 4         | 2   | 0                  | n.d                                 | 246        | 1058                       |
| 2001 | 165     | 7         | 2   | 0                  | n.d                                 | 174        | 1232                       |
| 2002 | 225     | 11        | 3   | 0                  | 51                                  | 290        | 1522                       |
| 2003 | 187     | 14        | 6   | 0                  | 68                                  | 275        | 1797                       |
| 2004 | 196     | 17        | 1   | 14                 | 66                                  | 294        | 2091                       |
| 2005 | 183     | 23        | 3   | 40                 | 54                                  | 303        | 2394                       |
| 2006 | 213     | n.d       | n.d | n.d                | 27                                  | 240        | 2634                       |
| 2007 | 341     | n.d       | n.d | n.d                | 131                                 | 472        | 3106                       |
| 2008 | n.d.    | n.d       | n.d | n.d                | 97                                  | 97         | <b>3203</b>                |

Fuente: FAO/FRA, 2010 en base a información de CONAFOR.

## 1.2 Estudios sobre cambios de cobertura y uso del suelo

### 1.2.1 Cobertura y uso del suelo

El uso de suelo se refiere a la forma en la cual y como los humanos utilizan el suelo y sus recursos naturales (Meyer, 1995 en Turner et al., 2001). Por ejemplo el hombre puede utilizar el suelo para la producción de alimentos, viviendas, industria o recreación (Nir,

1983 en Turner et al., 2001). El término cobertura del suelo se refiere al hábitat o tipo de vegetación presente, como el bosque, agricultura, y pasto. Aunque ellos están relacionados, es importante notar la distinción entre estos términos: un área de cobertura de bosque puede ser utilizado para una variedad de usos, incluyendo baja densidad de viviendas, tala, o recreación (Turner et al., 2001).

En síntesis, la cobertura del suelo mide los atributos físicos de las condiciones y características de la superficie terrestre, mientras que el uso del suelo describe como la cobertura del suelo es utilizada (actividades que desarrollan los seres humanos en un cierto tipo de cubierta para producir, cambiar o mantenerla) (Seto et al., 2002).

También, es importante entender que el uso del suelo es un indicador de las políticas y estrategias agroalimentarias y urbanísticas de una sociedad, y su estudio representa una excelente “vitrina” de la racionalidad económica y ecológica de un país, región o municipio, por lo que el análisis de estos cambios conllevan la integración de estudios sociales, económicos, políticos y ambientales (Barrera & Ortiz, 1992).

### **1.2.2 Cambios de cobertura y uso del suelo**

Se utiliza el término de *cambio de uso de suelo* para acompañar todas las formas en la cual los usos de suelo han variado a través del tiempo por influencia de la actividad humana. La forma en la cual el hombre utiliza el suelo es un importante contribuidor de patrones y procesos en el paisaje (Turner et al., 2001).

Según la Ley General de Desarrollo Forestal Sostenible, en su capítulo II, párrafo V, define al cambio de uso del suelo en terreno forestal como:

*La remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales* (LGDFS, 2003).

El concepto “cambio de uso de suelo” contenido en el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental, está unido al concepto “cambio de uso de suelo en terreno forestal” contenido en la Ley General de Desarrollo Forestal Sostenible (LGDFS), por dos motivos: 1) *por una expresión común “remoción total o parcial de la vegetación; 2) en un propósito de dicha remoción idéntico, el de quitar la vocación forestal al terreno objeto de remoción, es decir, para destinarlo a actividades no forestales* (SMARN, 2011).

Además, es claro que los términos “áreas forestales, selvas y zonas áridas” contemplados en los artículos 28, fracción VII de la LGEEPA y 5, inciso 0 del REIA, se encuentran contemplados dentro de las definiciones de terreno forestal y vegetación forestal, establecidas por el artículo, fracciones XL y XLV de la LGDFS (SMARN, 2011).

*En conclusión, no existen diferencias entre ambos términos: los empleados en materia de impacto ambiental relativo al cambio de uso de suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas, y, el empleado en materia forestal, de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, así como en selvas y zonas áridas, por lo que no puede interpretarse en este particular; lo contenido en la LGEEPA y el REIA, en un sentido diverso a lo contenido en la LGDFS y su reglamento (SMARN, 2011).*

Algunos autores como Aguilar-Robledo (1992) que ha trabajado en áreas de la Región Huasteca, define al cambio de uso de suelo:

*Como intentar hacer una réplica imperfecta, de un proceso que rara vez se puede aprender en su totalidad, sin embargo, la utilidad de estos análisis radican en que podemos obtener algunos indicios de cómo, porqué, hacia donde y en beneficio de quiénes de una determinada organización del espacio, un específico uso de suelo”.*

Para fines de la presente investigación, combinamos los conceptos de cobertura y uso de suelo para definir **cambios de cobertura y uso de suelo** como:

*La remoción de la cobertura nativa por procesos naturales y antrópicos cuyos usos difiere de los originales y mayormente tienen fines económicos, permitiendo a través del tiempo evaluar las condiciones pasadas y actuales de los recursos naturales de una determinada área, cuyos resultados puede ser utilizado para identificar problemas ambientales y desarrollar una serie de estrategias principalmente para la conservación y restauración de las coberturas vegetales originales, y así generar bienes y servicios ambientales a escala local, regional, y global.*

Por otro lado, imágenes satelitales han sido bien utilizadas por la comunidad científica para detectar cambios cualitativos<sup>1</sup> y cuantitativos<sup>2</sup> de la cobertura del suelo. En muchos

---

<sup>1</sup>Cambios cualitativos en el paisaje ocurren por fenómenos naturales (incendios naturales, caídas de rayos, tormentas, plagas) o pueden ser inducidos por el hombre (tala selectiva, agroforestería).

<sup>2</sup>Cambios cuantitativos en la cobertura del suelo es la principal categoría de transformación de la cobertura causada por fenómenos naturales como incendios y tormentas con un remplazo de larga escala de tiempo pero sobre todo por inducidos por el hombre como la deforestación, expansión agrícola y crecimiento urbano.

trabajos de investigación de percepción remota relacionados a la detección de cambios en el suelo, los conceptos de cobertura del suelo y uso del suelo, son intercambiables, aludiendo que no existen diferencias, atribuyéndose, a que el uso del suelo a menudo corresponde a un tipo de cobertura del suelo, sin embargo, esa relación directa no siempre existe porque el satélite observa la cobertura del suelo y no el uso (Seto et al., 2002).

Asimismo, en las investigaciones que ligan la percepción remota y las actividades del hombre, la diferenciación de estos dos conceptos son importante, porque el uso del suelo enfatiza el rol funcional de la tierra en actividades económicas, mientras que cobertura del suelo no (Seto et al., 2002). Sin embargo, es importante saber que la cobertura del suelo es considerada la expresión de las actividades humanas en la superficie terrestre, y está directamente relacionada al uso del suelo y su manejo (Weckmüller et al., 2011), característica importante a considerar en estudios de evolución de los cambios ocurridos en áreas que presentan categorías de coberturas y uso del suelo (Peralta-Rivero, 2012).

Por lo mencionado, se establece que la cobertura y el uso de suelo son dos de los elementos que mejor evidencian la transformación de la superficie terrestre por parte de la acción humana, a través del tiempo, y es posible inferir en problemas relativos a la sustentabilidad sobre el uso del territorio y sus recursos (Palacio-Prieto, 2004).

De esta manera, se entiende también que el análisis de los cambios que ocurren en la vegetación a través del tiempo y del espacio permite entender cómo operan los procesos de regeneración, sucesión o degradación de los ecosistemas (Márquez-Linares et al., 2005).

Por todo ello, el análisis de CCUS, es de interés para numerosas ramas del conocimiento debido a la generación de información básica para la formulación de planes, programas y proyectos en los organismos de planificación, responsables de la ordenación y organización del territorio y el manejo de los recursos naturales (Briceño, 2003).

Sin embargo, debido a que el monitoreo del CCUS no revela directamente las causas de los cambios, muchos investigadores se han dado la tarea de relacionar dicho cambio con variables biofísicas y/o socioeconómicas (Oliva et al., 2010).

En estudios recientes se han integrado, tanto imágenes satelitales como entrevistas de campo a niveles más locales, esto para entender mejor los procesos que llevan a la

deforestación tropical y a los cambios en la complejidad del paisaje (Ramankutty et al., 2006; Cortina, 2007; Oliva et al., 2010; Oliveira, 2010).

### **1.2.3 Causas de los cambios de uso de suelo y deforestación**

El mercado globalizado, definitivamente ha influenciado en las actividades agropecuarias, esto una vez que el consumidor se tornó más exigente en relación a la calidad de los productos, especialmente los alimentos (Oliveira & Fehr, 2010). Asimismo, los factores internos y externos del sistema socioeconómico ligado al uso del suelo e inclusive el incumplimiento de la legislación vigente es un causa de los CCUS (Oliveira & Fehr, 2010).

También hay que tomar en cuenta los factores económicos y políticos a nivel internacional y nacional, así como las fluctuaciones del mercado internacional de diferentes productos influyen en el CCUS, y pueden ser las causas subyacentes de mencionados cambios (Oliva et al., 2010).

Un claro ejemplo de estos cambios es por ejemplo el cultivo de la soya el cual es el responsable de diversos impactos ambientales, siendo un producto de la Revolución Verde, son intensivamente aplicados en 80% de los cultivos, lo que hace de esta actividad una consumidora de productos agroquímicos. La actividad soyera es también una gran usuaria de maquinarias agrícolas, lo que ocasiona el aumento de la erosión y degradación de suelos (Oliveira & Fehr, 2010).

En el ámbito mundial se considera a México como uno de los países con mayor tasa de deforestación, ya que el promedio es de alrededor de 0.8% anual (FAO 1995 en Márquez-Linares et al., 2005). Según Velázquez et al., (2002), las tasas de deforestación reportadas a nivel nacional son entre -0.25 y -1.02% para el periodo 1976-2000, lo que indica que se perdió entre el 0.25 y 1.02% de total de la superficie de bosque para en 24 años.

Además de la agricultura y ganadería impulsada por el consumo humano y por ende de la economía, otro de los factores de CCUS, es debido a la política de supresión de incendios que se dio a partir de los años ochenta con la formación de las Unidades de Administración Forestal, a lo cual se atribuye que los incendios sean menos frecuentes pero de mayor intensidad (Fulé, 2000).

Algunas de a causas directas que tienen que ver con la deforestación y degradación forestal están relacionadas con los incentivos de la producción agropecuaria extensiva, la

marginación rural, la corrupción y escasos recursos para la vigilancia y limitada cultura forestal entre algunas (CONAFOR, 2001) (Figura 1).

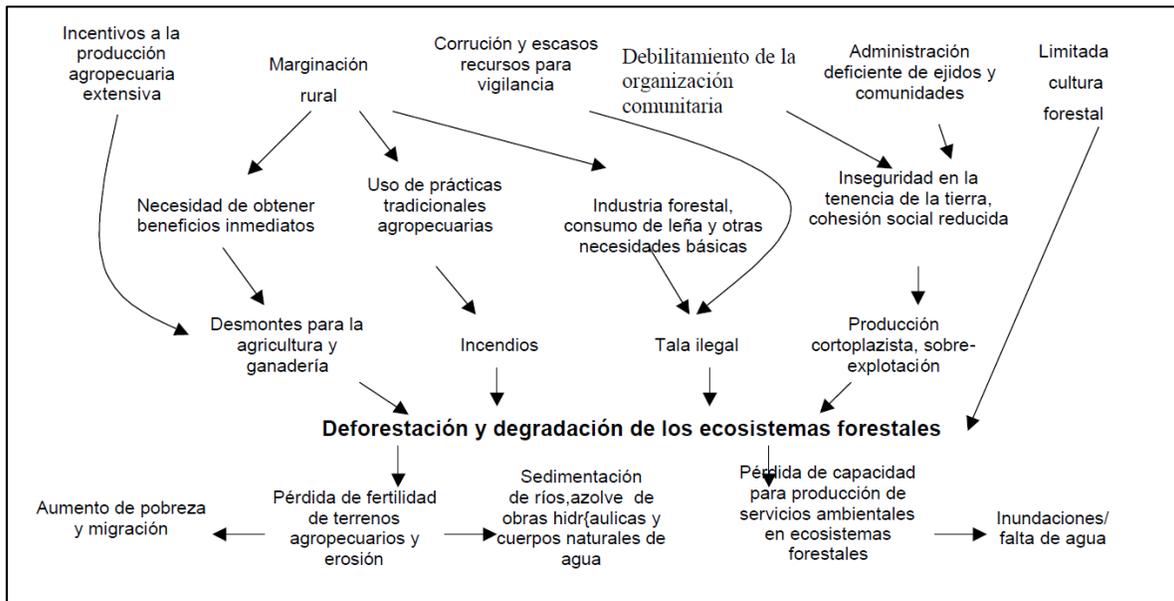


Figura 1. Principales causas de la deforestación y degradación forestal en México.

#### 1.2.4 Intervención territorial del Estado y el fenómeno de CCUS

Se puede atribuir que los grandes CCUS y deforestación en México se iniciaron con el modelo de desarrollo impuesto la década de los 1940s del siglo XX. Desde estos tiempos, la ordenación territorial e intervención del estado influyeron directamente en el aprovechamiento de los recursos naturales. Fue así que el enfoque regional por cuencas hidrológicas (comisiones: Tepalcatepec y Papaloapan) (Unikel, 1975; Barkin & King, 1978), modelo de planeación regional se consolida y domina la práctica de la planeación regional del país, desde finales de los cuarenta hasta 1986, cuando desaparece el último de estos organismos de intervención territorial (la Comisión del Pánuco, entidad a la que pertenecía el proyecto Pujal-Coy) (Aguilar-Robledo, 1995).

La intención era crear “centros regionales de fortaleza económica” o “polos de desarrollo” que, de alguna manera, sentaran las bases de un crecimiento económico orientado a abatir las enormes desigualdades regionales y fueran soportes de la acumulación (Aguilar-Robledo, 1995).

Con diferentes modalidades de intervención (cuencas hidrográficas, polos de desarrollo, parques y ciudades industriales) el estado ha contribuido con la ordenación territorial de

acorde con los diferentes modelos de acumulación, funcional al capital; el modelo económico capitalista se ha consolidado.

Tanto en la etapa de interventor del estado mexicano, como en la actual de liberal-social. *Así, aunque se ha transitado de un Estado propietario a uno solidario, las bases teóricas de la intervención territorial han sido prácticamente las mismas.* Ha cambiado, eso sí, la intensidad y el tipo de actuación estatal: de los grandes proyectos de desarrollo regional se ha transitado a meso o microproyectos (Aguilar-Robledo, 1995).

Las posiciones teóricas que animan la intervención territorial del Estado y lo que históricamente se ha conocido como “desarrollismo” búsqueda del “desarrollo” como el fin último de los esfuerzos estatales, el “crecimiento” casi a cualquier precio, ambiental, social y económico. Hace equivaler “crecimiento económico” a “desarrollo”.

El desarrollismo fue de igual modo, uno de los motores ideológicos que animaron el llamado “milagro mexicano” un periodo de “celebrado crecimiento económico” que el historiador Aguilar Camín ha fechado entre 1940 y 1968 (Aguilar-Camin, 1987), e inclusive llegó trascenderlo en el tiempo.

En la década de los 1970s todavía predominaba un ambiente desarrollista en el plano internacional, en especial en las agencias y organismos de fomento: Banco Interamericano de Fomento, la Agencia Internacional para el Desarrollo, El Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial, institución, esta última, que sería la encargada de financiar el proyecto Pujal-Coy.

Consenso entre diferentes analistas de las cuestiones territoriales, teorías neoclásicas y desarrollistas, es que las contradicciones que genera el desarrollo del capitalismo en México siguen ahí: superconcentración urbana con su carga de “deseconomías” y externalidades”, creciente deterioro de las condiciones de vida en las ciudades, metropolización de algunas ciudades medias, empobrecimiento constante de muchas áreas rurales, deterioro de los recursos naturales, superconcentración social de los excedentes, ampliación de la pobreza etc. En suma, la aplicación de políticas territoriales en México, han dado muchos frutos magros y en algunos casos relativamente amargos (Aguilar-Robledo, 1995).

### **1.3 Los procesos de deforestación y CCUS en la Región Huasteca**

Son muy pocos los estudios realizados sobre cambios de cobertura y usos de suelo en la Región Huasteca de México. Sin embargo, todos destacan procesos de pérdidas importantes de la vegetación como consecuencia de las actividades antrópicas. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Geografía reportó para la república mexicana un estudio histórico del estado del paisaje en el cual se puede apreciar que para la Huasteca, en la época actual, la cobertura forestal ha disminuido drásticamente en relación a periodos como el de la pre-colonia, la colonia y el porfiriano (Instituto Nacional de Geografía, 1992a, 1992b). Asimismo, Aguilar-Robledo (2001) reporta que la modernización agrícola, la industrialización, el incremento de la ganadería y la demanda de productos forestales, ha incrementado los cambios de usos de suelo en esta región.

Asimismo, Reyes et al. (2006), reportó para el periodo 1976-2000 un decrecimiento de las selvas del 5% a consecuencia de las actividades desarrolladas en el área de Pujal Coy. Esto coincide con lo reportado por Aguilar-Robledo (2001) sobre las consecuencias de los proyectos de política nacional como el Pujal Coy y el programa nacional de desmonte (PRONADE) que consistían en el desmonte de selvas para la agricultura y ganadería (Moreno, 2011). Por otro lado, Sahagún (2012) calculó tasas de deforestación hasta de -0.42% para el periodo 1989-2005 para un área de la sierra madre oriental de la Huasteca Potosina. Entre otros estudios destaca el análisis de CCUS en el área natural protegida “Sierra del Abra de Tanchipa” (Ibarra, 2008), en el cual se destaca su deterioro por actividades antrópicas entre 1973 y 2005.

## **1.4 La modelación espacial como herramienta de gestión para la conservación y restauración**

### **1.4.1 Percepción remota en estudios de cambio de cobertura y uso del suelo**

Un aspecto fundamental en los análisis de detección de cambio con el uso de técnicas de percepción remota, es proporcionar información cuantificable de la exactitud temática y espacial de los mapas derivados con estas técnicas (Skirvin et al., 2004).

Estudios sobre CCUS basados en el procesamiento digital de satélite han permitido identificar, monitorear, y cuantificar a escala regional los grandes procesos de cambios en la cobertura vegetal (Coppin et al., 2004). Sin embargo, aunque la percepción remota es reconocida como un instrumento práctico para el monitoreo ambiental y valoración de los recursos naturales, enfrenta obstáculos como la dificultad de interpretar consistentemente

las características espectrales de la superficie bajo un amplio tipo de condiciones ambientales (Mas et al., 2004).

Algunas problemas en la obtención de base de datos de la cobertura del suelo son los datos espectrales, sin embargo, son ambiguos debido a una multitud de influencias tales como: procesos fenológicos de la vegetación, relación entre la densidad de la vegetación del dosel y el brillo del fondo del suelo, sombras debido a nubes, características del terreno, ángulo del sol, altura y ángulo del sensor, y efectos locales (Loveland et al., 2005). Dando una apropiada o inapropiada condición, diferentes tipos de cobertura pueden parecer espectralmente indistinguibles. En realidad, la cobertura del suelo es un continuum, y gradación de tipos de coberturas y prácticas de manejo pueden ser rápidamente observadas. Por lo tanto mapas pueden tener detalles de inconsistencias temáticas la cual se traduce en una complejidad de variable espacial (Loveland et al., 2005).

En relación a esas inconsistencias, algunos investigadores señalan que tipificar CCUS conlleva a problemas como errores de registro, el efecto de la variación en la iluminación atmosférica, en fechas distintas en una misma área, variabilidad en los sensores, efectos de topografía, tipos de vegetación heterogénea, variabilidad fenológica interanual (Rogan et al., 2002; Floody, 2002). Pese a las dificultades de llevar adelante trabajos de CCUS utilizando PR y SIG, los estudios que correlacionan la caracterización de la cobertura del suelo y el análisis de sus diferentes usos y manejos, son herramientas importantes para la comprensión de los tipos y la intensidad de cambios en determinadas áreas (Seabra & Silva, 2011; Weckmüller et al., 2011). El uso de estas geotecnologías sirven como fuente de datos recientes o históricos distintos y son herramientas importantes de análisis espacial (Seabra & Silva, 2011).

La percepción remota y los sistemas de información geográfica han permitido que los métodos para analizar los cambios de cobertura vegetal y usos del suelo sean cada vez más diversos y con diferentes grados de efectividad (Treitz & Rogan, 2004; Berberoglu & Akin, 2009). Estas geotecnologías permiten coleccionar, estructurar y analizar información espacial relevante para el manejo de ambientes tropicales (Green et al., 1996; Klemas, 2001).

Aunque diversos estudios han demostrado la validez de distintas metodologías, aún no existe consenso sobre cuál es el mejor método empleado, por lo que va depender de la

disponibilidad de los datos, la extensión del área en estudio, el tiempo, las limitantes informáticas y sobre todo con el tipo de aplicación (Seto et al., 2002).

Yan Gao (2008) ha demostrado que la clasificación de imágenes de satélite basada en objetos obtiene mejores resultados que los métodos basados en clasificación por píxeles, aplicando diferentes métodos de clasificación por objetos sobre imágenes de diferentes resoluciones.

El concepto principal de la clasificación de imágenes por objetos radica en que la información necesaria para interpretar una imagen no está contenida en un solo píxel, sino en los objetos presentes en la imagen, y en las relaciones entre los objetos. Dos motivos principales impulsan el desarrollo del análisis por objetos: 1) Imágenes de alta resolución espacial ya están disponibles y las herramientas de computación están constantemente mejorando; 2) El análisis de la imagen basado en píxeles es limitado (Gao, 2008).

En este sentido, en la presente investigación se utiliza las geotecnologías como la percepción remota y el análisis espacial, y se utiliza un software (eCognition 8.8) basado en una clasificación por segmentación dirigidos a objetos, para analizar la trayectoria evolutiva de los cambios de uso y cobertura del suelo, asimismo, para entender y desarrollar estrategias de mitigación, conservación y restauración de áreas afectadas por un cambio acelerado y desmedido de la cobertura vegetal causadas por la agricultura, ganadería y otros procesos que motivan a la deforestación y degradación forestal y otros CCUS.

#### **1.4.2 Sistemas de Información Geográfica en estudios de cobertura y uso del suelo**

Cuando en estudios de CCUS se utiliza un conjunto de datos diversos de cobertura del suelo, es muy importante distinguir el contenido temático del mapeamiento, (Loveland et al., 2005). Los mapas de cobertura del suelo típicamente comprenden categorías de cobertura del suelo (un bosque), uso del suelo (agricultura) y condiciones ambientales (área inundada). Estas inconsistencias temáticas pueden llevar a problemas en la ejecución del proceso de clasificación (Loveland et al., 2005).

Mapas de clasificación de cobertura del suelo utilizando imágenes satelitales y percepción remota típicamente se han mapeado utilizando unidades definidas por criterios estadísticos, y por lo tanto tiene el potencial para ser aplicado más consistentemente. Comparaciones métricas del paisaje calculados por mapas de cobertura del suelo derivados de fuentes

análogas versus digital, capturado como líneas o vectores versus pixel, es problemático y puede llevar a resultados erróneos (Loveland et al., 2005).

La representación temporal de todos los datos de cobertura del suelo puede corresponder a una sola fecha si es que el área es pequeña, sin embargo, cuando se requiere mapear grandes áreas es complicado obtener una base de datos de una misma fecha, esto por las características de la resolución temporal del satélite principalmente. Por lo tanto, este problema es inevitable, pero esto debe ser considerado cuando se realicen interpretaciones métricas del paisaje (Turner et al., 2001).

En síntesis, la fuente de datos y métodos de clasificación, idoneidad temática, precisión efectiva, y resolución espacial e informacional, de los datos de cobertura del suelo son consideraciones importantes para aplicaciones con cierto propósito (Turner et al., 2001) tales como identificar problemas sobre CCUC.

Asimismo, partiendo de un análisis de CCUS, utilizando un SIG se pueden identificar y cuantificar los patrones espaciales de cierto tipo de paisajes por la premisa de que los procesos ecológicos están ligados y pueden ser predichos de algún a menudo desconocido patrón espacial a gran escala (Bastent & Jordan, 1995; Gustafson, 1998), importantes para identificar y establecer áreas ecológicas de conservación.

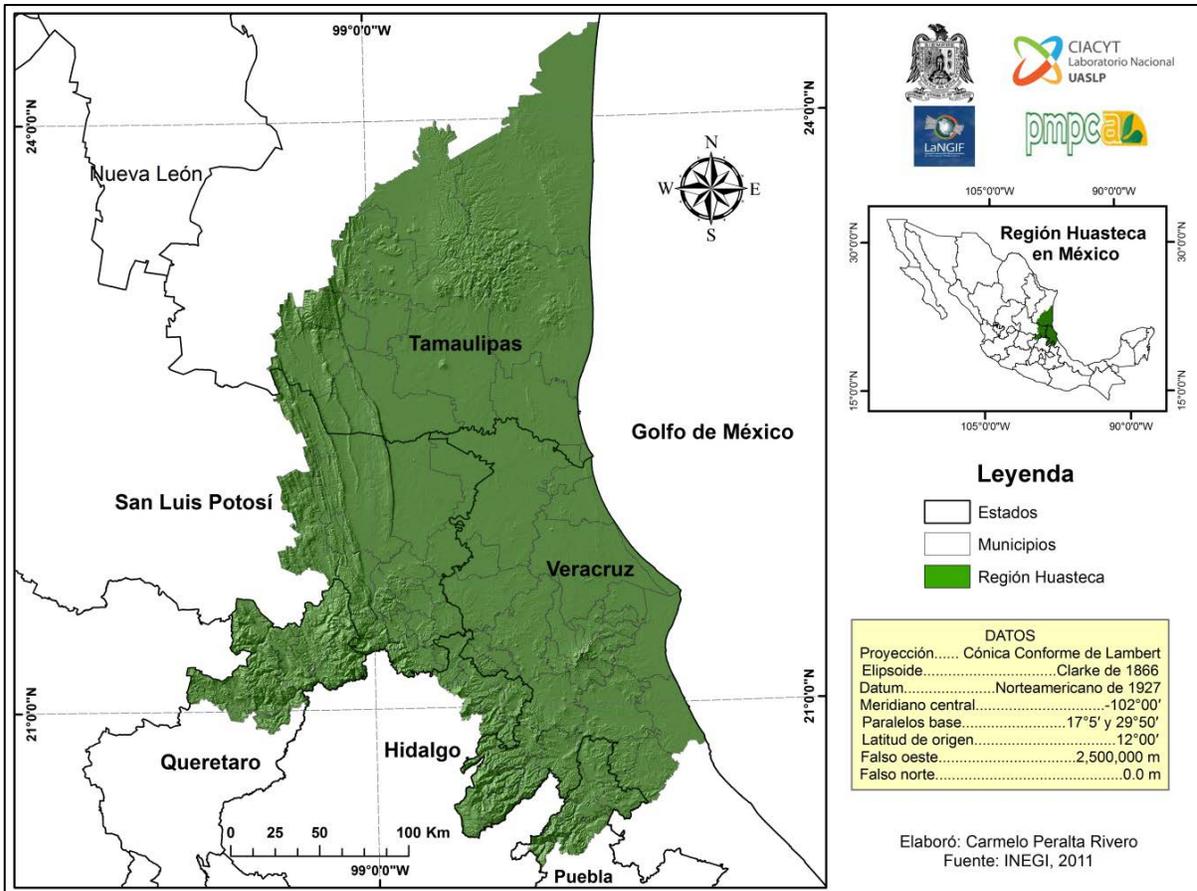
## **2. Área de estudio**

En el presente estudio se denomina Región Huasteca a un área que abarca una superficie aproximada de 65,675.85 km<sup>2</sup> (Figura 2) que incluye parte de Estado de San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Puebla, Hidalgo y Querétaro. La región representa el 3.33% de la superficie de México. El área está localizada entre los 22°16'00" de latitud Norte y 98°30'00" de longitud Oeste. La región cuenta con una población aproximada de 3,456,903 habitantes (CONABIO, 2012c).

Los municipios que incluye a la ***Huasteca de San Luis Potosí son***: Aquismon, Axtla de Terrazas, Ciudad Valles, Coxcatlán, Ebano, El Naranjo, Huehuetlán, Matlapa, San Antonio, San Martín Chalchicuautla, San Vicente Tancuayalab, Tamasopo, Tamazunchale, Tampacán, Tampamolón, Tamuín, Tancanhuitz, Tanlajás, Tanquián de Escobedo y Xilitla. Los municipios de la parte ***Huasteca de Tamaulipas son***: Aldama, Altamira, Antiguo Morelos, Casas, Ciudad Madero, El Mante, Gómez Farías, Gonzáles, Llera, Nuevo

Morelos, Ocampo, Soto la Marina, Tampico y Xicotencátl. También, los municipios de la ***Huasteca de Veracruz*** son: Álamo Temapache, Benito Juárez, Castillo de Teayo, Cerro Azul, Chalma, Chiconamel, Chicontepec, Chinampa de Gorostiza, Chontla, Citláltepetl, El Higo, Huayacocotla, Ilamatlán, Ixcatepec, Ixhuatlán de Madero, Naranjos Amatlán, Ozuluama de Mascareñas, Pánuco, Platón Sánchez, Pueblo Viejo, Tamalín, Tamiahua, Tampico Alto, Tancoco, Tantima, Tantoyuca, Tempoal, Tepetzintla, Texcatepec, Tihuatlán, Tlachichilco, Tuxpan, Zacualpan y Zontecomatlán. La ***Huasteca de Querétaro*** se conforma por los municipios: Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamorros, Peñamiller, Pinal de Amoles y San Joaquín. Por su parte, la ***Huasteca de Puebla*** cuenta con los municipios: Jalpan, Naupan, Pahuatlán, Pantepec, Tlaxco, Tlacuilotepec, Xicotepec y Venustiano Carranza. Por último, la ***Huasteca de Hidalgo*** está conformada por los municipios: Atlapexco, Huazalingo, Huautla, Huejutla de Reyes, Huazalingo, Jaltocán, San Felipe Orizatlán y Xochiatipán.

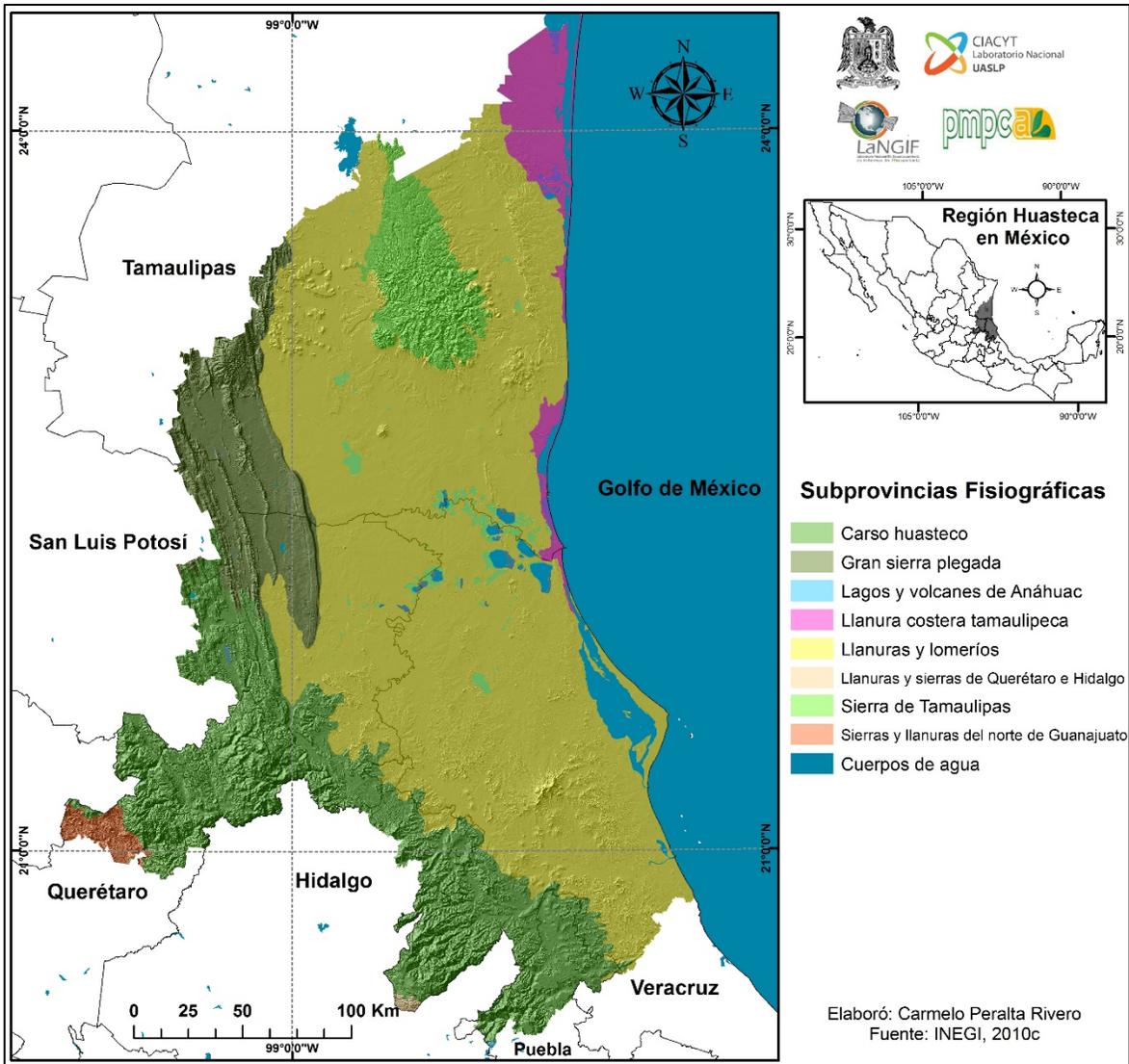
En esta manera en la región confluyen factores biofísicos del paisaje como el clima y la vegetación, y factores antrópicos como la agricultura, ganadería que influye de manera importante para la transformación de los ecosistemas (Algara et al., 2009).



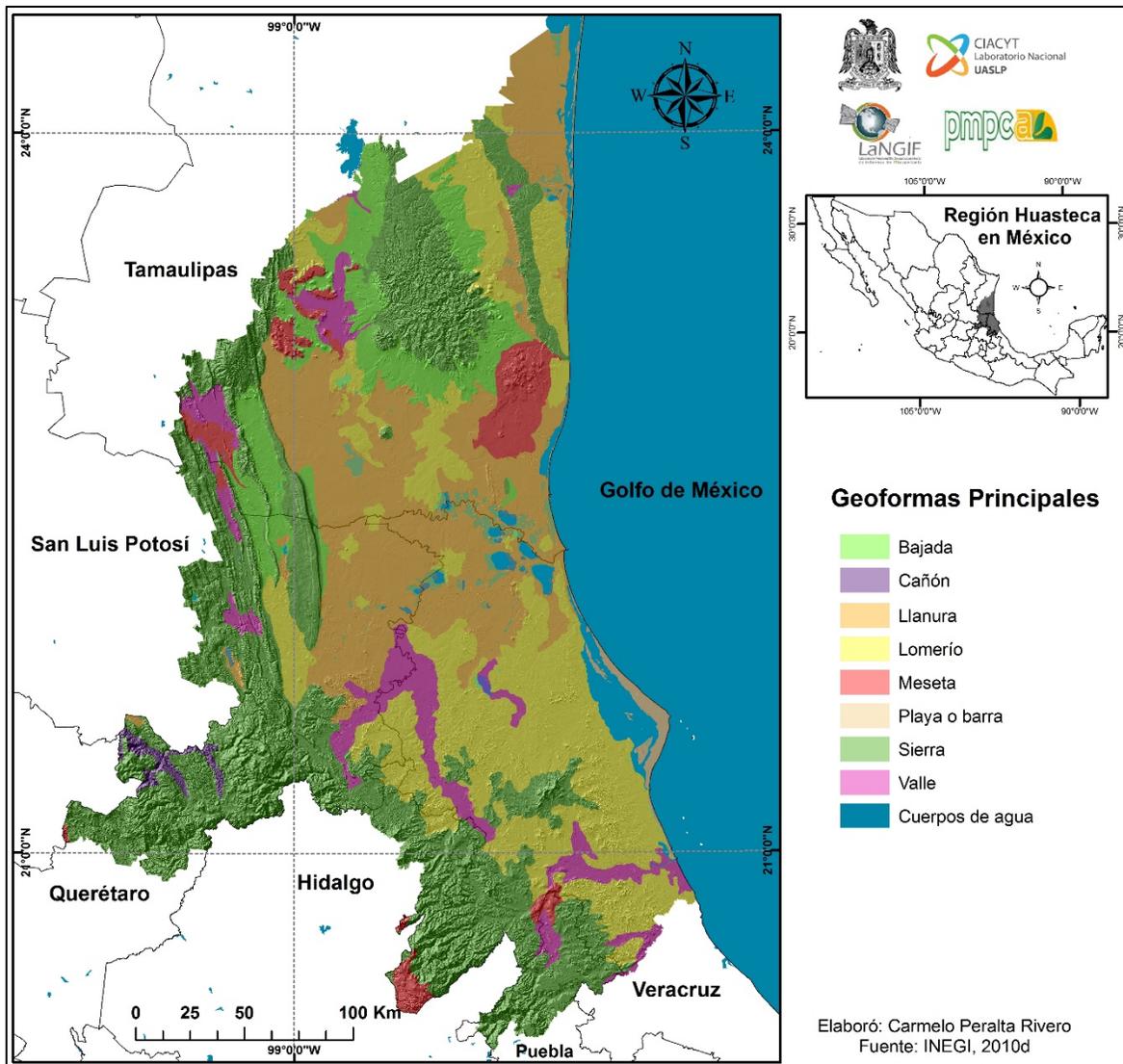
*Figura 2. Localización de la Región Huasteca en México.*

### **2.1 Fisiográfica, geformas y tipos de suelo**

Desde el punto de vista fisiográfico la Región Huasteca está representada principalmente por la subprovincia fisiográfica de las Llanuras y Lomeríos en las tierras bajas. Asimismo, el Carso Huasteco y la Sierra Plegada, ambas sobre la Sierra Madre Oriental representan en su conjunto a las tierras altas de la Huasteca al igual que las Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato y la Sierra de Tamaulipas. Se incluyen fracciones de la Llanura Costera Tamaulipeca, Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo y la de Lagos y Volcanes de Anáhuac (Figura 3).



*Figura 3. Representación de las subprovincias fisiográficas en la Región Huasteca.* Las geformas principales incluyen múltiples formas tales como bajadas, cañones, llanura, lomerío, meseta, playa y barra, sierra y valle (Figura 4).



*Figura 4. Representación de las subprovincias fisiográficas en la Región Huasteca.*

Por otro lado, la gran diversidad de suelos de la Huasteca asociada con el amplio intervalo de clima con precipitación media total anual de 400 a 4,000 mm y temperaturas sobre todo cálidas, origina diversos ambientes reflejándose en la diversidad de vegetación y de suelos. En este sentido, los suelos condicionan el establecimiento de especies vegetales que se adaptan a sus características físicas, químicas y biológicas. En la Región Huasteca se tienen suelos que van desde cambisol a xerosol (Apéndice 1) (Figura 5).

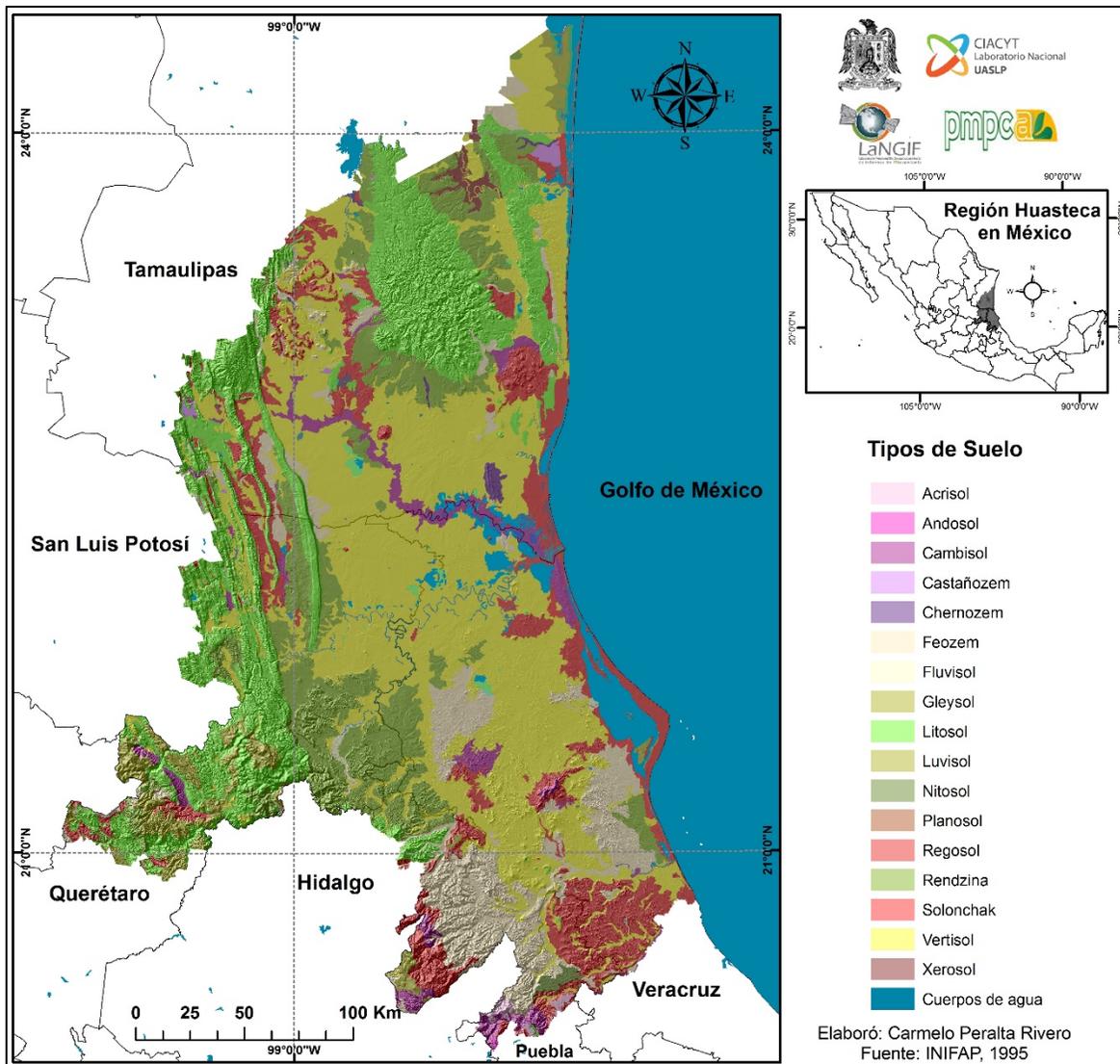


Figura 5. Representación de los tipos de suelo en la Región Huasteca.

## 2.2 Características climáticas

Clima según Julius Hann, es “el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio atmosférico de un lugar”. Wladimir Köppen lo define como “el estado medio y proceso entre ordinario del tiempo de un lugar determinado”. En realidad puede decirse que el “clima de un lugar” es una situación atmosférica imaginaria en que habría los valores medios de la temperatura, humedad, viento, etc., observados durante un largo periodo (Maderey, 1982).

Por otra parte, a pesar de que existen diversos sistemas para clasificar los ecosistemas, mismos que han abordado desde distintos criterios para la categorización, sin embargo,

coinciden en usar como principal criterio de tipificación la relación clima-vegetación. Esta clasificación se basa en el sistema de Köppen (García, 2004), misma que ha sido adaptada para todo el país, por el INEGI.

La Región Huasteca presenta climas diversos de los cuales los cálidos son los que predominan en cuanto al área en que está presente (Tabla 6) (Figura 7).

**Tabla 7. Tipos de clima de la Región Huasteca.**

| <b>Grupo</b> | <b>Clave</b> | <b>Tipo de clima</b> | <b>km<sup>2</sup></b> | <b>%</b> |
|--------------|--------------|----------------------|-----------------------|----------|
| Semicálido   | (A)C(fm)     | Semicálido húmedo    | 2,822.36              | 4.30     |
|              | (A)C(m)      | Semicálido húmedo    | 26.52                 | 0.04     |
|              | (A)C(m)(w)   | Semicálido húmedo    | 7,487.73              | 11.40    |
|              | (A)C(w0)     | Templado subhúmedo   | 5,279.21              | 8.04     |
|              | (A)C(w0)(w)  | Templado subhúmedo   | 1,973.17              | 3.00     |
|              | (A)C(w1)     | Templado subhúmedo   | 5,349.73              | 8.15     |
|              | (A)C(w1)(w)  | Templado subhúmedo   | 2,222.02              | 3.38     |
|              | (A)C(w2)(w)  | Templado subhúmedo   | 160.94                | 0.25     |
| Cálido       | Af(m)        | Cálido húmedo        | 512.21                | 0.78     |
|              | Am           | Cálido húmedo        | 611.87                | 0.93     |
|              | Am(f)        | Cálido húmedo        | 1,331.95              | 2.03     |
|              | Aw0          | Cálido subhúmedo     | 13,094.50             | 19.94    |
|              | Aw0(w)       | Cálido subhúmedo     | 252.63                | 0.38     |
|              | Aw1          | Cálido subhúmedo     | 7,636.47              | 11.63    |
|              | Aw2          | Cálido subhúmedo     | 9,249.93              | 14.08    |
|              | Aw2(w)       | Cálido subhúmedo     | 127.25                | 0.19     |
| Semiseco     | BS0hw        | Seco semicálido      | 146.01                | 0.22     |
|              | BS1(h')hw    | Semiseco cálido      | 3,854.32              | 5.87     |
|              | BS1(h')hw(w) | Semiseco cálido      | 41.18                 | 0.06     |
|              | BS1hw        | Semiseco semicálido  | 451.87                | 0.69     |
|              | BS1kw        | Semiseco templado    | 47.42                 | 0.07     |
|              | BS1kw(w)     | Semiseco templado    | 42.39                 | 0.06     |
| Templado     | C(fm)        | Templado húmedo      | 428.37                | 0.65     |
|              | C(m)         | Templado húmedo      | 200.99                | 0.31     |
|              | C(m)(w)      | Templado húmedo      | 168.82                | 0.26     |
|              | C(w0)        | Templado subhúmedo   | 18.41                 | 0.03     |
|              | C(w0)(w)     | Templado subhúmedo   | 70.14                 | 0.11     |
|              | C(w1)        | Templado subhúmedo   | 132.60                | 0.20     |
|              | C(w1)(w)     | Templado subhúmedo   | 24.81                 | 0.04     |
|              | C(w2)        | Templado subhúmedo   | 407.56                | 0.62     |
|              | C(w2)(w)     | Templado subhúmedo   | 295.00                | 0.45     |

|              |                  |      |                  |            |
|--------------|------------------|------|------------------|------------|
| Otros        | H <sub>2</sub> O | Agua | 1,207.44         | 1.84       |
| <b>Total</b> |                  |      | <b>65,675.85</b> | <b>100</b> |

Fuente: Elaboración propia en base INEGI, 2000.

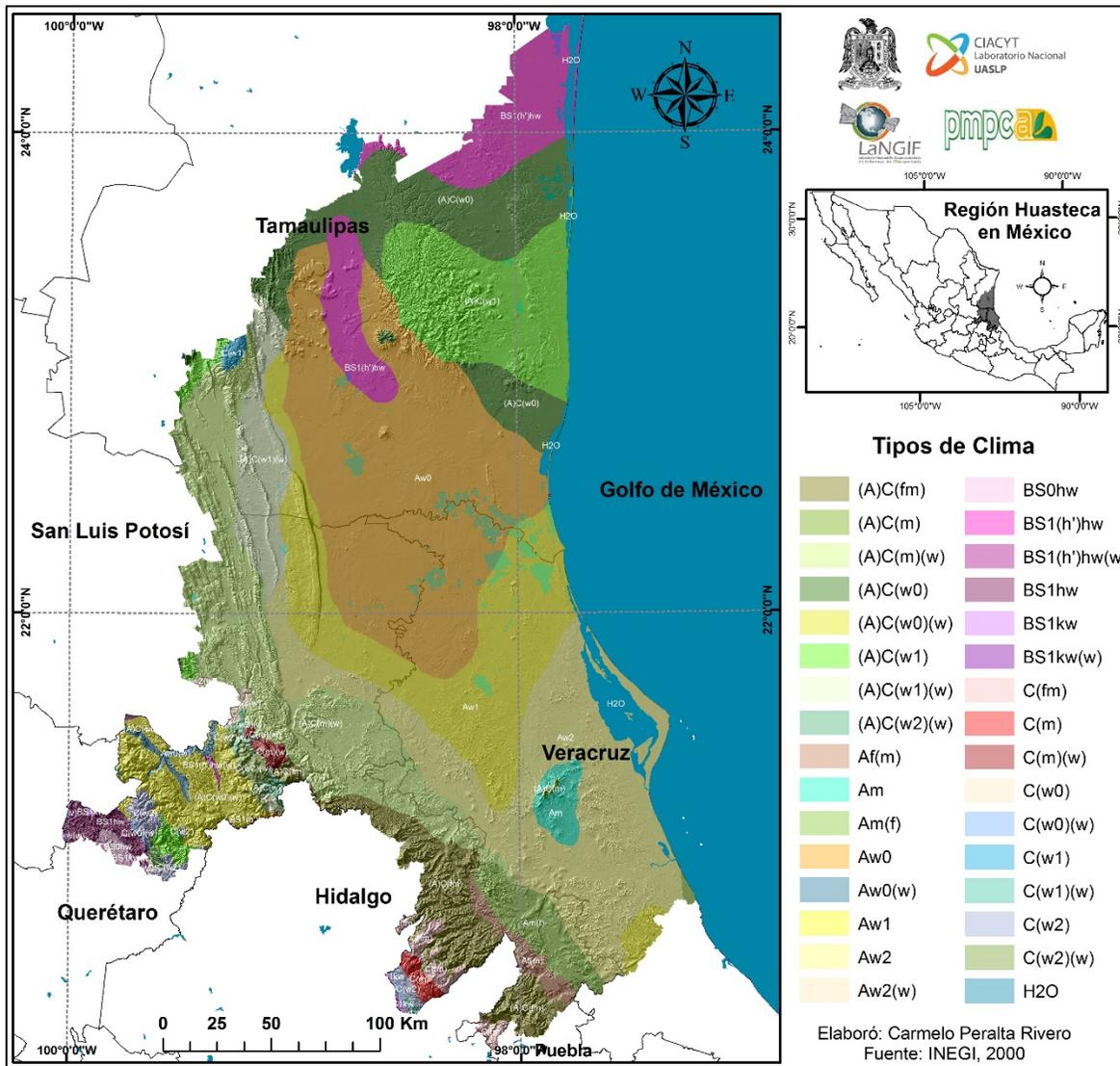


Figura 6. Representación de los tipos de climas en la Región Huasteca.

### 2.3 Temperatura

La Región Huasteca al contar mayormente con climas cálidos y semiáridos, esto genera que el rango de temperatura en la mayoría de los municipios sea entre 22 a 24 °C y 24 a 26 °C. Los municipios que tienen rangos de menor temperatura registrada (10 a 12 °C) son Huayacocotla en la Huasteca Veracruzana y Gómez Farías en la Huasteca Tamaulipeca. El municipio que alcanza el mayor rango de temperatura es González de Tamaulipas (Figura 7).

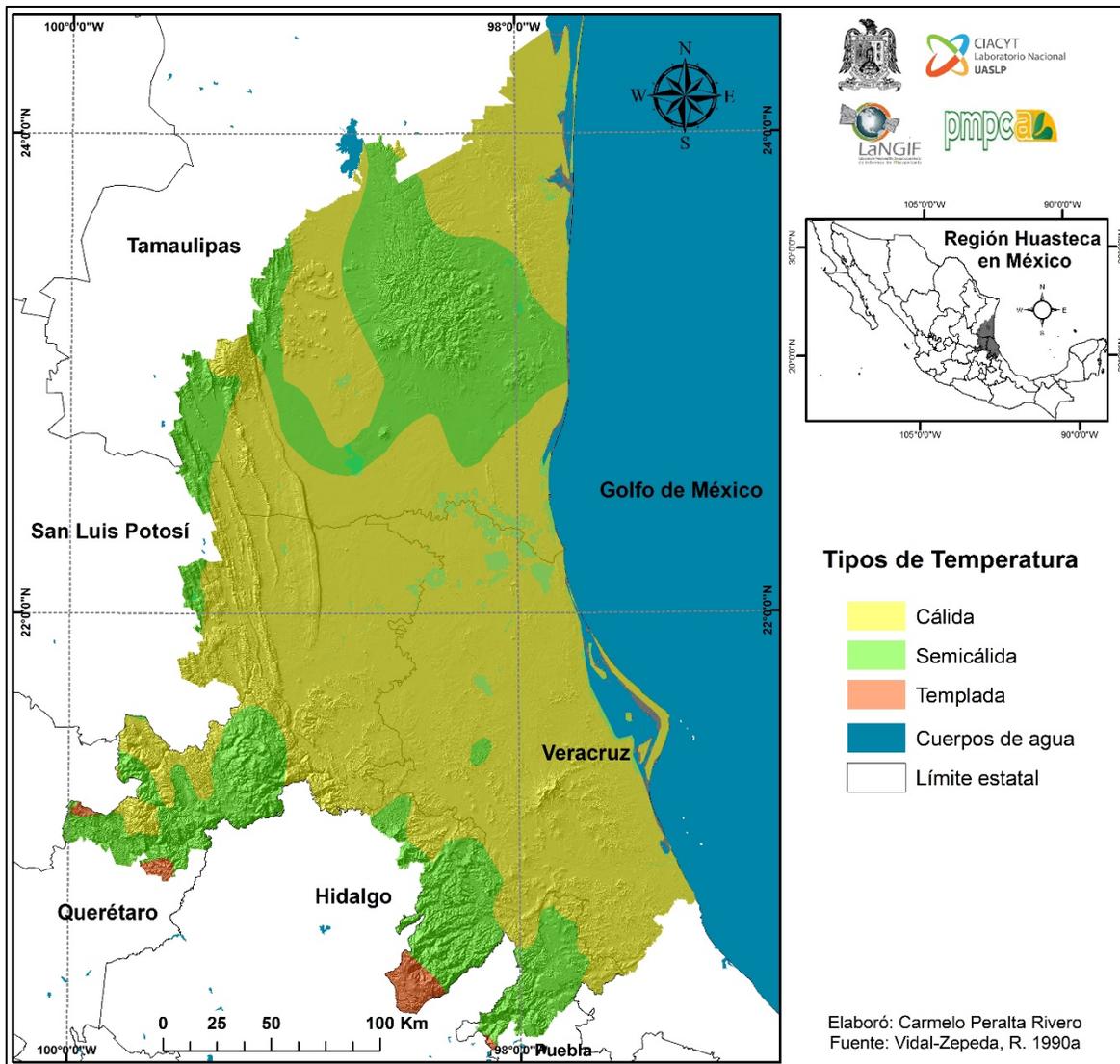


Figura 7. Representación de temperatura media anual en grados centígrados en la Región Huasteca.

## 2.4 Precipitación

Los municipios del Norte de la Región Huasteca, sobre todo la Huasteca Tamaulipeca, es la que registra las menores precipitaciones media anual (400 a 1,200 mm). Los municipios con rangos altos de precipitación son aquellos situados cerca de la sierra en la Huasteca Potosina o al Sur de la Huasteca Veracruzana (Figura 8).

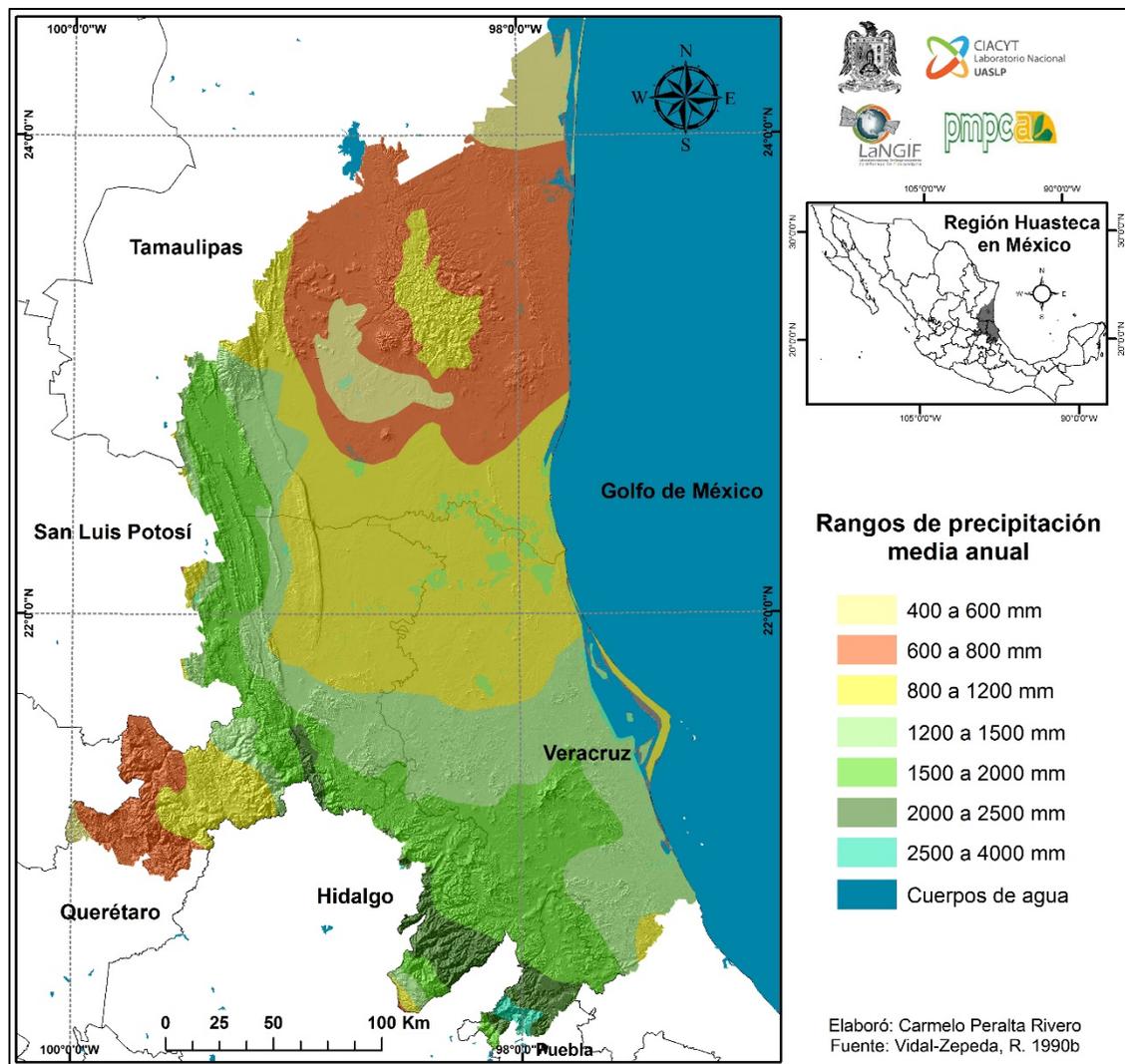


Figura 8. Representación de la precipitación media anual en la Región Huasteca.

## 2.5 Hidrología

Desde el punto de vista hidrológico, la Región Huasteca delimita tres zonas bien diferenciadas en la entidad, por un lado, hacia la zona norte, se encuentra la región hidrológica (25) de San Fernando-Soto la Marina, al centro se encuentra la región hidrológica (26) de El Pánuco que alberga ríos importantes como el Río Santa María, el Moctezuma y el Tampaón. Por otro lado, se presentan hacia el Sur Región Hidrológica (27) denominada Norte de Veracruz. Se presentan en la Región Huasteca diversos afluentes de ríos como río Pánuco, Tamuín, Soto la Marina entre otros (Figura 9).

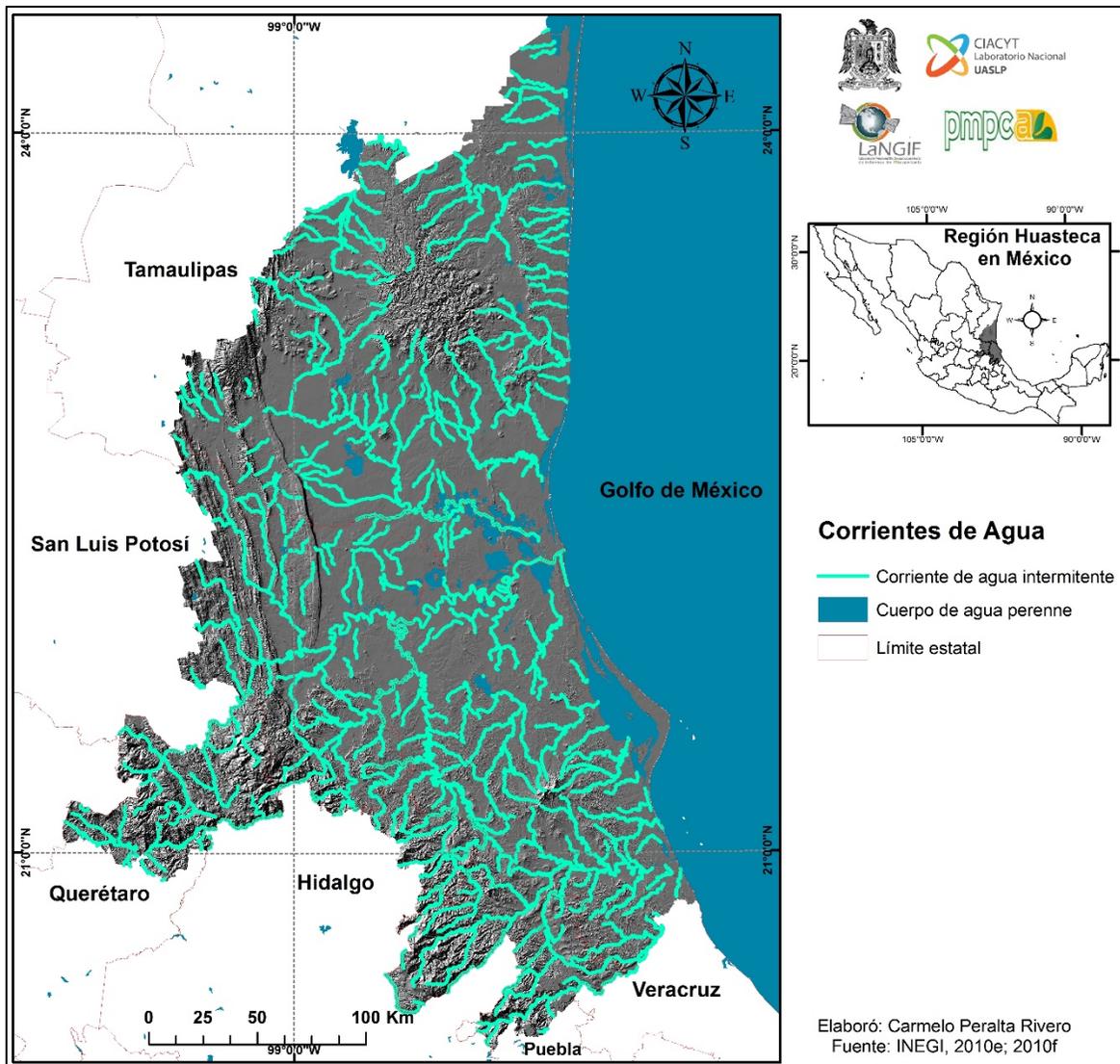


Figura 9. Corrientes de agua superficiales en la Región Huasteca.

## 2.6 Tipos de vegetación en la región del proyecto

Debido a la gran variación climática existente en La Región Huasteca, esta presenta ecosistemas que van desde remanentes de bosques y selvas hasta matorral, mezquital, vegetación halófila y pastos entre otros (Tabla 8) (Figura 10).

Según información el uso del suelo y vegetación de la Serie I (1976) del INEGI a escala 1:250,000, esta región contaba con aproximadamente 4,200 km<sup>2</sup> de bosques y 9,410 km<sup>2</sup> de selva. Sin embargo, la Serie V (2011) de uso de suelo y vegetación indica que ha habido una reducción de bosques (3,553 km<sup>2</sup> hasta 2011) y una disminución considerable de las selvas a 6,091 km<sup>2</sup> hasta el 2011 (Tabla 8).

De esta manera se puede hacer inferencias en que proceso de ganadería y agricultura principalmente han cambiado el paisaje boscoso de esta región debido al aumento de estas actividades las cuales representan más del 60% del área total de la Huasteca.

**Tabla 8. Cuantificación de los tipos de vegetación en la Región Huasteca 1976-2011, escala 1:250,000.**

| Cobertura de suelo |                                     | Serie I          | Serie II         | Serie III       | Serie IV         | Serie V         |
|--------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|                    |                                     | 1976             | 1993             | 2002            | 2007             | 2011            |
| Grupo              | Tipos de vegetación                 | Km <sup>2</sup>  | Km <sup>2</sup>  | Km <sup>2</sup> | Km <sup>2</sup>  | Km <sup>2</sup> |
| Bosques*           | Bosque de encino                    | 2762.75          | 2356.54          | 2370.65         | 2367.42          | 2364.22         |
|                    | Bosque de encino-pino               | 212.82           | 253.06           | 253.08          | 248.54           | 249.26          |
|                    | Bosque de pino                      | 121.15           | 106.45           | 139.88          | 139.56           | 139.56          |
|                    | Bosque de pino-encino               | 510.54           | 434.62           | 412.28          | 415.28           | 419.82          |
|                    | Bosque de táscate                   | 48.81            | 11.21            | 11.15           | 11.30            | 11.30           |
|                    | Bosque mesófilo de montaña          | 509.08           | 436.60           | 366.71          | 366.32           | 366.59          |
|                    | Bosque de galería                   | nd               | 0.25             | nd              | nd               | Nd              |
|                    | Bosque cultivado                    | 35.02            | 0.54             | nd              | 2.83             | 3.23            |
|                    | <b>Subtotal</b>                     | <b>4,200.16</b>  | <b>3,599.27</b>  | <b>3,553.75</b> | <b>3,551.26</b>  | <b>3553.98</b>  |
| Matorrales         | Matorral crasicaule                 | 50.83            | 100.62           | 97.10           | 97.05            | 81.27           |
|                    | Matorral espinoso tamaulipeco       | 526.19           | 307.93           | 254.59          | 244.26           | 234.84          |
|                    | Matorral submontano                 | 2450.19          | 1914.03          | 1785.72         | 1768.50          | 1710.67         |
|                    | Matorral desértico microfilo        | 16.73            | 16.56            | 16.79           | 16.79            | 16.79           |
|                    | Matorral desértico roseto filo      | 20.56            | 21.80            | 22.85           | 21.69            | 21.69           |
|                    | Mezquital                           | 276.86           | 1300.37          | 698.10          | 661.29           | 534.29          |
|                    | Chaparral                           | 16.26            | 10.70            | nd              | nd               | Nd              |
|                    | <b>Subtotal</b>                     | <b>3,357.62</b>  | <b>3,672.01</b>  | <b>2,875.16</b> | <b>2,809.58</b>  | <b>2599.55</b>  |
| Pastizales         | Pastizal halófilo                   | 24.47            | 25.46            | 25.86           | 26.59            | 25.48           |
|                    | Pastizal inducido                   | 653.32           | 564.43           | 637.71          | 676.30           | 664.90          |
|                    | Pastizal cultivado                  | 17389.61         | 21579.14         | 20219.36        | 19445.96         | 19401.69        |
|                    | <b>Subtotal</b>                     | <b>18,067.40</b> | <b>22,169.03</b> | <b>20882.93</b> | <b>20,148.85</b> | <b>20092.07</b> |
| Selvas             | Selva alta perennifolia             | 101.86           | 59.87            | 30.69           | 30.56            | 30.56           |
|                    | Selva alta subperennifolia          | nd               | 28.03            | 26.98           | 5.57             | 5.57            |
|                    | Selva baja caducifolia              | 7442.98          | 5606.47          | 5286.65         | 5310.68          | 5321.13         |
|                    | Selva baja espinosa caducifolia     | nd               | nd               | 461.30          | 487.20           | 466.22          |
|                    | Selva baja espinosa subperennifolia | nd               | nd               | nd              | 148.09           | Nd              |
|                    | Selva baja espinosa                 | 1184.22          | 502.53           | nd              | nd               | Nd              |
|                    | Selva baja subcaducifolia           | 96.74            | 49.45            | 49.28           | 49.03            | 49.03           |
|                    | Selva mediana subcaducifolia        | 160.19           | 71.92            | 71.92           | 71.80            | 71.80           |
|                    | Selva mediana subperennifolia       | 424.23           | 347.52           | 162.06          | nd               | 147.35          |

|                           | <b>Subtotal</b>                 | <b>9,410.23</b>  | <b>6,665.79</b>  | <b>6,088.87</b>  | <b>6102.92</b>   | <b>6091.66</b>   |
|---------------------------|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Vegetación hidrófila      | Manglar                         | 231.65           | 202.49           | 187.25           | 227.64           | 228.74           |
|                           | Selva de galería                | 3.53             | 5.09             | 5.35             | 4.20             | 4.15             |
|                           | Tular                           | 493.81           | 339.63           | 346.23           | 361.27           | 338.22           |
|                           | Popal                           | 59.72            | nd               | nd               | nd               | Nd               |
|                           | Vegetación de galería           | 21.92            | 7.68             | nd               | 0.82             | 0.82             |
|                           | Vegetación halófila             | 361.54           | 309.46           | 317.86           | 329.75           | 329.32           |
|                           | <b>Subtotal</b>                 | <b>1,172.17</b>  | <b>864.35</b>    | <b>856.68</b>    | <b>923.68</b>    | <b>901.26</b>    |
| Otros tipos de vegetación | Palmar inducido                 | nd               | nd               | 45.58            | 47.60            | 45.72            |
|                           | Palmar natural                  | 213.05           | 132.90           | 48.94            | 45.42            | 43.93            |
|                           | Vegetación de dunas costeras    | 48.33            | 76.82            | 82.57            | 82.95            | 82.83            |
|                           | Vegetación secundaria           | 17011.67         | 11562.03         | 10786.86         | 10591.03         | 10451.57         |
| Sin vegetación            | Sin vegetación aparente         | 25.51            | 72.36            | 71.24            | 71.90            | 57.06            |
| No aplicable              | Otras coberturas y uso de suelo | 12,169.71        | 16,861.29        | 20,383.26        | 21,300.66        | 21,756.21        |
| <b>Total</b>              |                                 | <b>65,675.85</b> | <b>65,675.85</b> | <b>65,675.85</b> | <b>65,675.85</b> | <b>65,675.85</b> |

Fuente: Elaboración propia en base a cartas I, II, III, IV y V del INEGI escala 1:250,000.

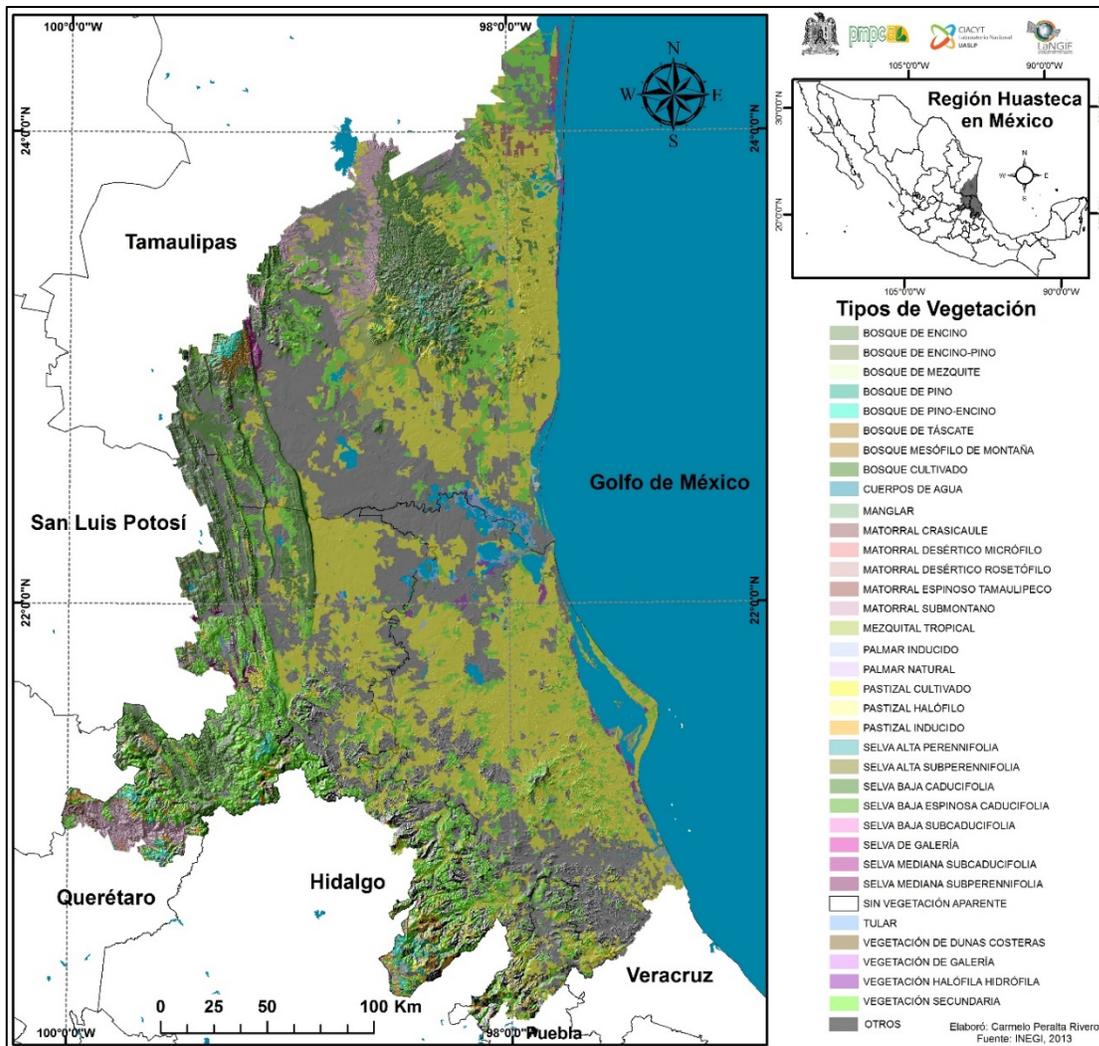


Figura 10. Tipos de vegetación de la Región Huasteca para el año 2011.

A continuación se describen algunos de estos tipos de vegetación:

### 2.6.1 Bosques

En la región se presentan tipos de bosque tales como de pino, de pino-encino, de encino-pino, de encino, bosque mesófilo de montaña y bosque de táscate.

#### *Bosque de encino*

Compuesto por la dominancia de especies arbóreas de *Quercus sp.* (Encino. Se forma con las siguientes especies: *Quercus rysopylla* (Encino colorado), *Quercus graciliformis* (Encino), *Quercus polymorpha* (Encino), *Quercus mexicana* (Encino), *Quercus laeta* (Encino) y *Juniperus fláccida* (Cedro) (INEGI, 2007).

Challenger menciona que nuestro país es el centro de distribución de este género en el hemisferio occidental, comparte espacio con diferentes especies de pino (*Pinus* spp.), dando origen a los denominados bosques de pino-encino, o bosques de encino pino, cuando dominan los encinares. Su distribución, de acuerdo con Rzedowski abarca prácticamente desde el nivel del mar, hasta los 3 100 m, sin embargo, la mayoría de estas zonas se ubican entre los 1,200 y 2,800 msnm. Challenger menciona también que los bosques de encino de la mayor parte de las zonas templadas son de dosel cerrado, aunque esta caracteriza varía con las condiciones específicas de cada lugar (INEGI, 2009).

### ***Bosque de encino-pino***

Esta comunidad se caracteriza por la dominancia de encinos (*Quercus* spp.), sobre los pinos (*Pinus* spp.). Se desarrolla principalmente en áreas de mayor importancia forestal, en los límites altitudinales inferiores de los bosques de pino-encino. Estas comunidades muestran menor porte y altura que aquellos donde domina el pino sobre el encino (INEGI, 2009).

Las especies más representativas en estas comunidades son encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmilillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, *Q. scytophylla*, pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino (*P. rudis*), pino escobetón (*P. michoacana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. duranguensis*, *P. chihuahuana*, *P. engelmannii*, *P. lawsoni*, y *P. oaxacana* (INEGI, 2009).

### ***Bosque de pino***

Estos bosques, que con frecuencia se encuentran asociados con encinares y otras especies, son los de mayor importancia económica en la industria forestal del país por lo que prácticamente todos soportan actividades forestales como producción de madera, resinación, obtención de pulpa para celulosa, postería y recolección de frutos y semillas (INEGI, 2009).

La fisonomía de estos bosques es característica y las diferentes especies de pino que los definen presentan alturas que van de los 15 a los 30 m en promedio. Rzedowski menciona

que si bien la mayoría de las especies mexicanas de pinos tiene afinidades con climas templados a fríos y húmedos, algunas prosperan en lugares francamente calientes tanto en lugares húmedos como semiáridos (INEGI, 2009).

Los pinares primarios presentan un estrato inferior relativamente pobre en arbustos, pero con abundantes gramíneas, esta condición se relaciona con los frecuentes incendios y la tala inmoderada. Se localizan en las cadenas montañosas de todo el país desde los 300 m de altitud hasta los 4,200 m en el límite altitudinal de la vegetación arbórea. Áreas importantes de este tipo de vegetación se localizan en la sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico. Las especies más comunes que caracterizan este tipo de vegetación son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino (*P. rudis*), pino escobetón (*P. michoacana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. duranguensis*, *P. chihuahuana*, *P. engelmani*, *P. lawsoni*, *P. oaxacana*, entre otros (INEGI, 2009).

### ***Bosque pino-encino***

Esta comunidad, junto con los bosques de encino pino se consideran fases de transición en el desarrollo de bosques de pino o encino puros, sin embargo Challenger afirma que muchos de ellos se consideran vegetación clímax de muchas zonas de México (INEGI, 2009).

Este tipo de bosque se distribuye ampliamente en la mayor parte de la superficie forestal de las partes altas de los sistemas montañosos del país, la cual está compartida por las diferentes especies de pino (*Pinus spp.*) y encino (*Quercus spp.*); siendo dominantes los pinos. Algunas de las especies más comunes son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino (*P. rudis*), pino escobetón (*P. michoacana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. duranguensis*, *P. duranguensis*, *P. chihuahuana*, *P. engelmannii*, *P. lawsoni*, *P. oaxacana*, encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmilillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, y *Q. scytophylla* (INEGI, 2009).

### ***Bosque de táscate***

Son bosques formados por árboles escuamifolios (hojas en forma de escama) del género *Juniperus* a los que se les conoce como táscate, enebro o cedro, con una altura promedio de 8 a 15 m de regiones subcálidas templadas y semifrías, siempre en contacto con los bosques de encino, pino-encino, selva baja caducifolia y matorrales de zonas áridas. Las especies más comunes y de mayor distribución son *Juniperus flaccida*, *J. deppeana*, *J. monosperma* y algunas especies del género *Quercus* y *Pinus*. Estas comunidades por lo regular, se encuentran abiertas como consecuencia de las actividades forestales, agrícolas y pecuarias principalmente en el norte del país (INEGI, 2009).

### ***Bosque mesófilo de montaña***

Este tipo de vegetación es fisonómicamente denso, que se distribuye en zonas de clima templado húmedo de altura, ocupa zonas más húmedas que los bosques de pino y de encino; se localiza en las laderas montañosas que se encuentran protegidas de los fuertes vientos y de excesiva insolación donde se forman las neblinas durante casi todo el año, también crece en barrancas y otros sitios resguardados en condiciones más favorables de humedad (INEGI, 2002).

En el bosque mesófilo es notable la mezcla de elementos arbóreos con alturas de 10 a 25 m o aún mayores, es denso y la mayoría de sus componentes son de hoja perenne, también se encuentran los árboles caducifolios que en alguna época del año tiran sus hojas, es común la presencia de plantas trepadoras y epífitas debido a la alta humedad atmosférica y abundantes lluvias. Generalmente se encuentran entre los 800-2 400 m. Son muchas las especies que lo forman pero las más comunes son micoxcuáhuatl (*Engelhardtia mexicana*), lechillo (*Carpinus caroliliana*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), encino, roble (*Quercus* spp.), pino, ocote (*Pinus* spp.), tila (*Ternstroemia pringlei*), jaboncillo (*Clethra* spp.), *Podocarpus* spp., *Styrax* spp., *Chaetoptelea mexicana*, *Junglans* spp., *Dalbergia* spp., *Eugenia* spp., *Ostrya virginiana*, *Meliosma* spp., *Chiranthodendron pentadactylon*, *Prunus* spp., *Matudea trinervia* y una gran variedad de epífitas (INEGI, 2002).

Se distribuyen en la Sierra Madre Oriental, en una franja que abarca los estados de Tamaulipas, Veracruz e Hidalgo. Para su crecimiento, el bosque mesófilo de montaña requiere de humedad durante todo el año, además de una temperatura no muy elevada, pero sin llegar a templada; corresponde este ambiente al clima tipo semicálido húmedo, con

temperaturas mayores de 18°C y una precipitación superior a 1,500 mm anuales (INEGI, 2002).

### 2.6.2 Selvas

Las selvas o bosques tropicales son formas de vida propias de tierra caliente, que dependiendo de la cantidad de lluvia y su distribución, adquieren diferentes formas y alturas. Las selvas se clasifican de acuerdo a su altura y a la persistencia o caducidad de la hoja durante la época más seca del año. Según su altura las selvas se clasifican en: 1) **Selva baja:** 4 a 15 m; 2) **Selva mediana:** 15 a 30 m; 3) **Selva alta:** mayor de 30 m (INEGI, 2009).

Según la caducidad de sus hojas las selvas se clasifican en: 1) **Caducifolia:** más del 75 % de las especies tiran las hojas en la época seca del año; 2) **Subcaducifolia:** entre el 50 y el 75 % de las especies tiran la hoja en la época crítica; 3) **Subperennifolia:** entre el 25 y el 50 % de las especies lo hacen; 4) **Perennifolia:** más del 75 % de las especies conservan la hoja todo el año (INEGI, 2009).

#### *Selva alta perennifolia*

Sus árboles dominantes sobrepasan los 30 m de altura y durante todo el año conservan la hoja. Son ecosistemas de alta biodiversidad y se considera que se presenta en las zonas más húmedas del clima A de Köppen y Cw para las porciones más frescas, que tienen precipitaciones anuales promedio superiores a 2,000 mm (hasta 4,000 mm), temperatura media anual mayor de 20 grados centígrados. Habita altitudes de 0 a 1,500 m y se desarrolla mejor sobre terrenos planos o ligeramente ondulados. Los materiales geológicos de los que se derivan los suelos son principalmente de origen ígneo (cenizas o más raramente basalto) o bien de origen sedimentario calizo (margas y lutitas). Desarrolla mejor sobre suelos aluviales profundos y bien drenados (INEGI, 2009).

Son especies importantes de este tipo de vegetación las siguientes: *Terminalia amazonia* (kanxa'an, sombrerete); *Vochysia hondurensis* (palo de agua), *Andira galeottiana* (macayo), *Sweetia panamensis* (chakte'), *Cedrela odorata* (cedro rojo), *Swieteniamacrophylla* (punab, caoba); *Gualtteria anomala* (zopo), *Pterocarpus hayesii* (chabekte'), *Brosimum alicastrum* (ramón); *Ficus* sp. (matapalo), bari, guayabo volador, zapote de agua, *Dialium guianense* (guapaque). También hay epífitas herbáceas

bromeliáceas como *Aechmea* y orquídeas, líquenes incrustados en los troncos de árboles y epífitas leñosas como *Ficus* spp. (laurel) (INEGI, 2007; 2009).

### ***Selva alta subperenifolia***

Este tipo de vegetación se localiza en regiones climáticas cálidas húmedas, con precipitaciones de 1,100 a 1,300 mm anuales, con una época de sequía bien marcada que puede durar de tres a cuatro o incluso cinco meses. Las temperaturas son muy semejantes a las de la Selva Alta Perennifolia, aunque llegan a presentar oscilaciones de 6 a 8° C, entre el mes más frío y el más cálido; se localiza en un rango altitudinal que va de los 200 y 900 msnm (INEGI, 2009).

Entre las especies de mayor dominancia se encuentran *Dendropanoz arboreus* (Palo santo), *Bursera simaruba* (Chaca), *Zuelania guidona* (Volantín), *Guazuma ulmifolia* (Aguiche-Guácima), *Cedrela odorata* (Cedro) (INEGI, 2007).

### ***Selva baja caducifolia***

#### ***Selva mediana subcaducifolia***

Este tipo de vegetación se desarrolla en regiones cálidas subhúmedas con lluvias en verano, la precipitación anual oscila entre 1,000 y 1,229 mm y una temperatura media anual que va de los 25.9 a los 26.6° C, con una temporada seca muy bien definida y prolongada. Los climas en los que prospera son los Am más secos y preferentemente los Aw (INEGI, 2009).

Este tipo de selva presenta en las zonas de su máximo desarrollo árboles cuya altura máxima oscila entre 25 y 30 m. Tanto la densidad de los árboles como la de la cobertura es mucho menor que la de las selvas altas perennifolias y subperennifolias; sin embargo, a mitad de la temporada de lluvias, en la época de mayor desarrollo de follaje, la cobertura puede ser lo suficientemente densa para disminuir fuertemente la incidencia de la luz solar en el suelo (INEGI, 2009).

Dentro de las especies que se localizan en este tipo de vegetación destacan las siguientes: *Hymenaea courbaril* (guapinol, capomo), *Hura polyandra* (jabillo, habillo), *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo, ojoche), *Lysiloma bahamensis*, *Enterolobium cyclocarpum* (pich, parota, orejón), *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato), *Agave* sp. (ki'), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Ficus* spp. (amate), *Aphananthe monoica*, *Astronium graveolens*, *Bernoullia flammaea*, *Sideroxylon cartilagineum*, *Bursera arborea*,

*Calophyllum brasiliense*, *Cordia alliodora*, *C. elaeagnoides*, *Tabebuia donnellsmithii*, *Dendropanax arboreus*, *Ficus cotinifolia*, *F. involuta*, *F. mexicana*, *Luehea candida*, *Lysiloma divaricatum*, *Sideroxylon capiri*, *Attalea cohune*, *Swietenia humilis* y *Tabebuia impetiginosa* entre algunas.

### ***Selva mediana subperenifolia***

Se desarrolla en climas cálido- húmedos y subhúmedos, Aw para las porciones más secas, Am para las más húmedas y Cw en menor proporción. Con temperaturas típicas entre 20 y 28 grados centígrados. La precipitación total anual es del orden de 1,000 a 1,600 mm. Se ubica entre los 0 a 1,300 metros sobre el nivel medio del mar. El material geológico que sustenta a esta comunidad vegetal son predominantemente rocas cársticas. Los árboles de esta comunidad presentan alturas que van de los 25 a los 35 m, su diámetro a la altura del pecho es menor que los de la selva alta perennifolia aun cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad. En este tipo de selva, se distinguen tres estratos arbóreos, de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 a 35 m. Formando parte de los estratos (especialmente del bajo y del medio) se encuentran las palmas, al igual que los de la selva alta perennifolia, presentan contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas (INEGI, 2009).

Entre las especies de mayor dominancia se encuentran *Dendropanoz arboreus* (Palo santo), *Bursera simaruba* (Chaca), *Zuelania guidona* (Volantín), *Guazuma ulmifolia* (Aguiche-Guácima), *Cedrela odorata* (Cedro) (INEGI, 2007).

### ***Selva baja espinosa***

Se desarrolla en climas similares a los de la Selva Baja Caducifolia o ligeramente más secos, pero en climas más húmedos que los matorrales xerófilos, en climas con marcadas características de aridez, con precipitaciones comunes del orden de 900 mm o ligeramente menores, aunque el rango va de 350 a 1 20 y temperaturas medias anuales entre 20 y 27° C. Los climas en los que se presenta son Aw muy secos, Awg, B (Bsh, Bw) (García, 1973) y también Cw. Su distribución va desde 0 a 2,200 m. Se puede desarrollar sobre terrenos planos o ligeramente ondulados. El material geológico que da soporte a esta selva pueden ser calizas, margas o lutitas y material metamórfico. Los suelos en donde por lo regular crece, son más o menos arcillosos, con abundante materia orgánica. Es una comunidad de porte bajo, dominada por árboles espinosos, algunos de ellos perennifolios. La mayoría de

las especies de esta selva están desnudas durante periodos prolongados en la temporada seca; sólo *Ebanopsis ebano*, una de las especies dominantes, queda sin hojas durante un lapso muy corto. Estas selvas miden de 8 a 10 m de alto y sólo eventualmente llegan a alcanzar 12 m de altura. Muchas de las especies más abundantes son leguminosas con ramas espinosas. Aparte del estrato arbóreo, se encuentra un estrato arbustivo de 2 a 4 m de alto, bien desarrollado, pero falta casi completamente el estrato herbáceo (INEGI, 2009).

Algunas de sus especies importante son: *Caesalpinia gaumeri* (kitinche'), *Haematoxylon campechianum* (tinto), *Acacia cornigera* (subín), *Nopalea gaumeri* (pakam), *Opuntia* sp. (tsakam), *Stenocereus* sp., *Crescentia cujete* (jícara), *Randia* spp. (cruceto), *Phyllostylon brasiliense* (cerón), *Cercidium* spp. (palo verde), *Pithecellobium flexicaule* (éban), *Haematoxylon brasiletto* (Brasil, palo de Brasil), *Caesalpinia* spp. (cascalote, iguanero, éban), *Pithecellobium dulce* (chukum, guamúchil), *Ziziphus* sp. (amole, limoncillo), *Prosopis* spp., mezquite) (INEGI, 2009).

### **2.6.3 Matorral**

Los matorrales están constituidos por vegetación arbustiva que generalmente presenta ramificaciones desde la base del tallo, cerca de la superficie del suelo y con altura variable, pero casi siempre inferior a 4 m (INEGI, 2009). Son comunidades vegetales por lo general arbustivas, aunque las hay también arbóreas, e incluyen elementos tanto caducifolios como subcaducifolios, inermes, subinermes o espinosos, cuya predominancia relativa varía de una comunidad a otra. Estas comunidades se desarrollan típicamente desde el nivel del mar hasta los tres mil metros de altitud. Estas comunidades son generalmente de baja o muy baja altura (con excepción de las variantes arboladas, que pueden alcanzar los 10-15 m), aunque pueden presentarse individuos de ciertas especies (*Prosopis*, *Yucca*, *Fouquieria*, *Carnegia*, etc.), cuya altura rebasa por mucho a la de la comunidad en general (INEGI).

En la región Huasteca existen en pequeñas áreas y se presentan en sus tipos: crasicaule, espinoso tamaulipeco, submontano y mezquital.

#### ***Matorral crasicaule***

Crece en altitudes desde 1,000 hasta 2,200 m, bajo la influencia de clima seco templado y seco semicálido, con temperatura media anual de 17° a 19° C y precipitación anual inferior a 600 mm. (INEGI, 2002). La característica principal de este tipo de matorral es la

dominancia de grandes cactácea de los géneros *Opuntia* y *Myrtillocactus*. Se distribuye a partir de las partes altas de sierras y lomeríos de pie de monte, a las porciones más bajas; llegan en ocasiones a cubrir áreas de llanuras. Las especies dominantes son: *Myrtillocactus geometrizans* (Garambullo), *Opuntia streptacantha* (Nopal cardón), *Opuntia Leucotricha* (Nopal duraznillo), *Prosopis laevigata* (Mezquite), *Opuntia robusta* (Nopal tapón), *Opuntia imbricata* (Cardenche), *Flourensia cernua* (Hojasen), *Acacia farnesiana* (Huizache), *Mimosa biuncifera* (Uña de gato) y *Agave sp.* (Maguey) (INEGI, 2007).

#### ***Matorral espinoso tamaulipeco***

Esta comunidad arbustiva está constituida por la dominancia de especies espinosas, caducifolias una gran parte del año o áfilas (sin hojas). Se desarrolla en amplias zonas de Selva Baja Espinosa. Las principales especies son: *Acacia* spp. (Gavia, Huizache), *Cercidium* spp. (Palo verde), *Leucophyllum* spp. (Cenizo), *Prosopis* spp. (Mezquite), *Castela tortuosa* (Amargoso), *Condalia* spp. (Abrojos), etcétera (INEGI, 2009).

Este matorral espinoso está constituido por especies arbustivas de 1.5 a 2 m de altura, muchos de los cuales forman parte del estrato arbustivo de otros matorrales o mezquiales aledaños (INEGI, 2009).

#### ***Matorral Submontano***

Esta comunidad arbustiva, a veces muy densa, está formada por especies inermes o a veces espinosas, caducifolias por un breve período del año, se desarrolla entre los matorrales áridos y los bosques de Encino y la Selva Baja Caducifolia a altitudes de 1500 a 1700 msnm (INEGI, 2009).

Es una comunidad vegetal conformada por arbustos altos; los elementos que más comúnmente encontramos son: *Celtis pallida* (Granjeno), *Cordia boissieri* (Trompillo), *Helietta parvifolia* (Barrieta o palo blanco), *Stenocereus sp.* (Pitayo), *Neopringlea integrifolia* (Corva gallina), *Gochnatia hypoleuca* (Ocotillo), *Flourensia laurifolia* (Hoja ancha) y *Pithecellbium brevifolium* (Tenaza) (INEGI, 2007).

#### ***Mezquital***

Comunidad vegetal dominada principalmente por mezquites (*Prosopis* spp.). Son árboles espinosos de 5 a 10 m de altura en condiciones de humedad, pero en condiciones de aridez se desarrolla como arbusto. Se desarrolla frecuentemente en terrenos de suelos profundos y

en aluviones cercanos a escorrentías y su desarrollo se asocia a la presencia de un manto freático profundo. Es común encontrar esta comunidad mezclada con otros elementos como huizache (*Acacia* spp.), palo fierro (*Olneya tesota*), palo verde (*Cercidium* spp.) y guamúchil (*Pithecellobium dulce*) (INEGI, 2009).

#### **2.6.4 Pastizales**

Bajo esta denominación quedan incluidas todas aquellas formas de vida predominadas por gramíneas, en la Región Huasteca existen dos tipos: pastizal halófilo e inducido.

##### ***Pastizal halófilo***

Comunidad de gramíneas que se desarrolla sobre suelos salinosódicos, por lo que su presencia es independiente del clima; es frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas y semiáridas; aunque también son frecuentes en algunas áreas próximas a las costas afectadas por el mar o por lagunas costeras (INEGI, 2009).

De los pastizales halófilos costeros más sobresalientes cabe mencionar los de *Distichlis spicata*, de *Sporobolus virginicus* y de *Monanthochloe littoralis*, que forman una carpeta baja, y los de *Spartina* y de *Uniola*, que miden cerca de un metro de alto (INEGI, 2009).

##### ***Pastizal inducido***

En este tipo de cubierta vegetal se realizan algunas labores de cultivo y manejo. Crece bajo la influencia de clima cálido subhúmedo, con temperatura media anual entre 22° y 26°C, con una precipitación total anual promedio, entre 800 y 2,000 mm, concentrada en su mayoría durante los meses de verano. Se localiza a este de la entidad, en las zonas aledañas de Ciudad Valles, Tamuín y Ébano. Estas gramíneas requieren de buen manejo y cuidado para su conservación; entre ellas se distinguen *Digitaria decumbens* (Pangola), *Panicum maximum* (Guinea) y *Cynodon plectostachyum* (Estrella de África). (INEGI, 2007).

#### **2.6.5 Vegetación hidrófila**

Este ecosistema vegetal agrupa a aquellos tipos de vegetación que están relacionados con el agua, la Serie III de la Información de Uso del Suelo y Vegetación, considera aquellos tipos de vegetación que se desarrollan en los humedales o en áreas inundables. Estos tipos de vegetación son altamente impactados por el hombre, de ahí su importancia para clasificarlos y conocerlos, se desecan tierras para abrirlas a la agricultura y a la ganadería, se construyen drenes y canales, así como instalaciones acuícolas que las afectan de una

manera permanente. Estos tipos de vegetación se desarrollan en todos los tipos de clima, y se desarrollan desde el nivel del mar hasta los 4,000 m de altitud.

### ***Manglar***

Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas, ocasionalmente arbustiva, cuya altura es de 3 a 5 m, pudiendo alcanzar hasta los 30 m. Una característica que presenta los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Se desarrolla en zonas de lagunas costeras y desembocaduras de ríos, así como en las partes bajas y fangosas de las costas, La composición florística que lo forman son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). Esta vegetación ha sido modificada, sobre todo en la Península de Yucatán debido al constante paso de huracanes (INEGI, 2009).

El uso principal desde el punto de vista forestal es la obtención de taninos para la curtiduría, la madera para la elaboración de carbón, aperos de labranza y embalses. Una característica importante que presenta la madera de mangle es la resistencia a la putrefacción. Pero quizá el uso más importante que presenta el manglar es el albergue de muchas especies de invertebrados como los moluscos y crustáceos, destacando el camarón y el ostión cuyo valor alimenticio y económico es alto. Sin embargo la tala de las zonas de manglar afecta su adecuado desarrollo y conservación (INEGI, 2009).

### ***Selva de galería***

Es la selva que se desarrolla en condiciones de mayor humedad a lo largo de arroyos y ríos. Son especies representativas de este tipo de vegetación: *Pachira aquatica* (zapote de agua, apompo), *Ficus* spp. (amate, matapalo).

### ***Tular***

Es una comunidad de plantas acuáticas, arraigadas en el fondo, constituida por monocotiledoneas de 80 cm hasta 2.5 m de alto, de hojas largas y angostas o bien carente de ellas. Su distribución es cosmopolita, se desarrollan en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, principalmente en la zona del altiplano. Este tipo de vegetación está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha* spp.), y tulillo (*Scirpus*

spp.), también es común encontrar los llamados carrizales de (*Phragmites communis*) y (*Arundo donax*).

Incluye los “seibadales” de *Cladium jamaicense* del sureste del país. En México es bien conocido por la utilización de los tallos de *Typha* y *Scirpus* en la confección artesanal de petates, cestos, juguetes y diversos utensilios. Los carrizales también son de gran importancia para la elaboración estructural de juegos pirotécnicos y muchos objetos artesanales. En muchos sitios se conservan como refugios de aves para la actividad cinegética.

### ***Vegetación halófila***

La constituyen comunidades vegetales arbustivas o herbáceas que se caracterizan por desarrollarse sobre suelos con alto contenido de sales, en partes bajas de cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, cerca de lagunas costeras, área de marismas, etc.

Esta comunidad se caracteriza por especies de baja altura y por la dominancia de pastos rizomatosos y tallos rígidos, además de una escasa cobertura de especies arbustivas. Se desarrolla en partes bajas de las cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, en donde los factores climáticos y geológicos dieron origen áreas salinas. Las especies más abundantes corresponden estrictamente a halófitas como chamizo (*Atriplex* spp.), romerito (*Suaeda* spp.), vidrillo (*Batis maritima*), hierba reuma (*Frankenia* spp.), alfombrilla (*Abronia maritima*) y lavanda (*Limonium* spp.). Otras especies capaces de soportar estas condiciones son verdolaga (*Sesuvium* spp.), zacate toboso (*Hilaria* spp.), zacate (*Eragrostis obtusiflora*), entre varias más.

Son comunes las asociaciones de *Atriplex* spp., *Suaeda* spp., *Batis maritima*, *Abronia maritima*, *Frankenia* spp., etcétera.

La Vegetación Halófila, característica de suelos con alto contenido de sales solubles puede asumir formas diversas, florística, fisonómica y ecológicamente diferentes, pues pueden dominar en ellas formas herbáceas, arbustivas y aun arbóreas. Tal hecho se debe, al menos en parte, a que los suelo salinos se presentan en condiciones climáticas variadas y además, a que también las características edáficas varían tanto en lo que concierne a la cantidad y tipos de sales, como a la reacción pH, textura, permeabilidad, cantidad de agua disponible, etcétera.

Las familias mejor representadas son Gramineae y Chenopodiaceae, mereciendo mención especial las Frankeniaceae, cuyos miembros llegan a ser muy importantes en el noroeste de México. La succulencia es una característica frecuente en las halófitas de familias diferentes, así como la reproducción vegetativa y la alta presión osmótica.

### **2.6.6 Otros tipos de vegetación**

#### ***Palmar natural***

Es una asociación de plantas monopódicas pertenecientes a la familia Arecaceae (Palmae). Los palmares pueden formar bosques aislados cuyas alturas varían desde 5 m hasta 30 m o menos. Se desarrollan en climas cálidos húmedos y sub-húmedos, generalmente sobre suelos profundos y con frecuencia anegados, con características de sabana. Se le puede encontrar formando parte de las selvas o como resultado de la perturbación por la actividad humana. Los palmares más importantes son los formados por guano (*Sabal mexicana*), corozo (*Scheelea liebmanni*), guacoyul (*Orbignya guacoyule*), tasiste (*Paurotis wrightii*), corozo (*Orbignya cohune*), palmita (*Brahea dulcis*), palma real (*Sabal pumos*), palma (*Erythea spp.*), entre otras.

Los palmares son utilizados en muchos casos como zonas ganaderas, donde se cultivan o se inducen los pastos. Los frutos y semillas de algunas especies son comestibles otras se explotan para la industria de grasas y jabones. Los troncos se emplean en la construcción de casas, pero el beneficio mayor lo obtienen de las hojas, las cuales sirven para el techado de viviendas, para el tejido de sombreros, bolsas, petates, juguetes y otros objetos artesanales.

#### ***Palmar inducido***

Se refiere a las plantaciones inducidas por el hombre generalmente con fines económicos.

#### ***Vegetación de dunas costeras***

Esta comunidad vegetal se establece a lo largo de las costas, se caracteriza por la presencia de plantas pequeñas y suculentas. Las especies que la forman juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando con ello que sean arrastradas por el viento y el oleaje. Algunas de la especies que se pueden encontrar son nopal (*Opuntia dillenii*), riñonina (*Ipomoea pescaprae*), alfombrilla (*Abronia maritima*), (*Croton sp.*), verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*), etcétera. También se pueden encontrar algunas leñosas y gramíneas como el uvero (*Coccoloba uvifera*), pepe (*Chrysobalanos icacos*), cruceto

(*Randia* sp.), espinillo blanco (*Acacia* sp. *haerocephala*), mezquite (*Prosopis juliflora*), zacate salado (*Distichlis spicata*), zacate (*Sporobolus* sp.) entre otros.

La actividad principal que se desarrolla en esta comunidad es el pastoreo de ganado bovino y caprino. En algunos casos se presenta la eliminación de la vegetación de dunas para incorporar terrenos a la agricultura. La importancia de esta comunidad radica en el pastoreo de ganado caprino y bovino principalmente.

### 2.6.7 Sin vegetación aparente

Se incluyen bajo este rubro los eriales, depósitos litorales, y bancos de ríos que se encuentran desprovistos de vegetación o que ésta no es aparente ya que su presencia o tamaño no permiten que se pueda cartografiar y se le puede considerar bajo alguno de los conceptos de vegetación antes señalados.

## 2.7 Tenencia de la tierra

La Región Huasteca está habitada por diferentes grupos sociales quienes poseen grandes extensiones de tierras que están clasificadas como propiedades privadas, comunidades, la pequeña propiedad y los ejidos (Tabla 9) (Figura 10).

**Tabla 9. Tipo de tenencia de la tierra en la región Huasteca.**

| <b>Tipo de tenencia</b> | <b>Ha</b> | <b>%</b> |
|-------------------------|-----------|----------|
| Propiedad privada       | 2,442,221 | 37.19    |
| Comunidad               | 174,825   | 2.66     |
| Pequeña propiedad       | 432,740   | 6.59     |
| Ejido                   | 2,121,170 | 32.30    |
| Otros                   | 1,396,629 | 21.27    |
| Total                   | 6,567,585 | 100      |

La tabla 8 indica que la propiedad privada es el tipo de tenencia más grande en la región Huasteca seguida de los ejidos, la pequeña propiedad y las comunidades agrarias. Alrededor de 1,396,629 hectáreas aún no cuentan con un estatus claro de tenencia (Figura 11).

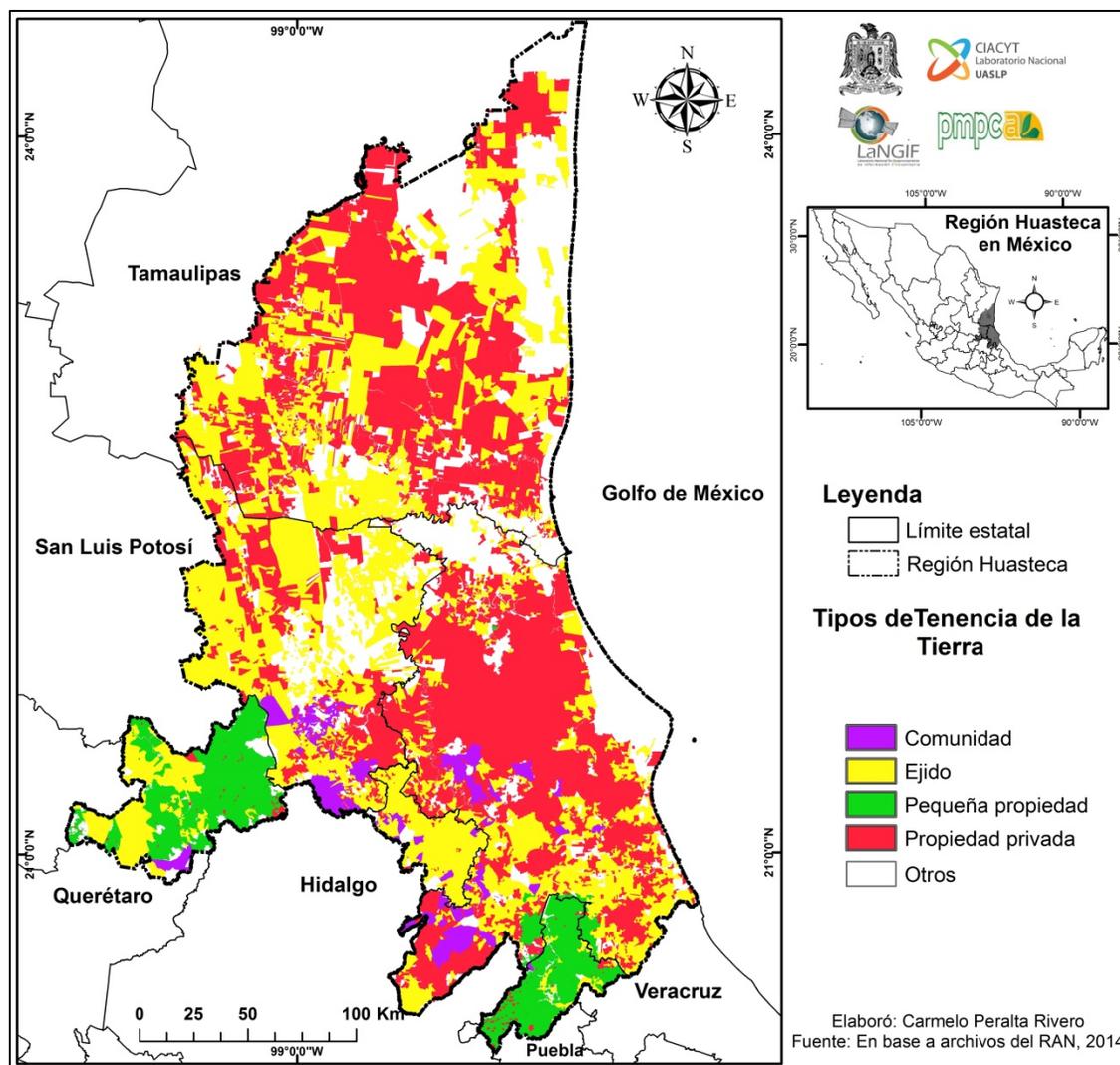
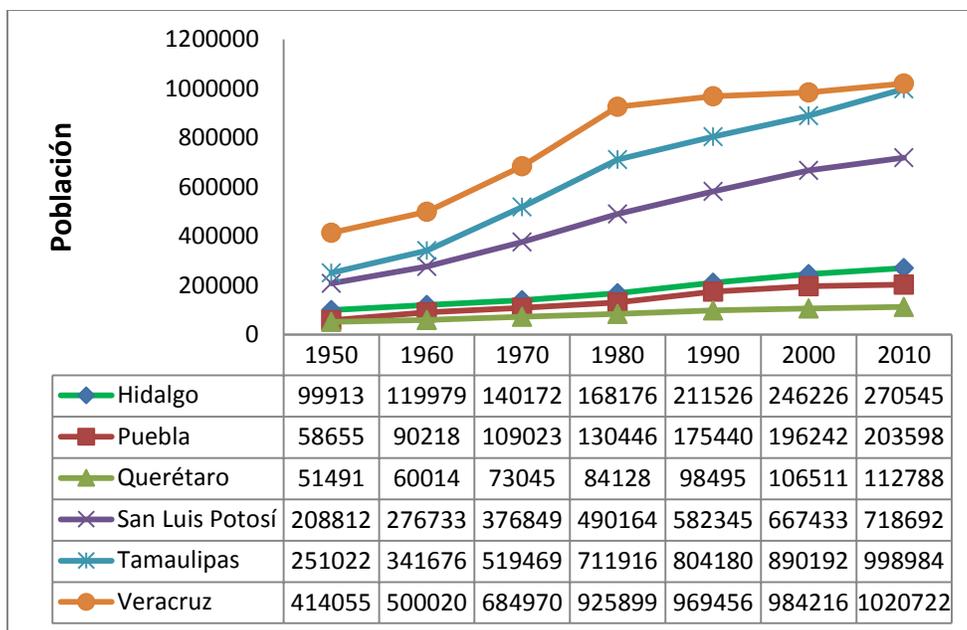


Figura 11. Localización de los tipos de tenencia de la tierra en la región Huasteca.

## 2.8 Aspectos demográficos, índices de marginación y otros

La Región Huasteca tiene una población total de aproximadamente 3,456,903 habitantes (CONABIO, 2012c) de los cuales los municipios de la Huasteca Veracruzana son los menos poblados con un rango menor a 20,000 habitantes. El municipio más poblado es Tampico de la Huasteca Tamaulipeca con aproximadamente 297,554 habitantes. Asimismo, la población se ha venido incrementando considerablemente desde el año 1950 en especial la Región Huasteca de Tamaulipas (Figura 12).



*Figura 12. Representación de la población de la Región Huasteca correspondiente a los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas, y Veracruz.*

La población de la Huasteca se encuentra conformada de forma general por mestizos e indígenas. Según el censo de población y vivienda del 2010, en esta región, los indígenas son aproximadamente 693,753 y están mayormente concentrados en la Huasteca Potosina y Veracruzana, aunque esta última tiene la mayor población de la región (Figura 13 y Figura 14). El municipio con mayor número de indígenas es Tantoyuca de Veracruz con un total de 46,400 habitantes. Asimismo, la Huasteca con mayor población urbana es la de Tamaulipas con 838,736 habitantes y en contraste, la Huasteca con mayor población rural es la de Veracruz (CONABIO, 2012b; 2012c).

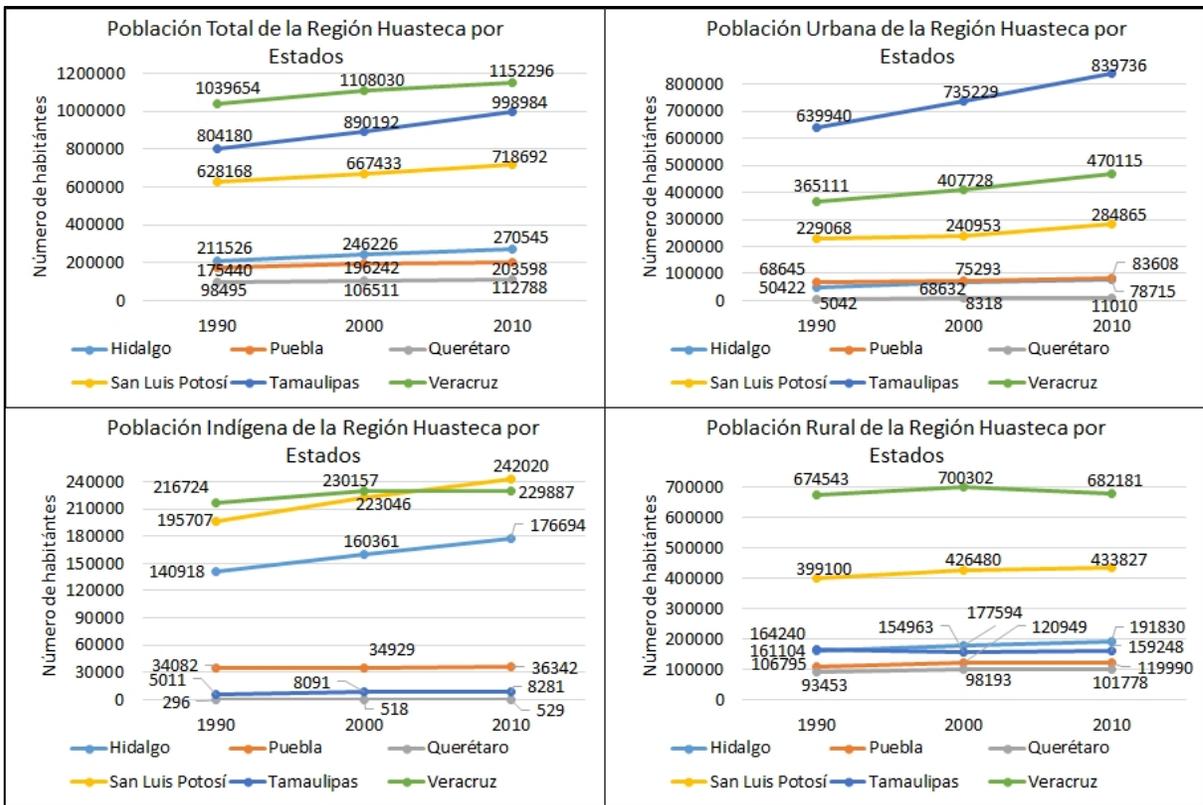


Figura 13. Características de la población en la Región Huasteca.

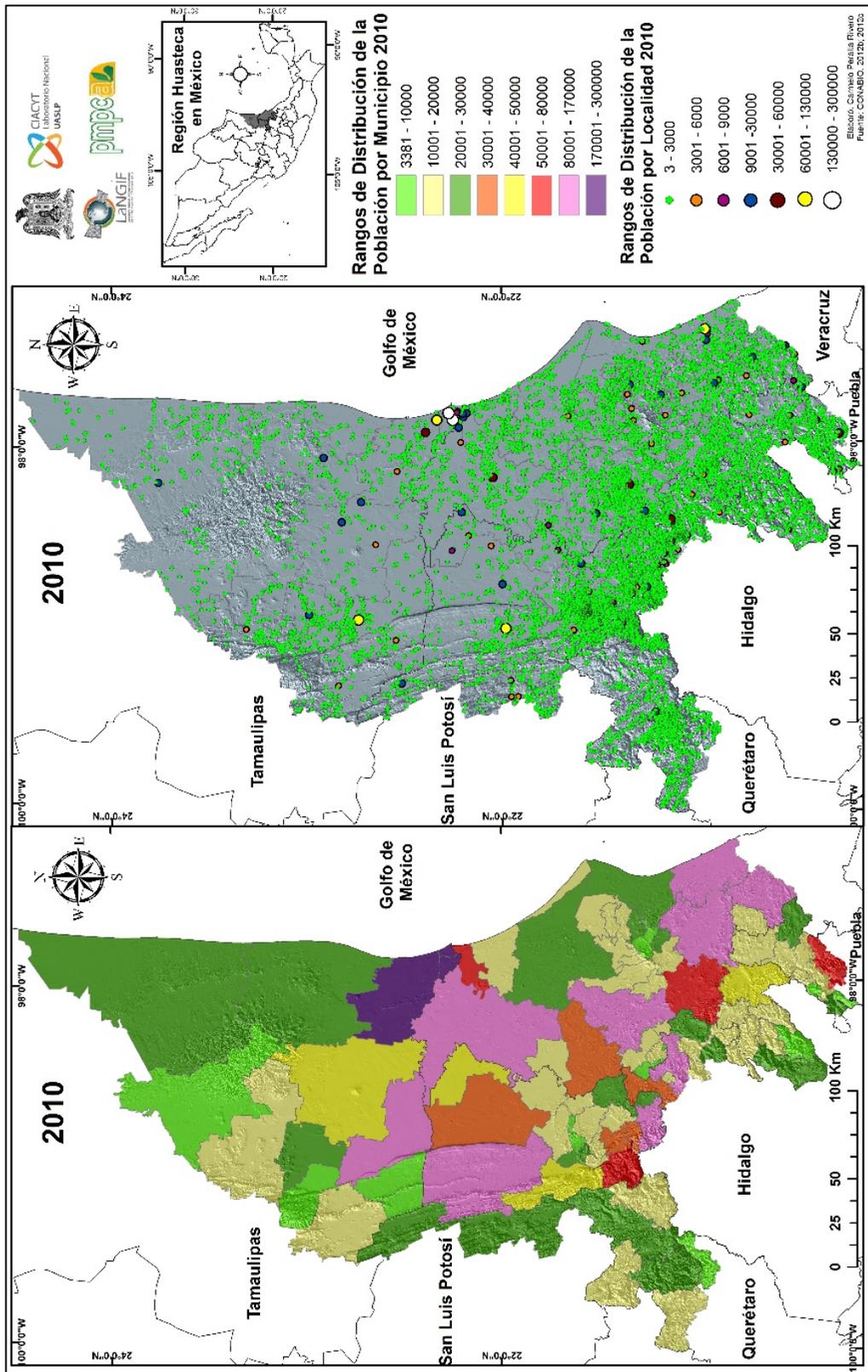


Figura 14. Rangos de distribución de la población en la Región Huasteca por municipio y localidad.

Por otro lado, el grado de marginación social municipal, es decir el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relaciones con la residencia en localidades pequeñas. Es un insumo para diagnosticar las desigualdades socio-económicas que existen en México y la Región Huasteca. El nivel muy alto y alto de marginación social corresponde a los municipios y localidades de la Región Huasteca Sur de San Luis Potosí, y las Huastecas Queretana, Hidalguense, Poblana y el Sur de la Huasteca Veracruzana (Figura 15). Este es un problema estructural de la sociedad que pone en situación de riesgo y vulnerabilidad a las comunidades y pobladores de la región, al no poder alcanzar un nivel determinado de vida (Sahagún-Sánchez, 2012).

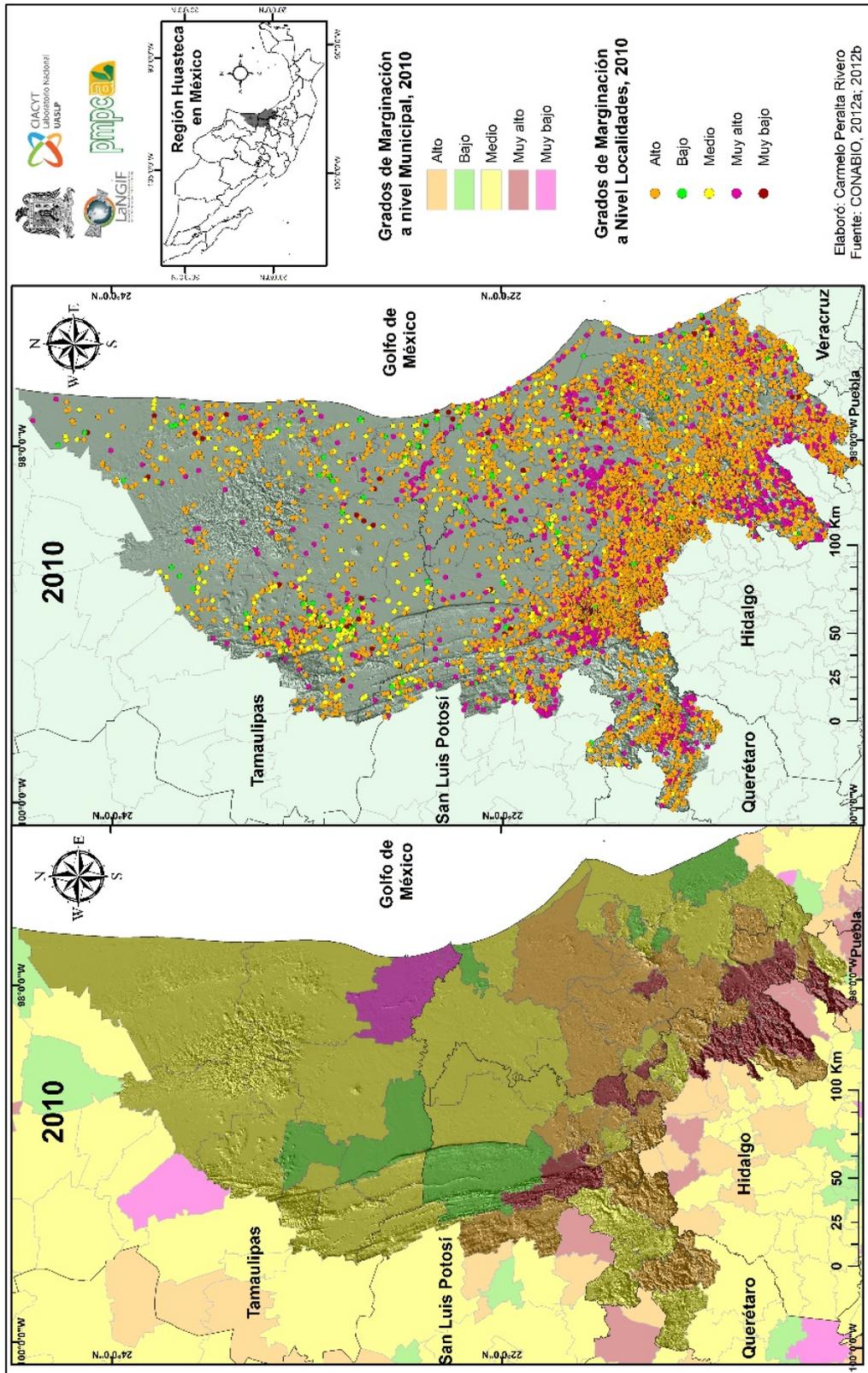


Figura 15. Representación de la marginación social de los municipios y localidades de la Región Huasteca.

En contraste, el índice de desarrollo humano (IDH), que es una medida de logros relativos respecto la longevidad, la educación y el nivel de vida, muestra que la mayoría de población de los municipios tiene un IDH alto y un IDH medio. Son pocos los municipios con un IDH muy alto, y bajo (Figura 16).

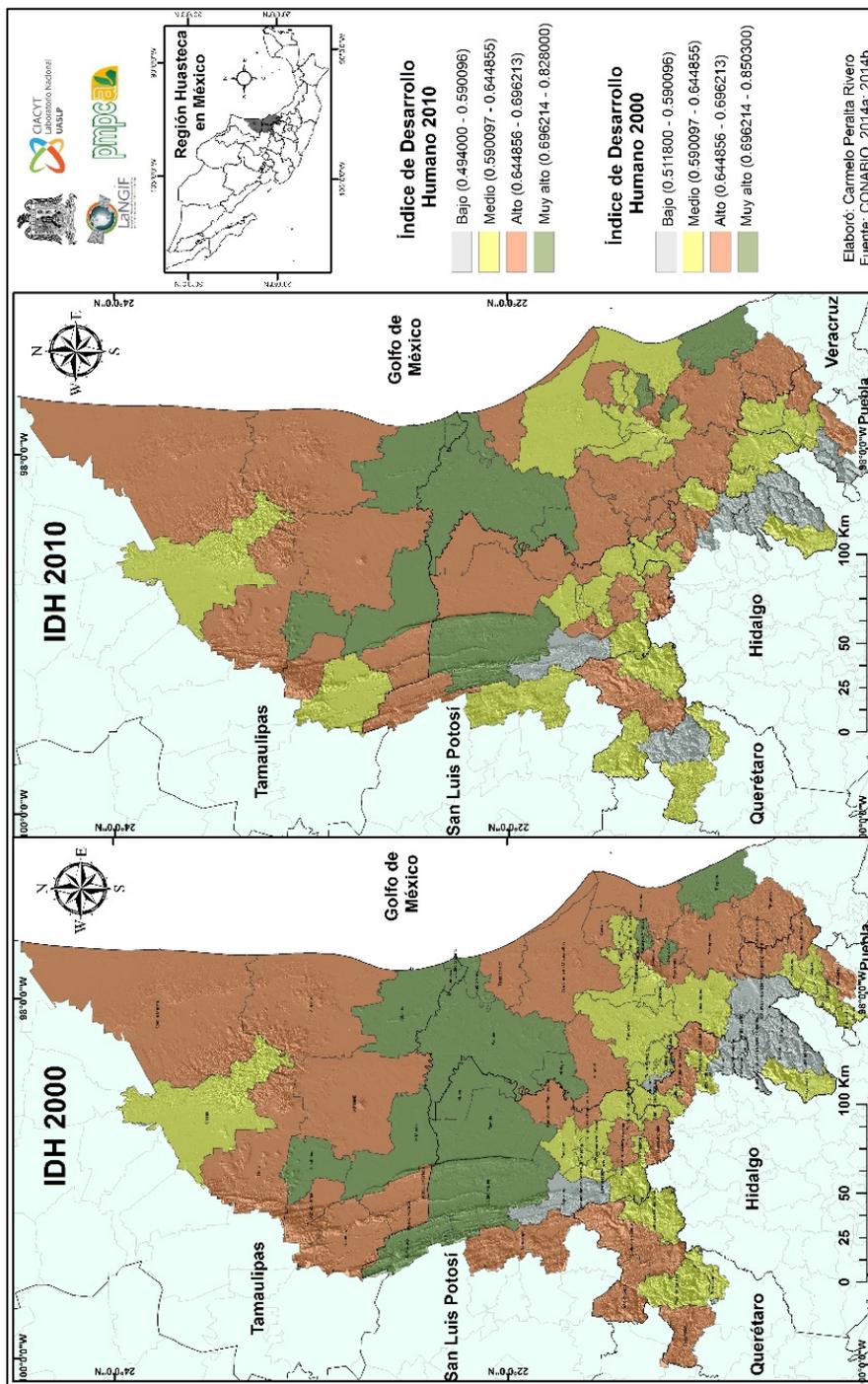


Figura 16. Índice de Desarrollo Humano de los municipios de la Región Huasteca.

Finalmente, se presenta en el área una red de caminos muy desarrollada y en constante crecimiento, con carreteras federales, estatales y la vía férrea que se clasifican como las principales vías de comunicación y que unen prácticamente todas las cabeceras municipales (Figura 17). Esta situación que ha permitido el desarrollo de actividades de explotación de distintos recursos y apertura de nuevas tierras para fines agropecuarios y por ende de la deforestación y otros cambios de uso de suelo.

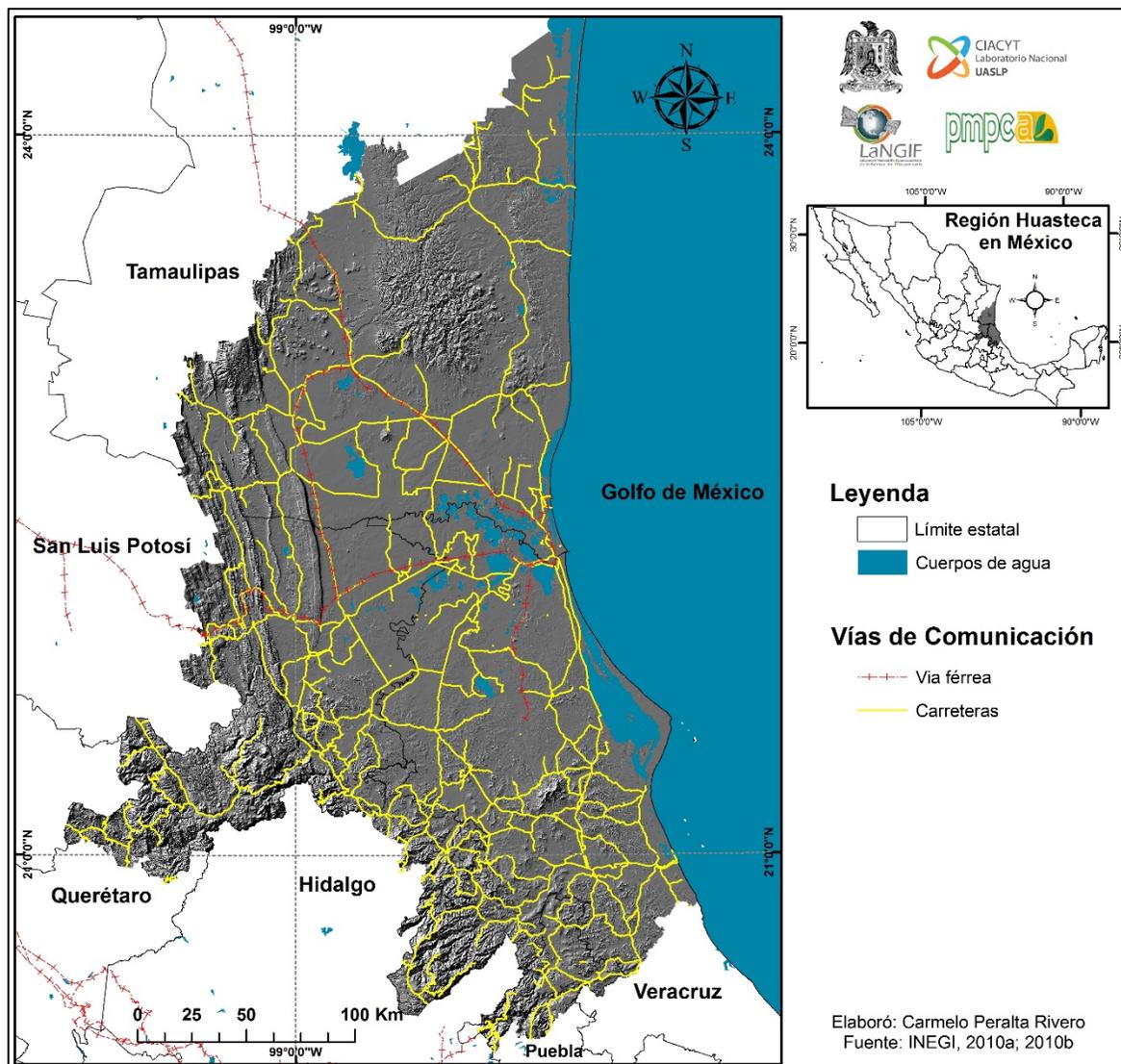


Figura 17. Principales vías de comunicación en la Región Huasteca.

## 2.9 Aspectos socio-económicos

La Región Huasteca es predominante ganadera, también posee un importante potencial agrícola como productora de caña de azúcar, café mangos y cítricos (Cabrera, 2002) lo cual ha llevado a cambios importantes en la cobertura y uso del suelo.

La Huasteca Veracruzana es aquella que mantiene la mayor población ocupada en toda la región con mas de 385 mil personas y la Huasteca Queretana es aquella que menos habitantes ocupados alberga (CONABIO, 2010a, 2010b, 2012d) (Figura 18). En la actividad industrial, la Huasteca Tamaulipeca es aquella que destaca entre las demás a poseer 78,148 habitantes trabajando en este rubro hasta e 2010 (CONABIO, 2012d). Asimismo, en la actividad comercialson mas de 158 mil habitantes trabajando en esta sector y principalmente se encuentra en la Huasteca Veracruzana y Tamulipeca. La población ocupada en el sectores de la agricultura, ganadería, casa y pesca (AGCP), la Huasteca Veracruzana y Potosina destacan en este rubro. Aunque se puede ver una disminución para el año 2010, esto se debe a que en el último censo general de población de México, no se considero la casa y pesca como población ocupada (Figura 18).

Po otro lado, seún el censo agropecuario de 2007, se puede notar que los municipios del centro de la región Huasteca y sobre todos los de la región de veracruz, son aquellos quienes mayor cantidad de ganado y superficie de área agricolas cuentan (Censo Agropecuario, 2007) (Figura 19).

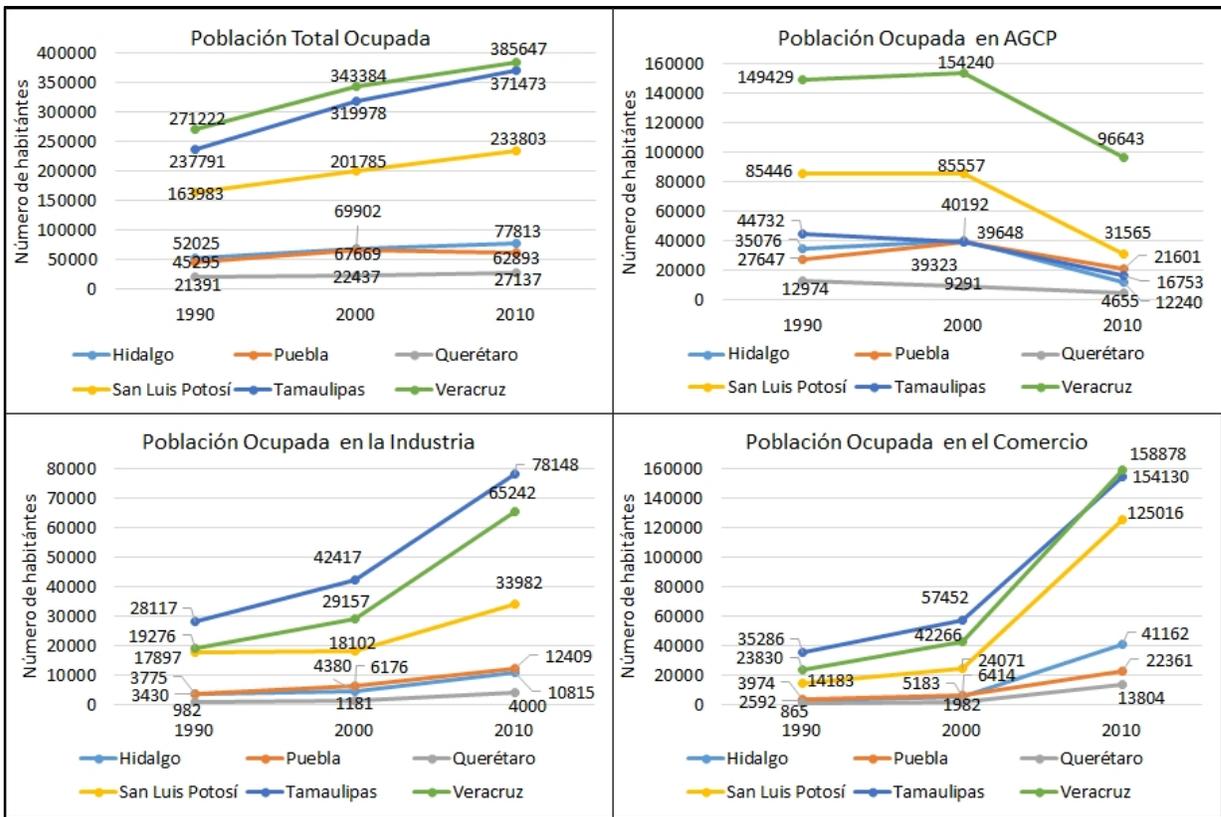


Figura 18. Población ocupada de la Región Huasteca en alguna actividad económica.

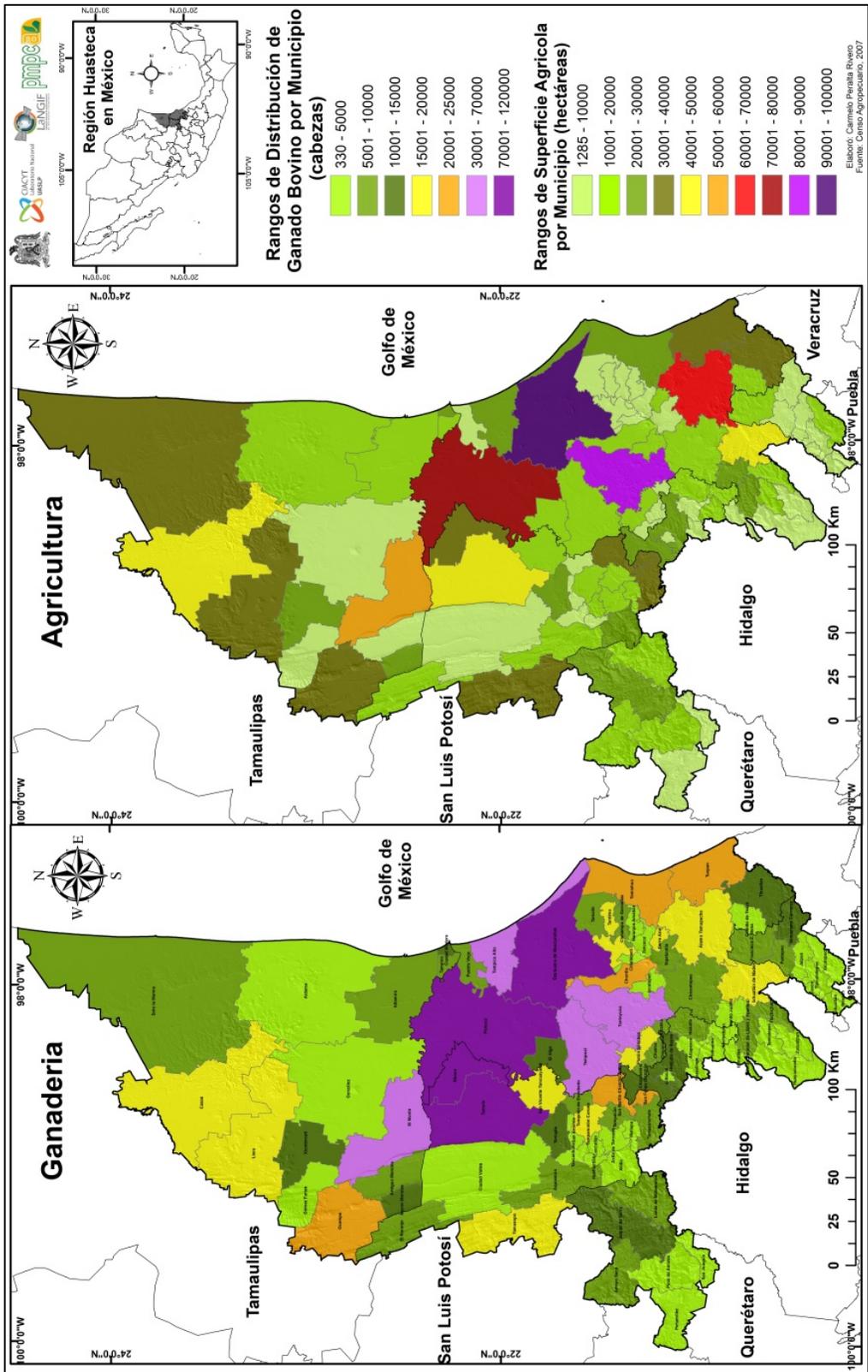


Figura 19. Distribución de la ganadería y superficie agrícola por municipio en la Región Huasteca.

## **2.10 Áreas de conservación**

El incremento de las actividades antrópicas ha generado patrones espaciales diferenciados de los usos actuales del suelo, que en términos generales, se reflejan en la reducción de las áreas con vegetación natural como los bosques templados y tropicales (López-Blanco, 2005). Asimismo, la actividad humana está modificando la configuración del paisaje natural y alterando el funcionamiento de sus ecosistemas (DeFries et al., 2004), y la tendencia de reemplazo de paisajes naturales por tierra agrícolas y zonas urbanas, repercute negativamente en la diversidad, coherencia, identidad y en los servicios ambientales que los sistemas naturales ofrecen (Antrop, 2005; Zepeda et al., 2012).

La evaluación del CCUS puede apoyar la planificación y el diseño de estrategias de gestión, conservación y restauración de una determinada zona afectada por procesos antrópicos (Zepeda et al., 2012b).

De esta manera, las áreas de conservación son muy importantes para el mantenimiento de las condiciones que propician la persistencia y evolución de un ecosistema forestal natural o inducido, sin degradación del mismo ni pérdida de sus funciones (LGDFS, 2003). Asimismo, los servicios ambientales que brindan estas áreas por medio del manejo sustentable de sus recursos son: la provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación, entre otros (LGDFS, 2003).

Tomando en cuenta estas consideraciones de la importancia de las áreas forestales de conservación, en esta investigación se pretende identificar áreas forestales de conservación dentro de la Región Huasteca, ya sea mediante la identificación y el diseño de las mismas, de manera que puedan proveer servicios ambientales con el desarrollo de futuros proyectos en este ámbito.

### **2.10.1 Áreas naturales protegidas en México y la Región Huasteca**

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) define las áreas naturales protegidas (ANPs) como un espacio geográfico claramente definido que es reconocido, dedicado y manejado, a través de medios legales u otros medios eficaces para

alcanzar la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y valores culturales asociados (Dudley, 2008).

En México, las ANPs son zonas de territorio nacional sobre las que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes naturales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que requieren ser preservadas y restauradas (LGEEPA, 2007). Estas pueden ser de carácter federal, las cuales se crean por decreto presidencial, o de carácter estatal (Vargas, 2010).

Las tres versiones de la LGEEPA establecían distintas categorías de ANPs y en la última, LGEEPA del 2007, se considera ANP: reservas de la biosfera, parques nacionales, monumentos naturales, áreas de protección de recursos naturales, áreas de protección de flora y fauna, santuarios, parques y reservas estatales, (así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales) y zonas de preservación ecológica de los centros de población (Tabla 10) (Vargas, 2010).

Estas Áreas Naturales Protegidas generan diversos servicios ambientales, como la protección de cuencas, captación de agua, protección contra erosión el mantenimiento de la biodiversidad y el control de sedimentos. Asimismo, son utilizadas con fines de recreación, turismo, y para la investigación científica. Aunque existen dudas sobre la eficiencia de las ANP respecto a conservar la diversidad biológica, los análisis recientes de zonas protegidas en distintas partes del mundo muestran que la mayoría detienen, en cierto grado, el avance de la deforestación y disminuyen la presión sobre las poblaciones de flora y fauna silvestre (PNUMA, 2002).

*Tabla 10. Definición de las Áreas Naturales Protegidas en México.*

|                      |   |
|----------------------|---|
| Reserva de biosfera  | Son áreas representativas de uno o más ecosistemas no alterados por la acción del ser humano o que requieran ser preservados y restaurados, en las cuales habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. |
| Parques nacionales   | Áreas con uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o por otras razones análogas de interés general.                           |
| Monumentos naturales | Áreas con uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o por otras razones análogas de interés general.                           |

|   |   |
|---|---|
| Áreas de protección de recursos naturales | Son áreas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal.   |
| Áreas de protección de la flora y fauna   | Son áreas establecidas de conformidad con las disposiciones generales de la LGEEPA y otras leyes aplicables en lugares que contiene los hábitats de cuya preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de especies de flora y fauna silvestres.  |
| Santuarios                                | Áreas establecidas en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna o por la presencia de especies subespecies o hábitat de distribución restringida. Abarcan cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas. |

Fuente: CONANP, 2013.

En México existen alrededor de 116 ANP que abarcan más de 25 millones de hectáreas y representan el 12% del territorio nacional (Tabla 11) (CONANP, 2013). Para el caso de la Región Huasteca, en parte, se encuentran alrededor de 17 ANPs, y cinco sitios Ramsar (Tabla 12) (Figura 20).

**Tabla 11. Tipos de Áreas Naturales Protegidas en México.**

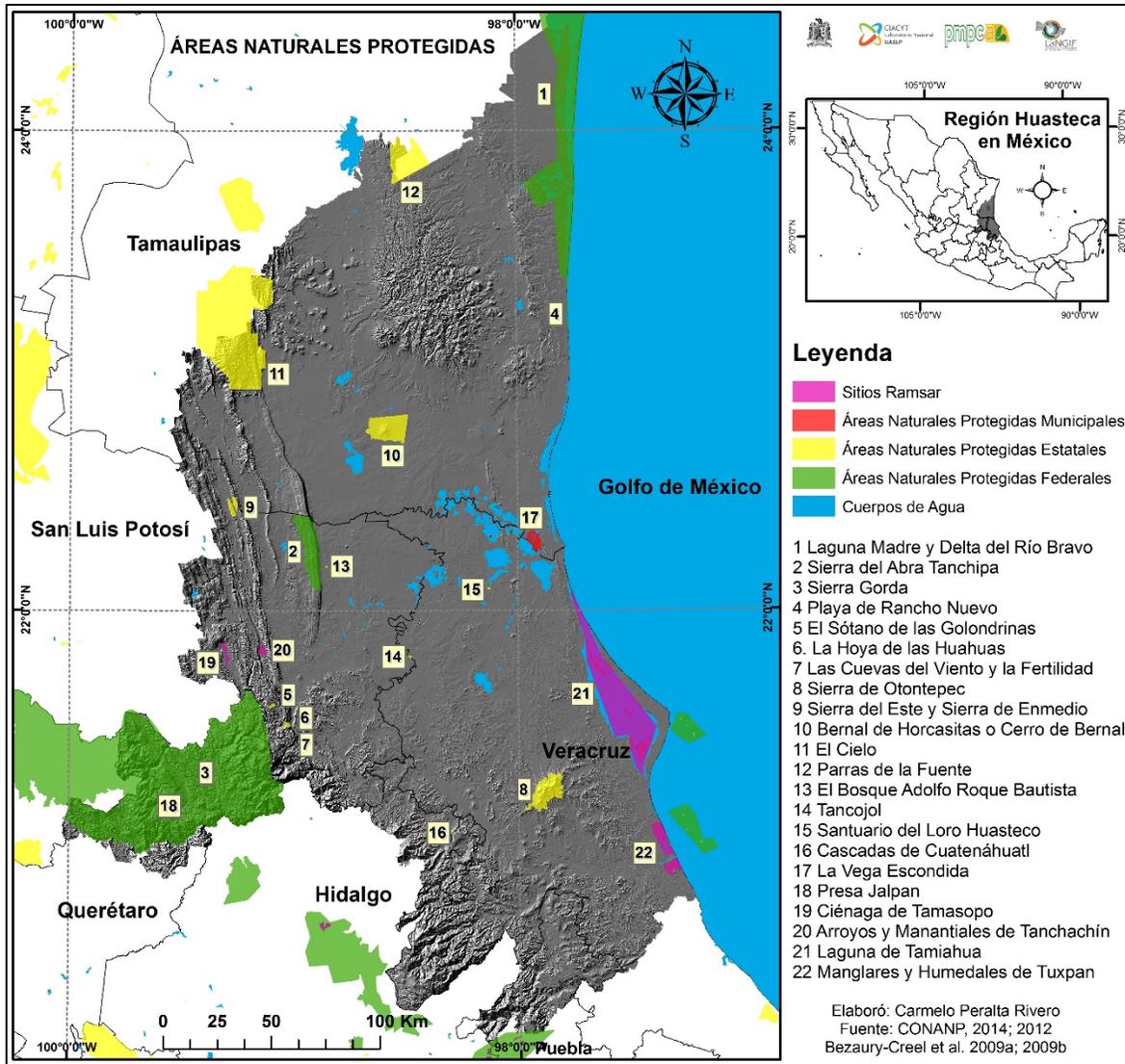
| Número de ANP | Categoría                                 | Superficie en hectáreas | Porcentaje de la superficie del territorio nacional |
|---------------|---|-------------------------|---|
| 41            | Reservas de la Biosfera                   | 12,652,787              | 6.44  |
| 67            | Parques Nacionales                        | 1,445,301               | 0.74  |
| 5             | Monumentos Naturales                      | 16,268                  | 0.01  |
| 8             | Áreas de Protección de Recursos Naturales | 4,440,078               | 2.26  |
| 37            | Áreas de Protección de Flora y Fauna      | 6,687,284               | 3.40  |
| 18            | Santuarios                                | 146,254                 | 0.07  |
| <b>176</b>    |   | <b>25,387,972</b>       | <b>12.92</b>  |

**Tabla 12. Áreas prioritarias para la conservación en la Región Huasteca.**

| ANP Federal                  | Categoría              | Estado   | Fecha de declaración | Km <sup>2</sup> |
|------------------------------|------------------------|--|----------------------|-----------------|
| Sierra del Abra Tanchipa     | Reserva de la Biosfera | San Luis Potosí y Tamaulipas                     | 06/06/1994           | 214.67          |
| Sierra Gorda                 | Reserva de la Biosfera | Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí e Hidalgo | 19/05/1997           | 3,779.50        |
| Laguna Madre y Delta del Río | Área de Protección     | Tamaulipas                                       | 14/04/2005           | 1,208.37        |

|  |   |                 |            |        |
|--|---|-----------------|------------|--------|
| Bravo                                  | de Flora y Fauna  |                 |            |        |
| <b>ANP Estatal</b>                     |   |                 |            |        |
| Sierra de Otontepec                    | Reserva Ecológica                                       | Veracruz        | 02/03/2005 | 145.57 |
| El Bosque Adolfo Roque Bautista        | Parque Estatal  | San Luis Potosí | 15/03/2001 | 0.31   |
| La Hoya de las Huahuas                 | Monumento Natural                                       | San Luis Potosí | 15/03/2001 | 4.06   |
| El Sótano de Las Golondrinas           | Monumento Natural                                       | San Luis Potosí | 15/03/2001 | 2.82   |
| Las Cuevas del Viento y la Fertilidad  | Sitio Sagrado Natural                                   | San Luis Potosí | 15/03/2001 | 0.08   |
| El Cielo                               | Área Ecológica Protegida Reserva de la Biosfera         | Tamaulipas      | 13/07/1985 | 610.08 |
| Santuario del Loro Huasteco            | Zona Sujeta Conservación Ecológica y de Valor Escenico  | Veracruz        | 17/11/1999 | 0.69   |
| Parras de la Fuente                    | Área Protegida Ecológica                                | Tamaulipas      | 30/08/1997 | 75.37  |
| Bernal de Horcasitas o Cerro de Bernal | Monumento Natural                                       | Tamaulipas      | 30/08/1997 | 181.99 |
| Cascadas de Cuatenáhuatl               | Zona Preservación Ecológica de los Centros de Población | Hidalgo         | 06/12/2004 | 0.18   |
| Sierra del Este y Sierra de Enmedio    | Reserva Estatal   | San Luis Potosí | 16/05/2006 | 17.94  |
| Tancojol                               | Reserva Estatal   | San Luis Potosí | 04/04/2008 | 0.96   |
| <b>ANP Municipal</b>                   |   |                 |            |        |
| La Vega Escondida                      | Zona especial sujeta a Conservación ecológica           | Tamaulipas      | 12/11/2003 | 37.35  |
| <b>Sitios Ramsar</b>                   |   |                 |            |        |
| Playa Tortuguera Rancho Nuevo          | Ramsar  | Tamaulipas      | 27/11/2003 | 0.24   |
| Laguna de Tamiahua                     | Ramsar  | Veracruz        | 27/11/2005 | 768.04 |
| Ciénaga de Tamasopo                    | Ramsar  | San Luis Potosi | 02/02/2008 | 13.64  |
| Arroyos y manantiales de Tanchachín    | Ramsar  | San Luis Potosi | 02/02/2008 | 11.75  |
| Presa Jalpan                           | Ramsar  | Querétaro       | 02/02/2004 | 0.69   |

Fuente: Elaboración propia en base a CONANP, 2012a; 2012b; Bezaury-Creel et al. 2009a, 2009b.



*Figura 20. Representación de las Áreas Naturales Protegidas dentro de la Región Huasteca.*

### 2.11 Restauración de la vegetación

La restauración forestal es el conjunto de actividades tendentes a la rehabilitación de un ecosistema forestal degradado, para recuperar parcial o totalmente las funciones originales del mismo y mantener las condiciones que propicien su persistencia y evolución (LGDFS, 2003).

Según la Ley General de Desarrollo Forestal Sostenible, la reforestación que se realice con propósitos de conservación y restauración, las actividades de forestación y las prácticas de agrosilvicultura en terrenos degradados de vocación forestal no requerirán de autorización y

solamente estarán sujetas a las normas oficiales mexicanas, en lo referente a no causar un impacto negativo sobre la biodiversidad (LGDFS, 2003).

Asimismo, las acciones de reforestación que se lleven a cabo en los terrenos forestales sujetos al aprovechamiento deberán incluirse en el programa de manejo forestal correspondiente. El prestador de servicios técnicos forestales que, en su caso, funja como encargado técnico será responsable solidario junto con el titular, de la ejecución del programa en este aspecto (LGDFS, 2003).

Los tres órdenes de gobierno, es decir, el federal, estatal y municipal impulsarán la reforestación con especies forestales autóctonas o nativas. La norma oficial mexicana definirá las especies de vegetación forestal exótica, que por sus características biológicas afecten los procesos o patrones de distribución de la vegetación forestal nativa en terrenos forestales y preferentemente forestales, cuya autorización esté prohibida (LGDFS, 2003).

Para actividades de restauración se consideran prioritarias las zonas incendiadas, especialmente las que hayan sufrido incendios reiterados. En los programas de reforestación que promueva y apoye la Comisión se dará énfasis a la demanda y necesidades de campesinos y sociedad; a precisar en cada tipo de reforestación de acuerdo con sus objetivos, especies a plantar y a reproducir en los viveros, metas a lograr especialmente en términos de calidad de la planta y mayor supervivencia en el terreno; así como a establecer un sistema de incentivos para la reforestación y su mantenimiento durante los primeros años sobre bases de evaluación de resultados (LGDFS, 2003).

### **2.11.1 Áreas de restauración en México y la Región Huasteca**

Además de las áreas prioritarias que establece la Ley General de Desarrollo Forestal Sostenible, existen cientos de hectáreas en la Región Huasteca que han sufrido cambios de cobertura y uso de suelo que vendrían a representar una oportunidad para el pago de servicios ambientales ya sea mediante la forestación o reforestación.

Para el caso de la Región Huasteca de México, la Comisión Forestal Nacional (CONAFOR) mediante el Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) ha priorizado áreas para restauración forestal para el año 2014 en la Huasteca Veracruzana y Poblana. Asimismo, ha elegido áreas de conservación para servicios ambientales en todas las Huastecas pero en diferentes proporciones (Figura 21).

En el caso de la restauración focalizada y complementaria, las Huastecas que mayor atención recibe son la Veracruzana, Poblana e Hidalguense (Figura 22). Por último, existe una superficie considerable de la Huasteca que está considerada bajo manejo forestal maderable y para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables (Figura 23).

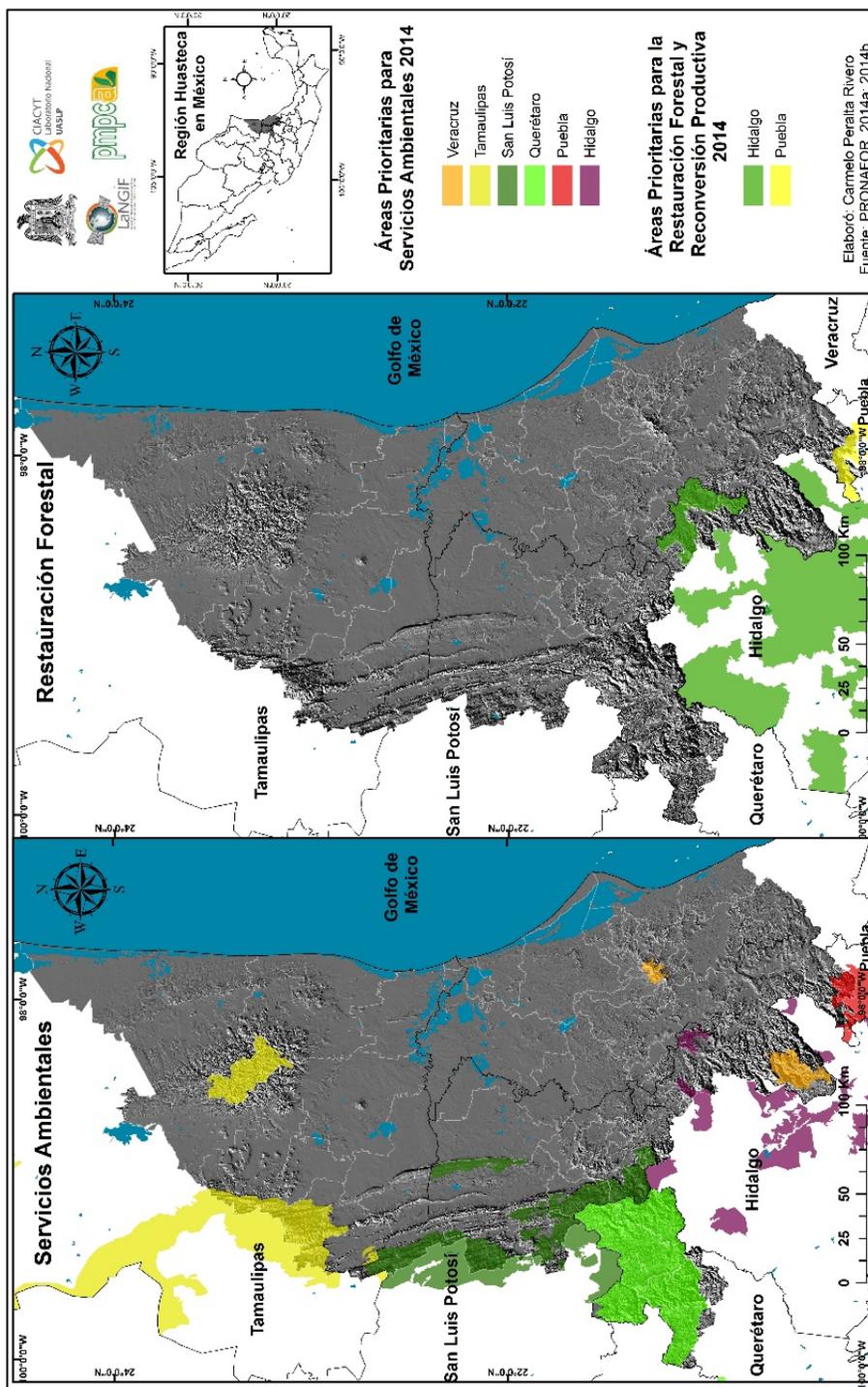


Figura 21. Áreas prioritarias de restauración en la Región Huasteca.

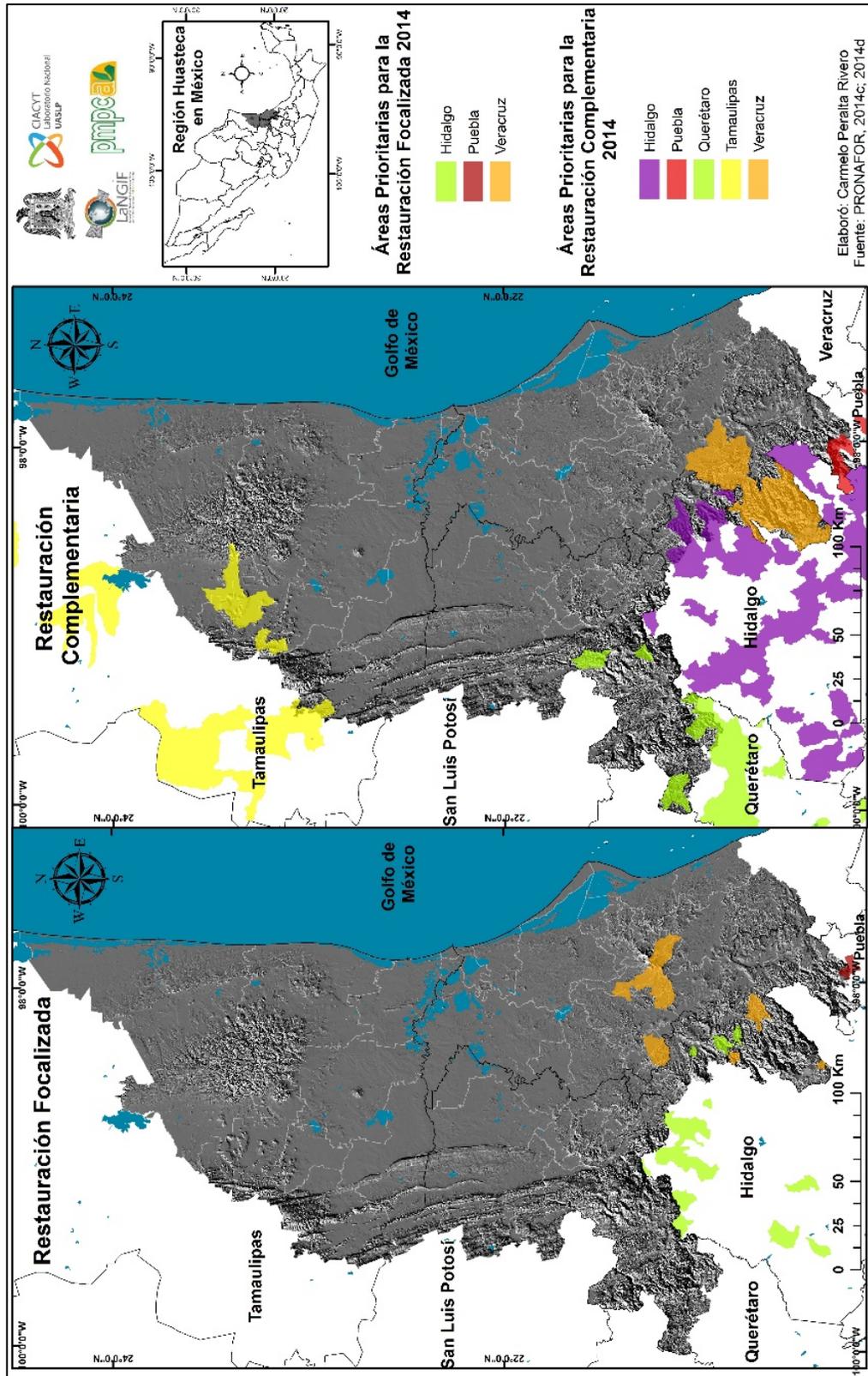


Figura 22. Áreas prioritarias de restauración focalizada y complementaria en la Región Huasteca.

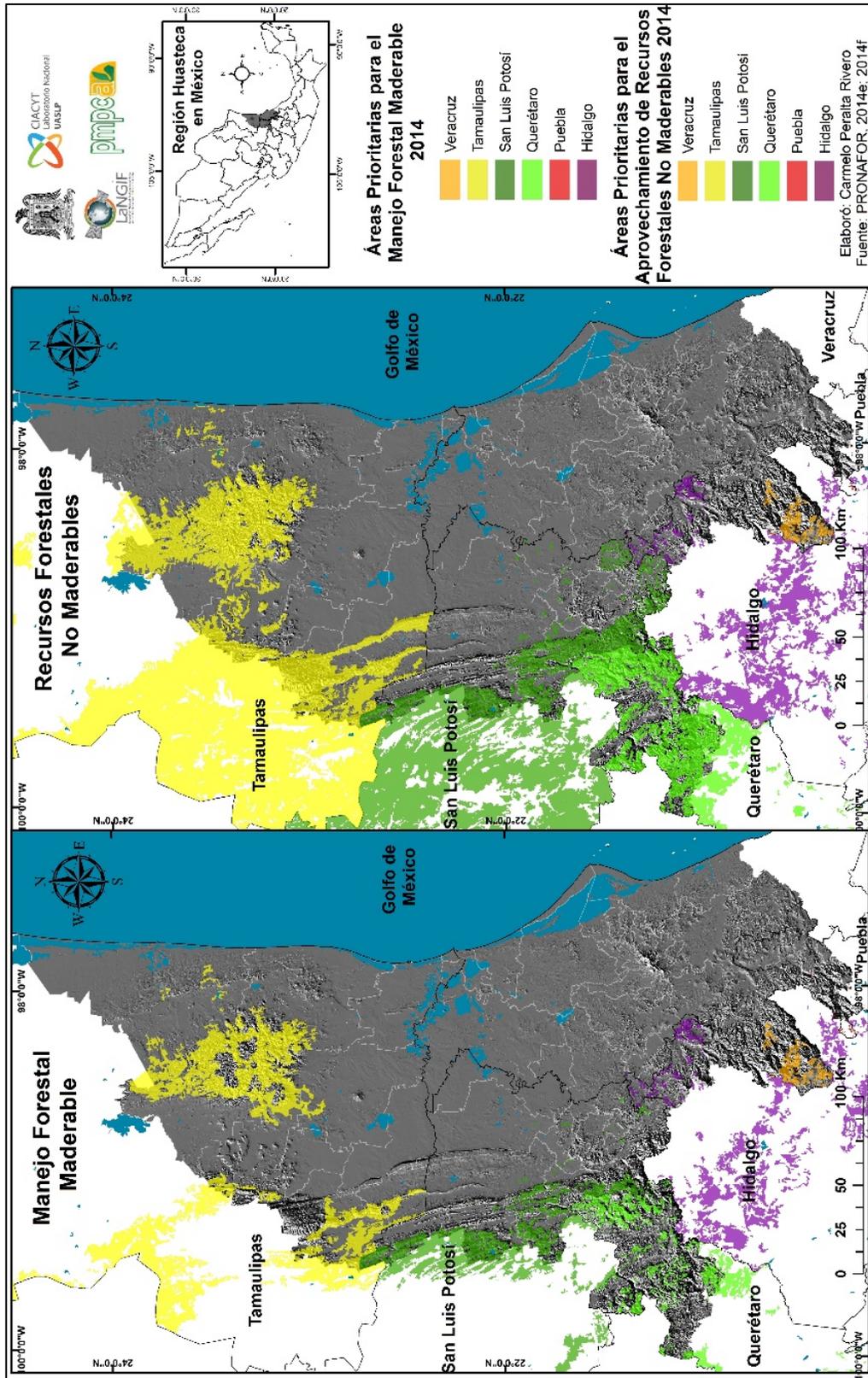


Figura 23. Áreas prioritarias para el manejo forestal maderable y el aprovechamiento de recursos forestales no maderables en la Región Huasteca.

## **2.12 Servicios ambientales de la vegetación**

Entre los servicios generados por la vegetación arbórea se distinguen a los servicios ambientales locales y no locales. Los servicios *locales* son bienes aprovechables directamente por el productor y su familia de su sistema productivo internalizado denominado sistema-familia, o porque son servicios de base que contribuyen a la productividad o a la resiliencia del sistema productivo como es el ciclaje de nutrientes (Marinidou, 2009). Los servicios ambientales *no locales* son los que están ofrecidos hacia afuera, que benefician a la sociedad a nivel regional, nacional o mundial, como la regulación climática por medio de secuestro del carbono, la conservación de la biodiversidad, y la regulación y protección del recurso hídrico (WB, 2002; CCAD-PNUD/GEF, 2002; Beer et al., 2003; Marinidou, 2009).

Para el presente estudio se revisan los servicios ambientales no locales que pueden desarrollarse en el área de estudio como por ejemplo aquellos que podrían generarse por plantaciones y por la conservación del bosque para generar ingresos económicos por la venta de bonos o créditos de carbono.

### **2.12.1 Regulación Climática**

Hay dos tipos de solución a este problema que pueden ser aplicadas al mismo tiempo; la primera es de *adaptación*: producir y vivir con menos emisiones y gasto energético (que no es objeto de este estudio), y la segunda de *mitigación*: contribuir a la captura y almacenamiento del carbono con el aumento o conservación de la cobertura arbórea (objeto del estudio) (Informe Brundtland, 1987; Agenda 21, 1992; FAO, 2002; WB, 2002; UNDP, 2005; Marinidou, 2009).

### **2.12.2 Pago por servicios ambientales de la vegetación**

Nos orientamos en aquellos servicios que pueden ser generados a partir de plantaciones con especies forestales o en sistemas agroforestales (secuestro de carbono) y aquellos servicios ambientales de conservación del bosque (almacenamiento de carbono).

Dentro de estos dos grupos de generación de servicios ambientales, como ya se explicaron anteriormente, se pueden distinguir aquellos que pueden ser realizados mediante proyectos basados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto (forestación y reforestación), y mediante proyectos de Reducción de Emisiones derivadas por Degradación Forestal y Deforestación (REDD).

### ***Proyectos forestales asociados a la conservación y restauración de la vegetación***

La investigación científica ha permitido desarrollar una variedad de alternativas para reducir los impactos por deforestación y la degradación de los bosques. Con el tiempo los mecanismos para Proyectos de reforestación bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), y proyectos de Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y Degradación Forestal (REDD) han recibido mayor atención por su potencial de mitigación mediante incentivos financieros. No obstante, su aplicación en la práctica aún es limitada (Peralta-Rivero et al., 2013), para ello se requiere explorar las posibilidades y factibilidad de su aplicación o rechazo si las circunstancias que se pretende implementar no son las adecuadas.

### ***Proyectos forestales del Mecanismo de Desarrollo Limpio***

En este tipo de proyectos MDL pueden participar organizaciones públicas, privadas o individuales. Las únicas actividades forestales elegibles bajo el MDL para el caso de proyectos LULUCF (Uso del Suelo, Cambios en el Uso del Suelo y Silvicultura) son forestación y reforestación (FR), mediante las cuales las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antrópico pueden ser capturadas y almacenadas. Estos proyectos deben demostrar las emisiones que se producirían en su ausencia (CMNUCC, 1998).

Las actividades pueden incluir forestación o reforestación de tierras degradadas, conversión de tierras agrícolas a sistemas agroforestales y a plantaciones forestales entre otras. Las actividades de proyecto MDL forestales están sujetas a modalidades y procedimientos específicos del MDL (Guía para la Elaboración de Proyectos MDL Forestales, 2009).

Las actividades FR-MDL tienen el potencial de mejorar los medios de vida de los habitantes de zonas rurales empobrecidas de países en desarrollo al invertir en el sector forestal que de otra manera no hubieran ocurrido en la ausencia de la posibilidad de vender CERs (Guía para la Elaboración de Proyectos MDL Forestales, 2009).

En la reunión de Bonn de la Conferencia de las Partes (COP6) en 2001, el Consejo decidió excluir las reducciones por la deforestación evitada, al menos para el periodo 2008-2012 del Protocolo de Kioto (Carvalho et al., 2004). Esta actividad de evitar la deforestación consiste en almacenar permanentemente CO<sub>2</sub> en los bosques y ya existen

experiencias como son por ejemplo los proyectos REDD, REDD+ y REDD++ que veremos más adelante.

Sobre la base de varios proyectos aprobados, en la COP7 se decidió delimitar "las definiciones, modalidades, normas y directrices relativas a LULUCF o proyectos forestales para el primer período de compromiso" del Protocolo de Kioto (IPCC, 2001).

Hoy en día, los proyectos de LULUCF sólo representan 0.08% de todas las metodologías implementadas en el mundo (Loayza, 2010). Sin embargo, el año 2006 fue importante porque una serie de metodologías de línea de base y monitoreo para proyectos forestales MDL han sido aprobadas, motivando un renovado interés en el mecanismo entre los desarrolladores de este tipo de proyectos (Guía para la Elaboración de Proyectos MDL Forestales, 2009).

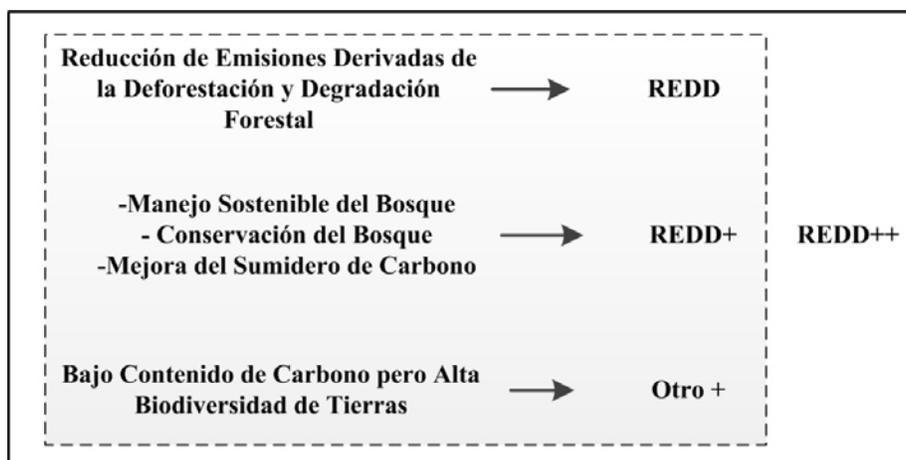
Los requisitos básicos para proyectos LULUCF son: el área del proyecto mínimo de 0.05-1.0 hectáreas de árboles entre 2 a 5 metros de altura, la madurez y la cobertura entre 10 a 30% (IPCC, 2006).

### ***Proyectos forestales de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal***

Estos proyectos tratan sobre el almacenamiento de Carbono como un servicio ecosistémico o de pago por servicios ambientales. Los bosques y selvas pueden almacenar cantidades significativas de Carbono lo cual depende de factores tales como la edad, densidad del bosque y como varia en el tiempo y el espacio. Los bosques capturan y almacenan el Carbono a través de la fotosíntesis en árboles vivos (encima del suelo), también en el sotobosque, vegetación muerta, hojarasca, en el subsuelo, en las raíces, por lo tanto el Carbono es también almacenado en el suelo (IPCC, 2006).

Entonces cuando se destruyen los bosques por la deforestación o degradación forestal, se libera o imite cantidades significativas de Carbono que estaba almacenado en estos sumideros. Por ello REDD tiene como fin el pago por servicios ambientales o ecosistémicos de la captura de Carbono a través de acciones que previenen la deforestación y mitigan la degradación del bosque.

Actualmente se habla de proyectos REDD, REDD+ y REDD++ que se diferencian por sus objetivos y beneficios (Figura 24).



*Figura 24. Significado de REDD, REDD+ y REDD++.*

La Figura 24 nos indica el significado de REDD en sus diferentes dimensiones, y se describe a continuación:

- REDD: el objetivo es asegurar que la deforestación y degradación de los bosques pueda ser reducida al máximo. Estos incluyen, pero no se limitan al desmonte de tierras para la venta, concesión y asignación de tierras de aprovechamiento comercial de madera en bosques de comunidades forestales, establecimiento de incendios para desmonte de tierras o animales de casa etc. pueden lograrse múltiples co-beneficios.
- REDD+: tiene la finalidad de asegurar, mantener o incrementar el flujo continuo de madera comercial de los bosques tropicales y evitar un posible aumento del precio de la madera o el cambio de la extracción de madera de países del Anexo I. También se asegura que la biodiversidad en los bosques esté protegida, especialmente, a biodiversidad de áreas protegidas.
- REDD++, esto es para prevenir la conversión de tierras de bajos reservorios de Carbono, pero de alta biodiversidad biológica forestal, para cultivos agrícolas intensivos u otros tipos de beneficios con miras a corto plazo. Cuando existen beneficios a largo plazo, los valores de bosques estarán garantizados para REDD+. Las comunidades locales dependen de la carne, alimentos, plantas medicinales y otros para sobrevivir, lo cual debe ser asegurado.

## Referencias

- Aguilar-Robledo, M. (1992). "Pujal-Coy primera y segunda fase: las causas y los términos del fracaso". El proyecto de riego 'Pujal-Coy' de la Huasteca Potosina: problemática y alternativas. M. Aguilar-Robledo y M. Muñoz, eds. San Luis Potosí- Texcoco: Universidad Autónoma de San Luis Potosí-Universidad Autónoma de Chapingo, pp. 52-81. ISBN: 968-884-170-6.
- Aguilar-Robledo, M. (1995). Autopsia de un fracaso: el caso del proyecto Pujal-Coy de la Huasteca Potosina. Instituto de investigaciones humanísticas. UASLP. pp. 125.
- Agenda 21, (1992). Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUCED o Cumbre de la tierra). 3-14 junio 1992. Río de Janeiro, BS. Senado Federal.
- Algara, M. (2009). Propuesta metodológica para medir el impacto del fenómeno de la sequía en la Huasteca Potosina y propuesta general de manejo. Tesis para doctorado en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 158 p.
- Antrop, M. (2005). "Why landscapes of the past are important for the future", *Landscape and Urban Planning*, no. 70, pp. 21-34.
- Barrera Bassols N & Ortiz Espejel B. (1992). Transformaciones del uso del suelo y diferencialidad espacial: el caso del trópico veracruzano. Cambios en el uso del suelo agrícola en México. Instituto de Geografía, UNAM. Coordinador Fuentes Aguilar, Luis.
- Berberoglu, S. & A. Akin (2009). "Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11: 46-53.
- Berry, M. W., Flamm, R.O., Hanzen, B.C. & MacIntyre, R.L. (1996). The Land-Use Change and Analysis System (LUCAS) for Evaluating Landscape Management Decisions. *IEEE Computational Science & Engeneering* 3(1): 24-35.
- Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, JM., Somarriba, E. & Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10 (37-38), 80-87. MEA (Millennium Ecosystem Assessment). *Ecosystems and*

- Human Well-being: A framework for Assessment (en línea). Consultado diciembre (2007). Disponible en [http://www.epa.gov/sab/pdf/millennium\\_assessment\\_ch6.pdf](http://www.epa.gov/sab/pdf/millennium_assessment_ch6.pdf)
- Berberoglu, S. & A. Akin. (2009). "Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, no. 11, pp. 46-53.
- Bezaury-Creel, J.E., J. Torres., L.M. Ochoa-Ochoa., M. Castro Campo & N. Moreno. (2009a). Base de datos geográfica de áreas naturales protegidas Estatales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Bezaury-Creel, J.E., J. Torres., L.M. Ochoa-Ochoa., M. Castro Campo & N. Moreno. (2009b). Base de datos geográfica de Áreas Naturales Protegidas Estatales y del Distrito Federal de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Briceño, F. (2003). Cambio de la cobertura de la tierra en el Valle de Río Monboy, Estado de Trujillo. *Geoenseñanza*, 8, 91-100. Universidad de Los Andes - NURR. Trujillo. Grupo de investigación GEOCIENCIA.
- Botequilha, A., Miller, J., Ahern, J., McGarigal, K. (2006). *Measuring Landscapes. A Planner's Handbook*. Washington: Island Press.
- Buol, S. W., R.J. Southard, R.C. Graham, & P.A. McDaniel. (2003). Soil genesis and classification. Fifth edition. Blackwell Publishing. 494 p.
- Castillo-Santiago, M.A., Hellier, A., Tipper, R. & De Jong, B.H.J. (2007). Carbon emissions from land-use change: An analysis of causal factors in Chiapas, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 1213-1235.
- Cabrera, A. 2002. La Huasteca Potosina. Ligeros apuntes sobre este país. Centro de investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, El colegio de San Luis. Pp. 136.
- Carvalho, G., Moutinho, P., Nepstad, D., Mattos, L. & Santilli, M. (2004). An Amazon perspective on the forest-climate connection: Opportunity for climate mitigation, conservation and development? *Environment, Development and Sustainability* 6, 163-174.

- Castelán, V. R., C. J. Ruiz, F. G. Linares, A. R. Pérez y F. V. Tamariz (2007). “Dinámicas de cambio espacio temporal del uso del suelo de la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México”, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 64, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 78-89.
- Censo Agropecuario, (2007). VIII Censo agrícola, ganadero y forestal. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México. CONABIO, (2010a). Actividades económicas en México por municipio, año 2000, escala 1: 250,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Céspedes- Flores, S. & Moreno- Sánchez. E. (2010). Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación ambiental*, 2: 5-13.
- Coppin, P., I. Jonckheere, K. Nackaerts, B. Muys and E. Lambin (2004). “Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review”, *Int. J. Remote Sensing*, vol. 25, no. 9, pp. 1565-1596.
- Cortina, S. (2007). *Uso del suelo y deforestación en los Altos de Chiapas*, tesis doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, División de Estudios de Posgrado en Geografía, UNAM.
- CONAFOR, (2001). Programa Estratégico Forestal Para México 2025. Comisión Nacional Forestal. Informe final, versión 2.1. 191 p.
- CONABIO, (2014a). Índice de desarrollo humano de México por municipio, año 2010, escala 1:250,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO, (2014b). Índice de desarrollo humano de México por municipio, año 2000, escala 1:250,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO, (2012a). Grado de marginación de México por municipio, año 2010, escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

- CONABIO, (2012b). Grado de marginación de México por localidad, año 2010, escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO, (2012c). Distribución de la población en México por municipio, año 2010, escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO, (2012d). Actividades económicas en México por municipio, año 1990, escala 1: 250,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO, (2010a). Actividades económicas en México por municipio, año 2000, escala 1: 250,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO, (2010b). Actividades económicas en México por municipio, año 2010, escala 1: 250,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONANP, (2012). Áreas naturales protegidas federales de México, agosto de 2012. Escala de mapa 1:1000,000. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- CONANP, (2014). Sitios Ramsar de México. Escala de mapa 1: 7,000,000. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- CCAD-PNUD/GEF, (2002). Guía metodológica de valoración económica de Bienes y Servicios ambientales. Proyecto para la consolidación del corredor biológico mesoamericano. GEF (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo – Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo / Fondo Mundial para el Medio Ambiente).Serie técnica (4), 149 p.
- CMNUCC, (1998). Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 25 p.
- DeFries, R., J. A. Foley and G. P. Asner (2004). “Land use choice: balancing human needs and ecosystem function”, *Frontiers in Ecological Environment*, vol. 2, no. 5, pp. 249-259.

- Dirzo, R. & García, M. (1992). Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical area in southeast Mexico. *Conservation Biology*, 6: 84-90.
- Dudley, N. (2008). Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas. Gland, Suiza: UINC.
- Forman, R. (1995). Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology* 10 (3):133-142.
- Forman, R. & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Foody, G. M. (2002). "Status of land cover classification accuracy assessment", *Remote Sensing of Environment*, no. 80, pp. 185-201.
- Fulé, P. Z., A. García-Arévalo y W. Covington (2000). "Effects of an intense wildfire in a Mexican Oak-Pine forest", *Forest Science* 46(1):52-61.
- FAO, (2010). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Departamento Forestal Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 12 p.
- FAO/FRA, (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe nacional México. 98 p.
- FRA, (2005). Terms and definitions. Global Forest Resources Assessment Update. Forestry Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 33 p.
- FitzPatrick, E. A. (1984). Suelos, su formación, clasificación y distribución. CECSA. México. 430 pp.
- FAO, (2010). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Departamento Forestal Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 12 p.
- FAO, (2002). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La agricultura y los bienes públicos mundiales diez años después de la cumbre para la tierra. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 231 p. (en línea). Consultado enero 2008. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/004/y6000s/y6000s13.htm>
- FAO, (1995). *Evaluación de los Recursos Forestales 1990*, Países tropicales, Estudios Forestales de FAO, núm. 112:1-41.

- Gao, Y. (2008). *Image segmentation and object based image analysis using remote sensing images*. Tesis de Doctorado en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. 182 pp.
- García, Enriqueta, (2004). MODIFICACIONES AL SISTEMA DE CLASIFICACION CLIMATICA DE KÖPPEN. México, UNAM-Instituto de Geografía, Serie Libros, núm. 6.
- García, E. (1998). Climas, escala de mapa 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Guía para la Elaboración de Proyectos MDL Forestales, (2009). Guidebook to markets and commercialization of forestry CDM projects. Version 1.0. Serie técnica. Manual Técnico /CATIE. No. 65. CATIE, Turrialba. 43 p.
- Gustafson, E. J. (1998). Quantifying landscape spatial pattern: What is the State of the Art?. *Ecosystems*, 1: 143-156.
- Green, E. P., P. J. Mumby, A. J. Edwards and C. D. Clark (1996). “A review of remote sensing for the assessment and management of tropical coastal resources”, *Coastal Management*, no. 24, pp. 1-40.
- Herrera, B. (2008). ¿Es la deforestación un caso de cifras? *Agro productividad 0*, (I): 11-16.
- 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.
- Informe Brundtland; Gro Harlem (coord.), (1987). Nuestro futuro común. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, BS. Oxford University Press.
- Ibarra Zapata, E. (2008). “Análisis Geográfico para la Conservación de la Naturaleza. Estudio de Caso Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Sierra Abra de Tanchipa, Ciudad Valles y Tamuin, San Luis Potosí”. Tesis de licenciatura en geografía, Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, UASLP.
- INIFAP, (1995). Edafología, escala de mapa 1:1,000,000. Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

- INEGI, (2004). Guía para la interpretación de cartografía, edafología. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags. México. 28 pp.
- INEGI, (2002). Síntesis de Información Geográfica del Estado de San Luis Potosí, México, INEGI.
- INEGI, (2000). Unidades Climáticas de México, escala de mapa 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2010a). Carreteras de México, escala de mapa 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2010b). Vía férrea de México, escala de mapa 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2010c). Subprovincias fisiográficas de México, escala de mapa 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2010d). Topoformas de México, escala de mapa 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2010e). Cuerpos de agua de México, escala de mapa 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2010f). Corrientes de agua de México, escala de mapa 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2013). Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011), escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Lambin E. F. & H. J. Geist (2007). “Causes of land-use and land cover change”, Encyclopedia of Earth, Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment, Washington D. C. [[http://www.eoearth.org/article/Land-use\\_and\\_land-cover\\_change](http://www.eoearth.org/article/Land-use_and_land-cover_change): 6 de mayo de 2009].
- IPCC, (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 4, AFOLU.
- IPCC, (2001). Decision 11/CP.7: Land use, land-use change and forestry. FCCC/CP/2001/13/Add.1.

- Klemas, V. V. (2001). "Remote sensing of landscape- level coastal environmental indicators, *Environmental Management*", no. 27, pp. 47-57.
- Lambin, E. F. & Geist, H. J. (2007). "Causes of land-use and land cover change", Encyclopedia of Earth, Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment, Washington D. C. [[http://www.eoearth.org/article/Land-use\\_and\\_land-cover\\_change](http://www.eoearth.org/article/Land-use_and_land-cover_change): 6 de mayo de 2009].
- Lambin E. F., H. J. Geist and E. Lepers (2003). "Dynamics of land use and land cover change in tropical regions", *Annual Reviews of Environment and Resources*, no. 28, pp. 205-231.
- Lambin , E. F., Turner, B.L., Helmut J.G., Agbola, A.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O.T., Dirzo, R., Fischer, G. Folke, C. George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran E.F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Skanes, H., Steffen, W., Stone, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T.A., Vogel, C. & Xu, J. (2001). The Causes of land-use and land-cover change: moving beyond then myths. *Global Environmental Change* 11: 261-269.
- Loayza, T. (2010). Potential assessment of land use, land use change and forestry (LULUCF) projects under the clean development mechanism (CDM) in the Mata Atlántica, Municipality of Cachoeiras de Macacu, RJ-Brasil. MSC Thesis. San Luis Potosi, México. 115 p.
- López-Blanco, J. (2005). *Sistemas de Información Geográfica en Estudios de Geomorfología Ambiental y Recursos Naturales*, Serie Seminarios, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Loveland, T. R., Gallant, A. L., Vogelmann J. E. (2005). Perspectives on the use of land-cover data for ecological investigation. 120-131 pp. En: Wiens J. A., Moss, M. R. (eds) (2005). *Issues and perspectives in landscape ecology*. Cambridge University Press.
- LGDFS, (2003). *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. Última reforma publicada DOF 24-11-2008.

- Mas, J.F., & Flamenco Sandoval, A. (2011b). Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. *GeoTrópico*, NS 5 (1), Artículo 1: 1-24. Online, acceso [insertar aquí fecha de descarga]: [http://www.geotropico.org/NS\\_5\\_1\\_Mas-Flamenco.pdf](http://www.geotropico.org/NS_5_1_Mas-Flamenco.pdf)
- Mas J.F., Velázquez, A. & Couturier, S. (2009). La evaluación de los cambios de coberturas/uso de suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental* 1(1): 23-39.
- Mas, J.F., A. Velázquez, J. Reyes Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, C. Alcántara, G. Bocco, R. Castro, T. Fernández & A. Pérez-Veja. (2004). "Assessing land/cover changes: a nation wide multirate spatial database for Mexico", *Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5: 249-261.
- Masera, O. (1996). Deforestación y degradación forestal en México. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA). Documento de trabajo Núm. 19. México.
- Masera, O., M. J. Ordoñez y R. Dirzo. (1992). "Emisiones de Carbono a partir de la Deforestación en México". *Ciencia* 43:151- 153.
- Marinidou, E. (2009). Estimación del aporte de la cobertura arbórea a la regulación climática y la conservación de la biodiversidad: diseño y aplicación de una metodología en Chiapas. México. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba. CR. 164 p.
- Márquez-Linares, M. A., Treviño E.J., Jurado, E. (2005). Reemplazo de áreas arboladas por chaparrales y comunidades herbáceas en el período 1970-2000 en una Microcuenca de Durango, México. *Investigaciones geográficas*, Boletín del instituto de geografía, UNAM, ISSN 0188-4611, Núm. 58, 2005, pp. 54-65.
- Meyer, W.B. (1995). Past and present land use and land use cover in the USA. *Consequences*, 25-33.
- McGarigal, K. & Marks, B. J. (1995). FRAGSTATS. Spatial Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. USDA Forest Service General Technical Report PNW-GTR-351.
- Oliva, V.E., López, J., Caballero, J., Martínez, M.A. (2010). Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla.

- Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM. ISSN 0188-4611, Núm. 72, 2010, pp. 23-38.*
- Oliveira, E. & Fehr, M. (2010). O uso atual do solo e da água na baía do ribeirão Picarrao-Araguari-MG-Brasil. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM. ISSN 0188-4611, Núm. 72, 2010, pp. 39-48.*
- Pacheco, P., Ormachea, E., Cronkleton, P., Albornoz, M. & Paye L. (2009). Trayectorias y tendencias de la economía extractiva en el norte amazónico de Bolivia. CIFOR-CEDLA, La Paz. 52 p.
- Palacio-Prieto, J. L., M. T. Sánchez-Salazar, J. M. Casado, E. Propín, J. Delgado, A. Velázquez, L. Chías, M. I. Ortiz, J. González, G. Negrete, J. Gabriel y R. Márquez. (2004). *Indicadores para la Caracterización y el Ordenamiento Territorial*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- PNUMA, (2002). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. En Integración del Medio Ambiente y el Desarrollo*. España: Mundiprensa.
- Patch Analyst © should be cited as: Rempel, R.S., D. Kaukinen., and A.P. Carr. (2012). *Patch Analyst and Patch Grid*. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario.
- Peralta-Rivero, (2012). Evaluación del uso, cambio de uso y cobertura del suelo, y proyectos forestales del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y de la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (REDD) en el Municipio de Riberalta, Amazonía boliviana. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, pp. 234.
- PNUMA, (2002). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. En Integración del Medio Ambiente y el Desarrollo*. España: Mundiprensa.
- PRONAFOR, (2014a). *Áreas prioritarias para servicios ambientales en México, año 2014*. Escala de mapa 1:250,000. Programa Nacional Forestal, México.
- PRONAFOR, (2014b). *Áreas prioritarias para la restauración forestal y reconversión productiva en México, año 2014*. Escala de mapa 1:250,000. Programa Nacional Forestal, México.
- PRONAFOR, (2014c). *Áreas prioritarias para la restauración focalizada en México, año 2014*. Escala de mapa 1:250,000. Programa Nacional Forestal, México.

- PRONAFOR, (2014d). Áreas prioritarias para el manejo forestal maderable en México, año 2014. Escala de mapa 1:250,000. Programa Nacional Forestal, México.
- PRONAFOR, (2014e). Áreas prioritarias para el manejo forestal maderabe en México, año 2014. Escala de mapa 1:250,000. Programa Nacional Forestal, México.
- PRONAFOR, (2014f). Áreas prioritarias para el aprovechamiento de recursos forestales no maderable en México, año 2014. Escala de mapa 1:250,000. Programa Nacional Forestal, México.
- Quinteros, J. (2012). Estudio ambiental y social comparativo del bosque húmedo en base al cambio de uso de suelo entre la Huasteca Potosina, México y la Mata Atlántica, rio de janeiro, Brasil. Tesis de maestría en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, pp. 168.
- Ramankutty, N., L. Graumlinch, F. Achard, D. Alves, A. Chhabra, R. S. DeFries, J. A. Foley, H. Geist, R. A. Houghton, K. Goldewijk, E. F. Lambin, A. Millington, K. Rasmussen, R. S. Reid and B. L. Turner (2006). “Global land-cover change: recent progress, remaining challenges”, en Lambin, E. F. y H. Geist (eds.), *Land-use and land-change. Local processes and global impacts*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 9-40.
- Reyes, H., R. M. Aguilar, R. J. R. Aguirre e I. Trejo. (2006). “Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México. 1973-2000”, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 59, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 26-42.
- Rogan, J., J. Franklin and D. A. Roberts. (2002). “A comparison of methods for monitoring multitemporal vegetation change using Thematic Mapper imagery”, *Remote Sensing of Environment*, no. 80, pp. 143-156.
- Ricker, M. (2010). La cobertura forestal y la problemática de la deforestación en México. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 1-6 pp.  
file:///J:/MARTIN%20FILES/MARTIN'S%20PDFS/PÁGINA%20AGOSTO%202010/webCoverForDefor.htm[02/08/2010 02:46:05 p.m.]
- RAN (Registro Agrario Nacional). 2014. Registro Agrario Nacional, SRA (Secretaria de la Reforma Agraria). México: <http://www.ran.gob.mx/ran/index.php>. Consultado en agosto del 2014.

- Seto, C., Woodcock, C.E., Song, C., Huang, X., Lu, J. & Kaufmann, K. (2002). Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TMK. *Remote sensing* 23 (10), 1985–2004.
- Seabra, V. & Silva, F.P. (2011). O uso do sensoriamento remoto para análise da evolução das manchas urbanas no município de Maricá entre os anos de 1975. 1990 e 2008. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba-PR.
- Schulz, J. J., L. Cayuela, C. Echeverria, J. Salas and J. M. R. Benayas. (2010). “Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975-2008)”, *Applied Geography*, no. 30.
- Skirvin, S. M., W. G. Kepner, S. E. Marsh, S. E. Drake, J. K. Maingi, C. M. Edmons, C. J. Watts and D. R. Williams. (2004). “Assessing the accuracy of satellite-derived land-cover classification using historical aerial photography, digital orthophoto quadrangles, and airborne video data”, in Lunetta R. S. and J. G. Lyon (eds.), *Remote Sensing and GIS Accuracy Assessment*, CRC Press, Boca Raton, pp. 115-131.
- SMARN, (2011). Lineamientos que establecen las diferencias técnicas, entre la materia de impacto ambiental y la forestal, respecto del cambio de uso de suelo. 11 pp.
- SARH, (1992). Inventario Nacional Forestal de Gran Visión. Reporte principal. México, D.F.
- Torbick, N. M., J. Qi, G. L. Roloff and R. J. Stevenson. (2006). “Investigating impacts of land use land cover change on wetlands in the Muskegon River Watershed, Michigan. USA”, *Wetlands*, no. 26, pp. 1103-1113.
- Treitz, P. & J. Rogan. (2004). “Remote sensing for mapping and monitoring land-cover and land-use change”, *Progress in Planning*, no. 61, pp. 269-279.
- Turner, M. G., Gardner, R. H., O’Neill R. V. (2001). Landscape ecology and theory and practice: Pattern and process. 388 pp.
- UNDP, (2005). Project Document. Forest Trends. Global Environment Facility. institutionalizing Payments for Ecosystem Services (en línea). (United Nations Development Programme). Disponible en [http://www.gefweb.org/Documents/Council\\_Documents/GEF\\_C28/documents/258903-24-06PADProjectdocument\\_000.pdf](http://www.gefweb.org/Documents/Council_Documents/GEF_C28/documents/258903-24-06PADProjectdocument_000.pdf)

- Vargas, A. (2010). La reserve de la biosfera Sierra del Abra de Tanchipa: Las ANP de lo internacional a lo local. Tesis de maestría en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, pp. 181.
- Velázquez, A., J. F. Mas, J. R. Díaz Gallegos, R. Mayorga Saucedo, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio. (2002). “Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México”, *Gaceta Ecológica*, núm. 62, pp. 21-37
- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco and J. M. Melillo. (1997). “Human domination of Earth’s ecosystems”, *Science*, 277:494-499.
- Vidal-Zepeda, R. (1990a). Temperatura media anual, escala de mapa 1:4,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Vidal-Zepeda, R. (1990b). Precipitación media anual, escala de mapa 1:4,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Weckmüller, R., Slovinsky, N.C. & Vicens, R. (2011). O Uso das Geotecnologias como subsídio à análise da evolução do uso e cobertura do solo: caso do Corredor Ecológico do Muriqui/RJ. Anais da 1ª Jornada de Geotecnologias do Estado do RJ. Rio de Janeiro.
- WB, (2002). Project appraisal document of the integrated silvopastoral approaches to ecosystem management project in Colombia, Costa Rica and Nicaragua. World Bank – CATIE. Washington DC; USA. Report No. 21869-LAC. 184 p.
- Zepeda, C., Nemiga, X.A., Lot, A., Madrigal, D. (2012a). Análisis del cambio de uso de suelo en las ciénagas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. Investigaciones geográficas, Boletín del instituto de geografía, UNAM, ISSN 0188-4611, Núm. 58, 2005, pp. 54-65.
- Zepeda, C., A. Lot Helgueras, X. Antonio Nemiga & Madrigal Uribe, D. (2012b). “Florística y diversidad de las ciénagas del río Lerma Estado de México, México”, *Acta Botánica Mexicana*, núm. 98, pp. 23-49.

## Apéndices

### Apéndice 1. Características generales de los tipos de suelo de la Región Huasteca.

| Suelo  | Características  | Localización   | Uso   | Riesgo de erosión  |
|--|--|--|---|--|
| <b>Acrisol</b> ,<br>Del latín <i>acris</i> muy ácido   | Se desarrollan principalmente sobre productos de alteración de rocas ácidas, con elevados niveles de arcillas muy alteradas, las cuales pueden sufrir posteriores degradaciones.   | Predominan en viejas superficies con una topografía ondulada o colinas, con un clima tropical húmedo, monzónico, subtropical o muy cálidos. Los bosques claros son su principal forma de vegetación natural. | No son muy productivos salvo para especies de baja demanda y tolerantes a la acidez como la piña, caucho o palma de aceite.   | La pobreza en nutrientes minerales, la toxicidad por aluminio, la fuerte adsorción de fosfatos y la alta susceptibilidad a la erosión, son las principales restricciones a su uso. |
| <b>Andosol</b> ,<br>Del vocablo japonés <i>an do</i> "suelo oscuro" y de la raíz latina <i>so l-</i> que significa "suelo" | Se desarrollan a partir de cenizas y otros materiales volcánicos ricos en elementos vítreos. Tienen altos valores en contenido de materia orgánica, alrededor de un 20%, además tienen una gran capacidad de retención de agua y mucha capacidad de cambio   | Se encuentran en regiones húmedas, desde las regiones circumpolares hasta las tropicales, y pueden encontrarse junto una gran variedad de vegetales.   | Su rasgo más sobresaliente es la formación masiva de complejos amorfos humus-aluminio.  | Problemas de drenaje.  |
| <b>Cambisol</b> ,<br>Del latín <i>cambiare</i> , cambiar   | Suelos poco desarrollados, con cambios en color, estructura y consistencia; son suelos uniformes, de color pardo, fértiles y profundos. Se forman de materiales no consolidados de textura limosa y franca, de composición calcárea. Presentan pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, hierro o manganeso. | Alcanzan su principal desarrollo en sitios planos estables o de pendiente suave.   | En pendientes suaves se pueden dedicar a la agricultura o ganadería extensiva o intensiva. Se destinan a muchos usos y se obtienen rendimientos variables dependen del clima y si es de temporal o riego. | Son suelos de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.  |
| <b>Castañozem</b> ,<br>Del latín, <i>castaneo</i> , castaño y del ruso <i>zemljá</i> : tierra                              | Frecuentemente tienen más de 70 cm de profundidad. Presentan una capa superior de color pardo o rojizo obscuro, rica en materia orgánica y en minerales esenciales, con acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado. Suelos con alta fertilidad natural.   | En zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos. Sierras y llanuras de Zacatecas y San Luis Potosí. Vegetación de pastizal, con algunas áreas de matorral.                                    | Ganadería extensiva o intensiva con rendimientos de medios a altos. Cultivo de granos, oleaginosas y hortalizas con rendimientos generalmente altos bajo riego.   | Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión, con riesgo constante a la erosión eólica.   |
| <b>Chernozem</b> ,<br>Del ruso   | Es un tipo de suelo <i>negro</i> rico en humus (del 3 al 13 %),  | Suelos alcalinos ubicados en zonas   | Es uno de los más fértiles para la  | Son moderadamente  |

|   |   |  |   |   |
|---|---|--|---|---|
| <i>cherno:</i><br>negro y<br><i>zemljá,</i><br>tierra                                   | además de serlo en potasio, fósforo y microelementos. Tiene una profundidad media relativamente importante, de 0.8 a 1 m aproximadamente.   | semiáridas o de transición hacia climas ms lluviosas. En condiciones naturales tienen vegetación de pastizal con algunas áreas de matorral como las llanuras del norte de Veracruz o parte de la llanura costera de tamaulipeca. | agricultura, puesto que no requiere fertilizante. También se lo usa para la ganadería extensiva mediante el pastoreo mediante pastos cultivados con rendimientos de medios a alto               | susceptibles a la erosión.  |
| <b>Feozem,</b><br>Del griego <i>phaeo,</i><br>pardo y del ruso <i>zemljá,</i><br>tierra | Presentan una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes. Sin capas ricas en cal como los Chernozem y Castañozem. De profundidad muy variable.  | Se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o muy desérticas.   | En terrenos planos se cultiva granos, legumbres u hortalizas bajo riego o temporal, con rendimientos altos. Los situados en laderas se utilizan en ganadería extensiva con rendimientos medios. | Los situados en laderas o pendientes se erosionan con más facilidad, pero en general son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión tanto eólica como hídrica. |
| <b>Fluvisol,</b><br>Del latín <i>fluvius,</i> río                                       | Están formados por materiales acarreados por el agua. Son suelos muy poco desarrollados, someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o no. Presentan capas alternadas de arena con piedras o gravas redondeadas. | Se encuentran en todos los climas y regiones de México cercanos siempre a lechos de los ríos, con vegetación riparia como los ahuehuetes.  | Los rendimientos dependen de la fertilidad y profundidad. En general la actividad agrícola se desarrolla con rendimientos moderados a altos en función de la disponibilidad de agua para riego. | La susceptibilidad a la erosión es variable dependiendo de la textura, materia orgánica, entre otras.   |
| <b>Gleysol</b><br>Del ruso <i>gley:</i><br>pantano o fangoso, exceso de agua            | Presentan en la parte saturada, colores grises, azulosos o verdosos, indicativo de reducción. Con serios problemas de inundación durante la época de lluvias. Regularmente presentan acumulaciones de sales.              | En depresiones y lagunas de zonas áridas y semiáridas, y en áreas donde se acumula y estanca el agua la mayor parte del año dentro de los 50 cm de profundidad.  | Ganadería de bovinos con resultados moderados a altos. La agricultura es restringida y ciertas áreas se pueden cultivar con arroz o caña de azúcar.   | Son poco susceptibles a la erosión.   |
| <b>Litosol</b><br>Del griego <i>lithos,</i><br>piedra                                   | Profundidad menor de 10 cm, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Fertilidad variable.  | Se encuentran en todos los climas, con vegetación diversa, en todas las sierras de México, barrancas, lomeríos y planicies.  | En áreas de bosques y selvas su uso es forestal; en matorrales o pastizales es limitada la ganadería extensiva.   | En general son inestables y de alta susceptibilidad a la erosión, dependiendo de la pendiente, la cubierta vegetal, etc.  |
| <b>Luvisol</b><br>Del   | Presentan enriquecimiento de arcilla en el subsuelo; son  | Se encuentran en zonas templadas o   | Se destinan principalmente a la   | Suelos con alta susceptibilidad a   |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| latin <i>luvi</i> ,<br><i>luo</i> , lavar  | frecuentemente rojos o amarillentos y algunas veces pardos.  | tropicales lluviosas con vegetación, generalmente, de bosque o selva.  | agricultura con rendimientos moderados. En cultivos de café y frutales en zonas tropicales, de aguacate en zonas templadas. Ocasionalmente, áreas con poca pendiente, se pueden dedicar a actividad ganadera considerando la carga animal para evitar su degradación | la erosión.  |
| <b>Planosol</b><br>Del latín <i>planus</i> , plano, llano                            | Connotativo de suelos desarrollados en relieves planos que en alguna parte del año se inundan. Profundidad de 50 a 100 cm. Debajo de la capa superficial presentan un horizonte infértil, delgado, de color claro y generalmente menos arcilloso que las demás capas; debajo de éste presenta una capa impermeable de constitución arcillosa, roca o tepetate. | Principalmente en los climas templados y semiáridos con vegetación natural de pastizal o matorral.   | Ganadería extensiva con rendimientos medios. La actividad agrícola es escasa o con rendimientos bajos a medios.  | Son muy susceptibles a la erosión, sobre todo las capas superficiales.   |
| <b>Regosol</b><br>Del griego <i>reghos</i> , manto, cobija o capa de material suelto | Poco desarrollados, con capas diferentes entre sí. En general de color claro, pobres en materia orgánica. Su fertilidad es variable, parecidos al material madre. Asociados a Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate.  | Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve.  | Productividad y uso potencial condicionados a la profundidad y pedregosidad. Los suelos arenosos son empleados para el cultivo de cacahuate. Retienen poca agua.   | Susceptibilidad variable a erosión.  |
| <b>Rendzina</b><br>Del polaco <i>rzedzic</i> , ruido                                 | Suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Suelo con alto contenido en materia orgánica, muy fértil, sobre roca caliza o materiales ricos en cal, arcillosos y poco profundos (< 25 cm).  | Se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados.   | Los rendimientos de los cultivos son de bajos a medios dependiendo de la profundidad, pendiente y disponibilidad de agua. Ganadería con rendimientos bajos.  | Son moderadamente susceptibles a la erosión, pero con alto peligro de erosión en laderas y lomas con uso ganadero. |
| <b>Solonchak</b><br>Del ruso <i>sol</i> : sal  | Tienen alto contenido de sales en todo o parte del suelo.  | Se presentan en zonas donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras y lechos de lagos, o en las partes más bajas de los valles y llanos de las regiones secas. Vegetación halófila. | Estos suelos tienen poco uso, y su mejoramiento es difícil y costoso. El uso pecuario presenta rendimientos bajos.   | Son de media a alta susceptibilidad a la erosión, dependiendo de la cubierta vegetal y uso.                        |

|  |  |   |   |   |
|--|--|---|---|---|
| <p><b>Vertisoles</b><br/>Del latín <i>vertere</i>, voltear</p> | <p>Alto contenido en arcilla (&gt;35%), abundantes grietas anchas y profundas en época seca, de color negro a rojizo, fértiles, difíciles de trabajar en seco o en saturado.</p>                 | <p>Suelos de climas templados y cálidos con una marcada estación seca y lluviosa. Vegetación natural de selvas bajas a pastizales y matorrales.</p> | <p>Amplio uso agrícola con buenos rendimientos en caña, cereales, y hortalizas.</p>   | <p>Por lo general son susceptibles tanto a la erosión hídrica como a la eólica.</p>   |
| <p><b>Xerosol</b><br/>Del griego <i>xeros</i>, seco</p>        | <p>Capa superficial de color claro por el bajo contenido de materia orgánica, con un subsuelo rico en arcillas, con posible acumulación de cal, de yeso o caliche con algún grado de dureza.</p> | <p>Típico de las zonas áridas y semiáridas. Con vegetación natural de matorral desértico o pastizal.</p>  | <p>El rendimiento agrícola está en función a la disponibilidad de agua para riego. Uso pecuario con rendimientos moderados.</p> | <p>Los suelos en pendiente y sobre caliche o tepetate a escasa profundidad presentan alta susceptibilidad a la erosión.</p> |

Fuente: FitzPatrick (1984), INEGI (2002), Buol et al. (2003), INEGI (2004).

## CAPITULO II

### Historia Ambiental de la Región Huasteca: Principales Cambios de Cobertura y Uso de Suelo entre 1521 y 2011

Carmelo Peralta-Rivero<sup>1\*</sup>, Carlos Contreras Servín<sup>1</sup>, M. Guadalupe Galindo Mendoza<sup>1</sup>,  
Marcos Algara Siller<sup>2</sup>, Jean François Mas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí-Coordinación para la Innovación y la Aplicación de la Ciencia y la tecnología, México

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma San Luis Potosí, México

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

#### Resumen

Históricamente la región Huasteca se ha caracterizado por la producción de recursos forestales maderables y no maderables debido a la gran superficie cubierta de selvas. No obstante, ha existido una pérdida considerable del recurso forestal que ha generado un impacto sobre sus ecosistemas. El objetivo del estudio fue evaluar en materia de historia ambiental, los principales cambios de cobertura y uso de suelo (CCUS) en la región Huasteca, en diferentes etapas de la historia mexicana. Para ello se realizó un análisis estratigráfico en el cual se consideraron las etapas Precolonial, la Colonia y Postcolonial, el Porfiriato y la etapa Actual. Se realizó una revisión bibliográfica y hemerográfica así como de fuentes primarias como los expedientes del Archivo General de la Nación. Asimismo, se analizó información cartográfica de diferentes épocas a partir de la cuales se hicieron inferencias sobre CCUS y procesos de deforestación. Se observa que durante la etapa Precolonial el paisaje aún se encontraba con un impacto bajo o nulo, sin embargo, con el inicio de la etapa Colonial se iniciaron las transformaciones cuyos impactos repercutieron en los CCUS de la región. En el Porfiriato el desarrollo de la Huasteca estuvo basado en actividades productivas de acumulación del capital y se implementó el Ferrocarril Mexicano, el cual incentivó a las actividades agrícolas, ganaderas y petroleras dejando consigo impactos severos en la región. En la etapa Actual, los cambios en el paisaje fueron causados por una serie de eventos que van desde la el reparto agrario, expansión de la agricultura y la ganadería. Se estima que hasta el 2011 más del 80% de la Huasteca ha sufrido algún tipo de transformación, y sus remanentes forestales conservados se encuentran sobre todo en las tierras altas de la Sierra Madre Oriental.

**Palabras clave:** Historia Ambiental, Análisis Estratigráfico, CCUS, Deforestación, Huasteca.

#### Abstract

Historically the Huasteca region has been characterized by the production of timber and non-timber forest resources due to the large area covered by forests. However, there has been a considerable loss of forest resources which has generated an impact on their ecosystems. The objective of the current study was evaluated in environmental history, the main changes in cover and land use (LCLU) in the Huasteca region at different stages of Mexican history. For this, we carried out a stratigraphic analysis in which different stages were considered like the Precolony, Colony and Postcolony, the Porfiriato and the Actual stage. A literature and hemerographic review, as well as expedients of the General Archive of the Nation, was performed. Alike, cartographic information was reviewed from which inferences were made of the main land cover and land use changes (LCLUC) and deforestation process. We observe that during the Precolony stage the landscape was still with low or without impact, however, with the start of the Colony and postcolonial stage, the transformations and impacts in the region had repercussions on LCLUC. At the Porfiriato, the development in the Huasteca was based on productive activities of capital accumulation and the Mexican Railroad was implemented, which encouraged the agricultural, livestock and fuel oil activities, leaving severe impacts in the region. At the Actual stage, changes in the landscape were caused by a series of events ranging from land distribution, expansion of the agriculture and the livestock. We estimated that until 2011 more than 80% of the Huasteca has suffered some kind of transformation, and their conserved forest remnants are located especially in the highlands of the Sierra Madre Oriental.

**Key words:** Environmental history, Stratigraphic Analysis, LCLUC, Deforestation, Huasteca.

## 1. Introducción

Según un consenso entre diferentes analistas de las cuestiones territoriales, teorías neoclásicas y desarrollistas respecto al deterioro ambiental en México y por consiguiente en la Región Huasteca, se debe a los efectos que genera el desarrollo de acumulación del capital. Entre algunas de los efectos de este modelo se pueden mencionar a la superconcentración urbana con su carga de deseconomías y externalidades, el creciente deterioro de las condiciones de vida en las ciudades, la metropolización de algunas ciudades medias, el empobrecimiento constante de muchas áreas rurales, el deterioro de los recursos naturales, la superconcentración social de los excedentes, la ampliación de la pobreza y otros (Aguilar-Robledo, 2001).

Por lo tanto, se puede decir que existe una transformación que se deriva del modelo de acumulación del capital al producir nuevas configuraciones del paisaje en espacios donde instala sus propios modos de producción (Harvey, 1996; Aguilar-Robledo, 2001). De esta forma, la aplicación de políticas territoriales en México, siguiendo ese modelo de desarrollo no han cumplido con las expectativas y sus resultados han sido escasos (Aguilar-Robledo, 2001).

En el caso de la Región Huasteca, esta ha sido impactada por diversos grupos sociales que en su búsqueda por satisfacer sus diversas necesidades ha generado modificaciones en el su entorno ambiental, propiciando cambios en la cobertura y uso de suelo, lo que a su vez se ha traducido en repercusiones negativas sobre sus ecosistemas (Quinteros, 2012).

Históricamente esta región ha sufrido cambios sustanciales en el paisaje, y se estima que antes del año 1976, la Huasteca había cambiado su entorno natural por actividades antrópicas en un 62.65% (41,143.28 km<sup>2</sup>), y posteriormente, en el periodo 1976-2007, los cambios aumentaron en 17.43% (11,446.75 km<sup>2</sup>), siendo el área total modificada de 52,590.03 km<sup>2</sup> (80.08%) (Peralta-Rivero et al., 2014).

No obstante, el deterioro ambiental en la Huasteca tienen sus orígenes ya desde la época precolonial, colonial (Quinteros et al., 2014) y se ha ido intensificando conforme a avanzado la modernización capitalista, es decir, aumento de la actividad agrícola y pecuaria principalmente (Aguilar-Robledo, 2001).

La idea de analizar los cambios de uso de suelo y modificación del paisaje en materia de historia ambiental, es relevante para analizar los cuellos de botellas que se han desarrollado

en los diferentes periodos que han vivido las sociedades en esta región, lo cual nos permite correlacionar el deterioro ambiental como producto de fenómenos sociales, económicos y políticos.

De esta manera, tomando en cuenta antecedentes sociales, económicos, ambientales y políticos, en el presente estudio se retoma los acontecimientos más relevantes en la historia ambiental de la Huasteca. La finalidad fue extraer las principales causas de su deterioro y para demostrar estos acontecimientos, se establecieron etapas significativas de la transformación del paisaje natural. Es decir, el análisis está basado en etapas relevantes de la Historia de desarrollo de México como la precolonia, la colonia y postcolonia, el Porfiriato y la etapa actual.

Por lo mencionado, el presente trabajo se planteó como *objetivo principal*, evaluar en materia de historia ambiental, los principales cambios de cobertura y uso de suelo en la Región Huasteca en diferentes etapas de la historia mexicana entre 1521 y 2011.

### **Surgimiento del enfoque de historia ambiental**

En las últimas décadas, la geografía ha contribuido con un importante conjunto de herramientas como la cartografía, el análisis de mapas y más recientemente con la percepción remota y los sistemas de información geográfica. Asimismo, esta se ha nutrido de técnicas de investigación provenientes de la historia, la antropología o la sociología como son la observación participante, la investigación-acción, la investigación de documental en archivos y la consulta de fuentes orales. En este sentido, el intercambio de conceptos y técnicas de investigación, han permitido la apertura de nuevos campos de investigación y marcos de interpretación de una realidad social que en si es más compleja (Hernández, 2010).

De la combinación de los enfoques de la geografía y la historia surge la geografía histórica la cual nos permite ver y analizar que el espacio geográfico es dinámico y dialectico, como algo en constante transformación. Pero al mismo tiempo también puede revelar la existencia y permanencia de ciertos procesos que se mueven más lentamente o bien como diría Braudel que pertenecen a ciclos de larga duración (Hernández, 2012).

Asimismo, producto de intercambio de conceptos, metodologías de investigación y técnica surge el enfoque de la historia ambiental el cual tiene sus raíces en la geografía histórica la

cual es vista como una subdisciplina o disciplina autónoma (Baker, 2003) es un campo de conocimiento que se nutre tanto de la geografía como de la historia. Desde esa perspectiva, geografía histórica es un campo de conocimiento que se ocupa de un rango de problemas comunes a ambas disciplinas (Hernández, 2012).

Por lo tanto, bajo este enfoque se realizan investigaciones en temas tales como los cambios en el territorio, la evolución del paisaje o los cambios de cobertura y uso de suelo, las transformaciones de las formas de propiedad, así como, el estudio de aquellas actividades económicas que transformaron el territorio, el establecimiento de fronteras, los procesos de movilización de la población como las migraciones, el establecimiento y consolidación de las rutas de comercio, o bien de la expansión territorial de los gobiernos, o incluso temas como los desastres naturales o los cambios en el ambiente desde una perspectiva histórica (Hernández, 2012).

En el presente trabajo, la geografía histórica y por ende el enfoque de historia ambiental es una parte importante para el análisis de los procesos de la transformación del espacio geográfico, de forma más concreta, es este caso al estudio de los cambios de cobertura y usos de suelo que se han desarrollado en la Región Huasteca.

### **La historia ambiental**

Actualmente, la historia ambiental debe entenderse como una disciplina emergente que está en construcción de sus marcos epistemológicos, lo cual puede explicar que aún no existe consenso en torno a las formas de definirla como ciencia, así como en la delimitación de sus temas y problemas de investigación (Aguilar, 2005). Pese a ello, esta disciplina se está consolidando en el medio académico en la medida en que va respondiendo en cierta forma a las demandas de un conocimiento social. Esta disciplina emergió con el surgimiento de movimientos ambientalistas por los años 60s y su consolidación de sus bases se dio hasta los años 1970s (Crosby, 1995).

Por su parte, como un medio de fortalecer a la historia ambiental, Aguilar (2005) invita a reflexionar en torno de algunos temas relevantes para la consolidación de esta disciplina tales como: a) la reconstrucción de un medio más justo entre una posición antropocéntrica y una postura ecocéntrica; b) la consideración ambiental como eje articulador de la historia; c) la necesidad de identificar procesos productivos que sustancien el intercambio orgánico entre la sociedad y la naturaleza; d) la (re)formulación, (re)definición, (re)categorización o

(re)semantización de una base conceptual que dé cuenta de los procesos ambientales desde una perspectiva histórica; e) la revaloración y ampliación de fuentes de información para conocer el pasado, desde una perspectiva histórica diferente a la historia política, económica y social; f) la (in)validación de la información documental a través de la instrumentación de diversas estrategias de trabajo de campo que amplíen las posibilidades de interpretación, contraste y verificación de la información de archivo; g) la pertinencia de adoptar un enfoque regional en el estudio de la historia ambiental.

En el presente trabajo, la historia ambiental es vista como un marco de referencia para estudiar los procesos de cambio ambiental, y el tema que abordamos sobre los cambios de cobertura y uso de suelo, la deforestación y aquellos ligados al cambio en el paisaje por lo general es un tema emergente en esta disciplina. Por tales motivos, recurrir al enfoque a la historia ambiental para identificar los factores de cambios, es muy relevante para esta investigación.

### **Los modos de producción**

El concepto de modos de producción es muy discutido, según Cronon (1990), Marx concentro su atención en la sobrevivencia humana y no tuvo en cuenta que otros organismos cuya labor, producción y reproducción no son menos esenciales que lo humano. Asimismo, Donald Worster en Cronon (1990) menciona que el concepto de modo de producción se basa en una idea materialista, pues aquí se debe reconocer que la naturaleza no es sólo un simple paquete de calorías y nutrientes que sostienen la vida de una comunidad humana, es, también, una construcción cultural elaborada. Además, existen dos problemas adicionales con los modos de producción ecológicos, el holismo y el análisis holístico.

Por un lado, el análisis holístico tienen la gran atracción de alentar a los historiadores a ver toda la naturaleza y la humanidad, para rastrear las múltiples conexiones o relaciones entre las personas y otros organismos, hasta que finalmente surge una comprensión integrada de esas relaciones (Cronon, 1990).

Por otro lado, el holismo disuade la búsqueda en materia de conflicto y las diferencias entre los grupos de personas y es una de las principales razones de fracaso en este campo de investigación de la historia ambiental (Cronon, 1990).

Un modo de producción, en sentido amplio, presumiblemente incluye lo familiar, social, religioso, lo ideológico, y otras instituciones que permiten relaciones político-económicas para funcionar y reproducir por ellos mismos de una generación a otra. Una redefinición de Cronon (1990) es que un modo de producción es el conjunto de relaciones entre los miembros humanos y no humanos del gran ecosistema que desempeñan un papel importante en el mantenimiento y la reproducción de la economía y de la vida cultural de un grupo humano particular.

Por éstas y otras razones, el concepto de “modo de producción” ha sido muy difícil de operar en historia ambiental, por lo cual podemos señalar que los procesos productivos son quizá la mejor forma de sustanciar el intercambio orgánico entre la sociedad y la naturaleza a través de una línea de tiempo (Aguilar-Robledo & Torres, 2005) como se plantea en el presente trabajo.

Además, estos procesos serían la base fundamental para periodizar los procesos de cambio ambiental, cambios que se han acelerado y profundizado conforme ha avanzado la modernización del modelo capitalista (Aguilar-Robledo & Torres, 2005). Estos cambios ambientales producidos por las actividades humanas deberían ser medidos en una escala donde se identifique su inicio, su desarrollo y final, por ello se requiere por lo menos dos cortes sincrónicos, uno al inicio y otro al final, fundamentales para evaluar la profundidad o alcance de los impactos de los procesos analizados (Aguilar-Robledo & Torres, 2005).

### **1. Área de estudio**

La Huasteca es una región, que se encuentra compartida por diversas entidades político-administrativas, cada una de ellas se denomina según el estado de la república a la que pertenece. Así se tiene a la Huasteca Hidalguense<sup>3</sup>, Potosina, Tamaulipeca, Veracruzana<sup>4</sup>, y hay quienes consideran que existe una Huasteca Poblana y otra Queretana (Guzmán, 1987; Téllez, 1992), las cuales son tomadas en cuenta en el presente análisis (Figura 1).

---

<sup>3</sup> La porción de la Huasteca que hoy pertenece a hidalgo, fue parte del estado de México hasta 1869 (Lugo, 1994).

<sup>4</sup> Una parte importante de lo que es actualmente la Huasteca veracruzana, que abarca los distritos de Tuxpan y Chicontepec-Huayaccocotla que pertenecieron al estado de Puebla hasta 1953 (Belmonte, 1987; Téllez, 1992).

Para contextualizar a la Huasteca, se pueden encontrar desde definiciones históricas hasta culturales, pasando por las cinematográficas, geográficas, biológicas, políticas, arqueológicas, “oficiales”, económicas, socioétnicas, y las de seguridad nacional (Escobar & Carregha, 2002).

Para una mejor comprensión y definición de lo que es la Región Huasteca, habría que tratar de vincular en el tiempo y en el espacio, a la sociedad, la cultura, el medio ambiente y la historia. Según Escobar & Carregha (2002), una región no puede definirse de acuerdo a una delimitación fija, no movernos con ella a lo largo del tiempo sin hacer una serie de ajustes necesarios, sino, por el contrario, observarla como un ente vivo en constante movimiento, constituido por un espacio o uniforme, sin una “frontera” lineal precisa y con una estructura interna propia, ya sea polarizada, nodal, funcional, o sistémica y donde la interrelación entre sus diversos actores es constante. Esto lleva a observar expansiones y contracciones del mismo espacio estudiado, a través de diversos y variados momentos y procesos históricos.

Además, se entiende por región como un concepto no determinado por el factor geográfico, si no por factores tales como la territorialidad y los intereses comunes inherentes en la sociedades que se desarrollan en ese espacio (Rangel & Salazar, 2002).

Por tales razones, el análisis histórico ambiental que realizamos no puede limitarse a unos de los contextos o límites ya mencionados, el análisis está enfocado en todos aquellos antecedentes directos e indirectos que está vinculada a la región Huasteca.

Por ello, cuando se habla de la Región Huasteca habrá que preguntarse de dónde proviene tal término “Huasteca”. Ariel De Vidas (2013) describe bien este vocablo y basándose en diferentes autores indica que tiene un origen múltiple. Por su lado, Sahagún (1977) plantea que el término provendría del vocablo náhuatl *cuextlan* que designa un lugar geográfico pero que podría también provenir del nombre del soberano original de ese pueblo, llamado *Cuextecatli*. Según Van Zantwijk (1989) sería el lugar de *cuextli*; el sentido de la raíz *cuex* en náhuatl se refiere a la sinuosidad, la redondez o curvatura, por lo que el topónimo significaría, en el mismo orden de ideas, “caracol” (Molina, 1977) y estaría relacionado, en tal caso, con las conchas de caracoles marinos que adornaban los cinturones de los guerreros huastecas (Van Zantwijk, 1987). Por otro lado, según Sahagún (1977), esta región tropical y fértil se llamaba también, en el período prehispánico (precolonial)

“Tonocaltlalpan” que significa el lugar de abastecimiento, de abundancia, o “Xochitlalpan” lugar de las flores.

Según Meade (1942) el término hispanizado Huasteca significa “lugar de los cúes” que eran montículos artificiales en los que se establecían los santuarios huastecas. Por otro lado, si se deja de lado la etimología popular, antigua y contemporánea, sería más probable, lingüísticamente hablando, que este nombre sea un apócope de Huaxtecapan, lugar de abundancia de huax (*Leucaena esculenta* Benth.)<sup>5</sup>, un tipo de calabaza y símbolo de la fertilidad (Ariel De Vidas, 2013; Klipper et al., 1993; Alcorn, 1984; Martínez, 1979).

Existen antecedentes de que se realizaron esfuerzos que trataron de consolidar la Región Huasteca como una unidad administrativa en México. Por ejemplo la propuesta de Carmagnani quien intento de formar la provincia Huasteca que correspondería a la identificación de una territorialidad distinta a la que fue institucionalizada por el primer congreso constituyente de 1822. Para ello se requería la mutilación de otras territorialidades San Luis potosí, Nuevo Santander, Veracruz y Estado de México (Rangel & Salazar, 2002). Este intento fracaso y los grupos de poder de distintos territorios del oriente de México propusieron la conformación de un territorio separado de los poderes políticos provinciales, para conformar uno nuevo fundamentado en la necesidad de concretar un sentimiento de identidad regional y de interese comunes (Rangel & Salazar, 2002).

El grupo militar de Huejutla así como el de Villa de Valles, principalmente, se dedicaron a la tarea de impedir la consolidación de un nuevo grupo de poder de alcances regionales, el cual a través de los años, siguió operando, pero sin alcanzar la meta inicial, unirse en un territorio común (Rangel & Salazar, 2002).

En 1823 Cristobal Andrade, hizo la propuesta de hacer una región Huasteca, y con aliados de grupos de poder puso en marcha dicho plan el cual iba tomando buen rumbo, pero se encontró con la oposición de otros. La negativa de poder en distintas subdelegaciones para apoyar el proyecto, así como la intriga orquestada por militares como Cortés, impidieron que le proyecto se concretara. Algunos de los obstáculos eran el reacomodo de las fuerzas

---

<sup>5</sup> Ariel de Vidas (2013) indica que los nombres científicos de plantas mencionadas en su libro de donde se extrajo esta descripción provienen de diversas fuentes bibliográficas y no de una identificación directa de plantas recogidas en el terreno. Esto podría ocasionar ligeras variantes debidas a las diferencias climáticas entre la región de la Huasteca veracruzana, en la que los informantes me dieron los nombres populares de las plantas, y las regiones vecinas en las que los botánicos siguientes recogieron sus especímenes y a cuyas obras me referí para completar las definiciones.

políticas y económicas del país así como riesgo de una invasión extranjera y la importancia de los puertos de la región (Rangel & Salazar, 2002).

Nueve años más tarde se registró un movimiento similar, el primer intento del estado huasteco comandado por el general potosino Esteban Moctezuma, el cual tampoco prosperó, más adelante, hubo otros que por distintas circunstancias fracasaron (Rangel & Salazar, 2002), como por ejemplo la propuesta de “Iturbide” que en 1855 propuso crear el estado huasteco cuya capital sería el puerto de Tampico (Gómez, 2002).

Por último, hacia principios del siglo XX apareció el libro Huastecapan, el estado huasteco donde presenta los fundamentos de una separación territorial, esto basado en la reflexión del autor del libro sobre distintas costumbres regionales Huastecas (Rangel & Salazar, 2002).

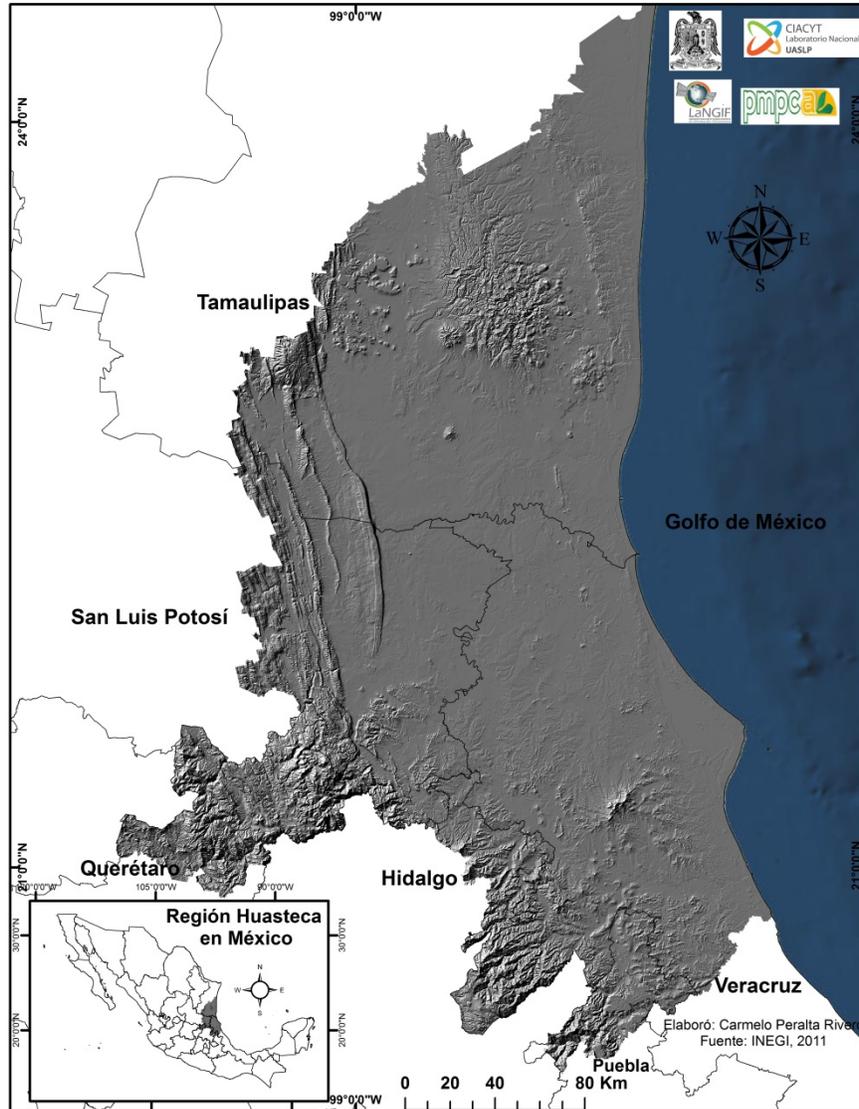


Figura 1. Localización de la Región Huasteca de México y sus entidades administrativas.

## 2. Bases metodológicas

Para analizar los cambios de cobertura y uso de suelo, la deforestación y en sí la transformación del paisaje en la Región Huasteca se utilizó la noción paisajística de Philippe Pinchemal el cual establece lo siguiente:

*“Todas las fuerzas combinadas contribuyen a la creación de un paisaje, el cual puede analizarse considerando tres tramos diferentes: la apropiación, la organización o conjunto de los elementos de la infraestructura y la utilización del suelo”.*

A partir de estos tres tramos de relaciones complejas, el análisis del paisaje puede realizarse bajo tres aspectos: 1) *morfológico* o análisis de las formas de los diversos elementos; 2)

*estratigráfico*, es decir, cuando se determina los elementos que corresponden a fases cronológicas diversas y; 3) dinámico (Contreras, 2011).

En lo que se refiere al tema de investigación se utilizará el análisis estratigráfico, ya que este método se ajusta al que se suele utilizar en los estudios de geografía del pasado o de historia ambiental y que coincide además al planteamiento que hacen otros autores, como Ramdle (1966), quien considera lo siguiente:

*“La geografía histórica o historia ambiental, no puede limitarse a reconstruir el pasado, tomando este, en fases parciales o estáticas, ya que esa no es la misión central de la historia, sino, por sobre todo integrar una continuidad coherente y dinámica que por motivos de sistema es más práctico fijar etapas, cortes en el tiempo”.*

Por lo expuesto, se realizó una revisión bibliográfica y hemerográfica así como fuentes de primera mano cómo los expedientes del Archivo General de la Nación (Instituciones Coloniales, Instituciones Gubernamentales: época moderna y contemporánea) e información cartográfica a partir de la cuales se hicieron inferencias en historia ambiental sobre los cambios de uso de suelo y deforestación en la Región Huasteca considerando cuatro etapas cronológicas:

- ✓ Etapa precolonial
- ✓ Etapa colonial y post colonial
- ✓ Etapa del porfiriano
- ✓ Etapa actual

Adicionalmente se tomó en cuenta el concepto de los modos de producción el cual es muy útil cuando se analizan cambios en el paisaje en etapas o cortes sincrónicos de análisis. Según esta fundamentación, el presente trabajo se apoya en este concepto para explicar los cambios ambientales como los ocurridos en materia de cobertura y uso de suelo desarrollados en la Región Huasteca, mediante ejemplos que consideran lapsos variables de tiempo (etapas mencionadas) donde el impacto de un proceso productivo ha afectado al paisaje y los ecosistemas, que para el presente análisis se trata de la Huasteca.

### **3. Resultados y discusión**

Las principales transformaciones del ambiente en la Región Huasteca se presentan en las siguientes etapas de análisis.

#### **4.1 Etapa precolonial (antes de 1521)**

Para el presente análisis, la etapa precolonial se la considera hasta antes del año 1521 tomando en cuenta en análisis del cambio de paisaje en México presentado por el Instituto de Geografía (1992a) para esta etapa (Figura 2).

La Región Huasteca pudo haberse definido como tal entre los años 200 y 900 d.C. (Ramírez, 2000; Ariel de Vidas, 2013), y existía una cultura con una organización política formada por señoríos, quienes eran constituidos por grupos étnicos como los Otomíes, Tepehuas, Totonacos, Pames, Náhuatl y Téneek (Reyes et al., 2006). Para ese entonces, es evidente que en la Huasteca existían diferentes grupos que aprovechaban los recursos naturales. Según Perez-Zeballos (1983), desde sus inicios esta región caracterizó por su gran riqueza biológica y cultural aludiendo incluso la denominación por los pobladores mesoamericanos de “Tonocatlalpan” o “lugar de bastimentos”, es decir, un lugar dónde existían una infinidad de recursos útiles para provisiones.

La presencia de distintos grupos étnicos, Huasteco, Nahua Tepehua, Otomí y Totonaco le dieron a la Huasteca prehispánica una particular complejidad. La impresión general de los españoles tuvieron de la Huasteca era la de una provincia muy rica en alimentos y densamente poblada; así lo sugirieron las apreciaciones de Francisco de Garay (1519-1521) y posteriormente las de Diego Ramírez (1552), fray Nicolás de San Pablo (1554) y el arzobispo Pedro de Moya y Contreras (1574) (Briceño et al., 1993).

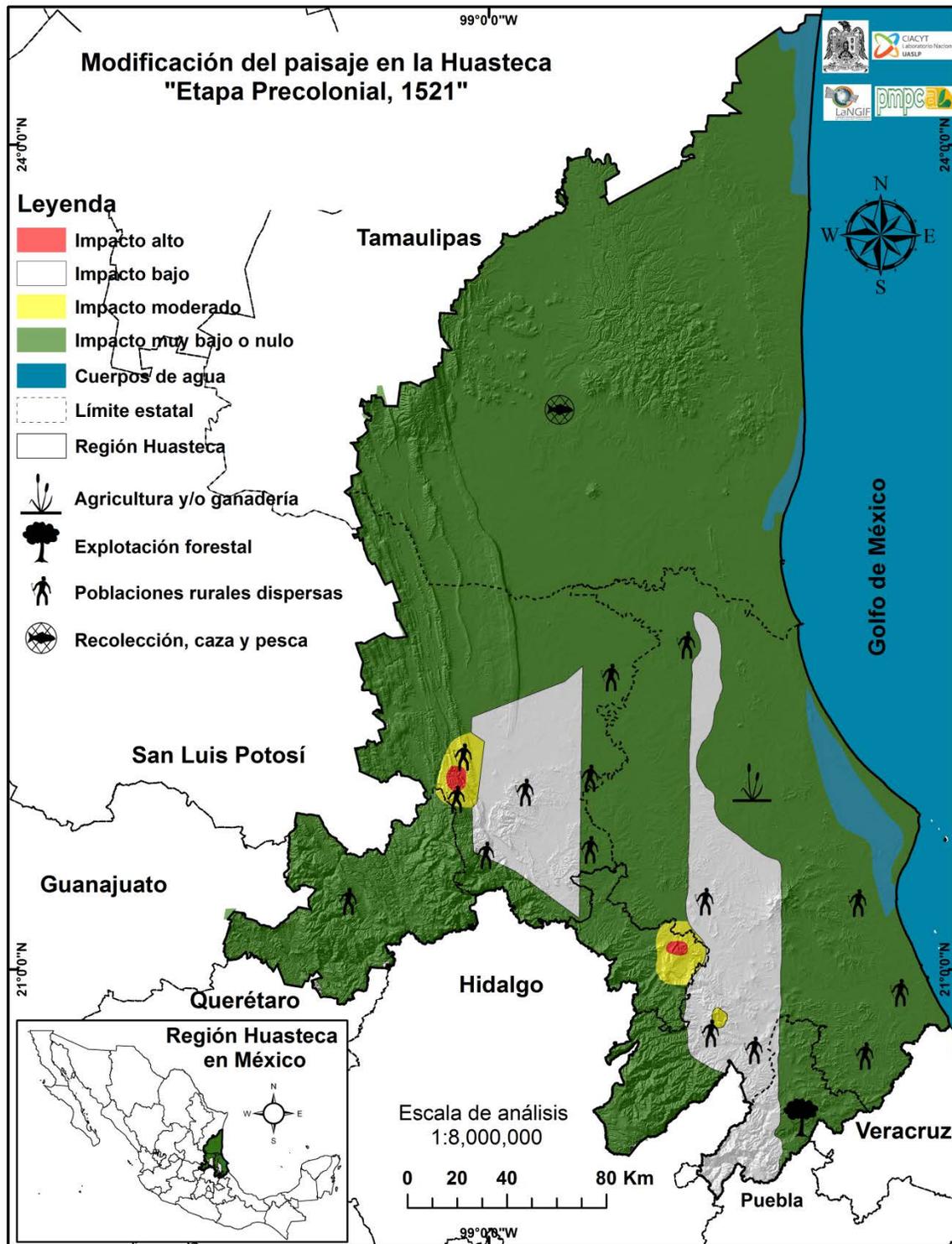
La población en esta región ascendía entre 1,094,100 y 1,309,812 habitantes tomando en cuenta sólo a los Pames, Náhuatl y Téneek (Perez-Zeballos, 1983); mientras que Borah & Cook (1963) también indican que la población era de aproximadamente un millón de habitantes que comparado con la población del año 2010 (3,456,903 habitantes) (Conabio 2012), parece ser que había una gran densidad poblacional sobre el territorio para esos años de la etapa precolonial o prehispánica.

Para ese entonces, la actividades relacionadas con el uso de suelo demuestran que existían una gran variedad de productos como tubérculos como el “quequexquic” o el “camotli”, así como todos los géneros del algodón y una gran variedad de flores por lo que también fue llamada como “Suchitlalpan” es decir “lugar de rosas o flores” (Perez-Zeballos, 1983).

Los Huastecos sembraban y consumían maíz, así como calabaza, cacao, árbol del hule y magueyes. Estas prácticas agrícolas, constituyeron el primer cambio de uso del suelo

realizado en esta región, proceso que se modificaría en nuevas actividades posterior a la invasión de los españoles (Pérez-Zevallos, 1983).

No obstante, estudios como el de Perez-Zeballos (1983) y el Instituto de Geografía (1992a) demuestran que para ese entonces que el paisaje de esta región se mantenía con un impacto muy bajo (Figura 2). De acuerdo con la descripción de algunos indígenas, informantes de españoles durante la conquista, la Huasteca es referida como un lugar en su mayoría montañoso, lleno de árboles y de palmeras, donde proliferaban plantas medicinales, conocidas y utilizadas por los Huastecos. En cuanto a las especies animales que en ella se encontraban eran descritos venados, papagayos, guacamayas, faisanes, y pavos silvestres (Pérez-Zeballos, 1983).



*Figura 2. Representación de la modificación de los diferentes tipos de paisajes en la Región Huasteca, época Precolonial.*

En la figura dos se puede apreciar que en la época precolonial el impacto sobre la cobertura y usos de suelo se desarrollaba sobre todo en la parte sur de la Huasteca, lugar donde se encontraban los asentamiento o población rural dispersa de los grupos indígenas ya mencionados previamente. Asimismo, el impacto fue muy bajo o nulo en la parte norte de la Huasteca (color verde), en dónde las actividades eran más de recolección, caza y pesca, sobre todo en Tamaulipas. Sin embargo, ya se podía observar indicios de una modificación del paisaje de una forma moderada en algunos puntos de la región suroeste (color amarillo). De igual forma, ya existían prácticas agrícolas y/o ganadería itinerante en la región (observe el símbolo V) con un bajo impacto en el paisaje.

No cabe duda que esta región permaneció bajo el dominio de los diferentes grupos indígenas prehispánicos hasta la llegada de los españoles y por ende el destino de esta región cambiaría, entre esas mudanzas, los procesos productivos ocasionarían cambios de cobertura y uso de suelo, una nueva configuración del paisaje y otras transformaciones (inicio de la etapa colonial).

#### **4.2 Etapa colonial (1522-1821)**

La etapa colonial se la considera aproximadamente entre 1522 y 1821 tomando en cuenta en análisis del cambio de paisaje en México presentado por D Luna et al. (1992b). Para el presente análisis, la post colonia comprende entre los años 1822 y 1880.

Para el año 1521, Francisco de Garay intento poblar la región Huasteca, pero sus múltiples expediciones a lo largo de Pánuco terminaron igualmente en fracasos ante la resistencia indígena de ese entonces (en Ariel de Vidas, 2013). En octubre de 1522, Hernán Cortés vino al rescate de Garay y sus tropas, y trataba ante todo de no ceder a otro la gloria y el lucro de una nueva conquista (en Ariel de Vidas, 2013). A comienzos de 1523, Cortés fundó la Villa de Santisteban del Puerto “Pánuco”, donde estableció a 120 españoles a fin de administrar a la población recientemente sometida (en Ariel de Vidas, 2013). Esos eventos fueron el inicio de la etapa colonial y el inicio de las transformaciones en la Región Huasteca.

A partir de esta irrupción española, la Huasteca experimentó muchos cambios. En 10 años su población disminuyó drásticamente debido, por un lado, a la venta de esclavos que desde 1524 se enviaban de esta zona al Caribe y la Antillas. Por otro, las epidemias, como el sarampión, que azotaron la región antes de 1532. Asimismo, algunos estudios demuestran

que la presencia de nuevas enfermedades aparecieron entre los años de 1545 y 1548 en la que hubo un enorme descenso de la población (Ramos, 2007). De esta manera, las poblaciones de las costas de toda América sufrieron las tasas más elevadas de etnocidio. La reducción de la población ocasiono una disminución de la fuerza de trabajo (Briceño et al., 1993).

Diezmada la población, muchos antiguos asentamientos fueron abandonados paulatinamente. Hacia 1933, grandes extensiones de tierra escapaban al control de los indígenas y tomaba forma la reorganización territorial colonial (Briceño et al., 1993).

Las sucesivas bajas demográficas de 1545-1548 y de 1576-1581, impusieron nuevos patrones en el sistema (antes encomiendas etc.), que permitieron a la ya diezmada nobleza indígena volver a usufructuar por poco tiempo el poder. Para mediados del siglo XVI, en la Huasteca se realizaron las primeras congregaciones o reducciones, como sería el caso de Huejutla. Se hicieron con el fin de controlar de manera más efectiva la fuerza de trabajo indígena y facilitar la obra evangelizadora. Este hecho marco el comienzo de los cambios radicales en la tenencia de tierra, posiblemente por la baja demográfica (Briceño et al., 1993).

Ya en 1532 Gómez Nieto mencionaba que la población de pueblos huastecos en su integridad había abandonado sus localidades para establecerse más al norte, entre los pueblos nómadas no pacificados, a fin de evitar el contacto con los españoles (AGN, *Congregaciones*, f. 80v, en Ariel de Vidas (2013). Esos movimientos migratorios se adivinan en el mapa de la Huasteca dibujado por Abraham Ortelius a fines del siglo XVI, en el que se observa un número importante de localidades con topónimos huastecos –con el prefijo inicial *tan* = lugar– al norte del Pánuco, frente a un relativo vacío al sur y a lo largo de la costa (Figura 3).

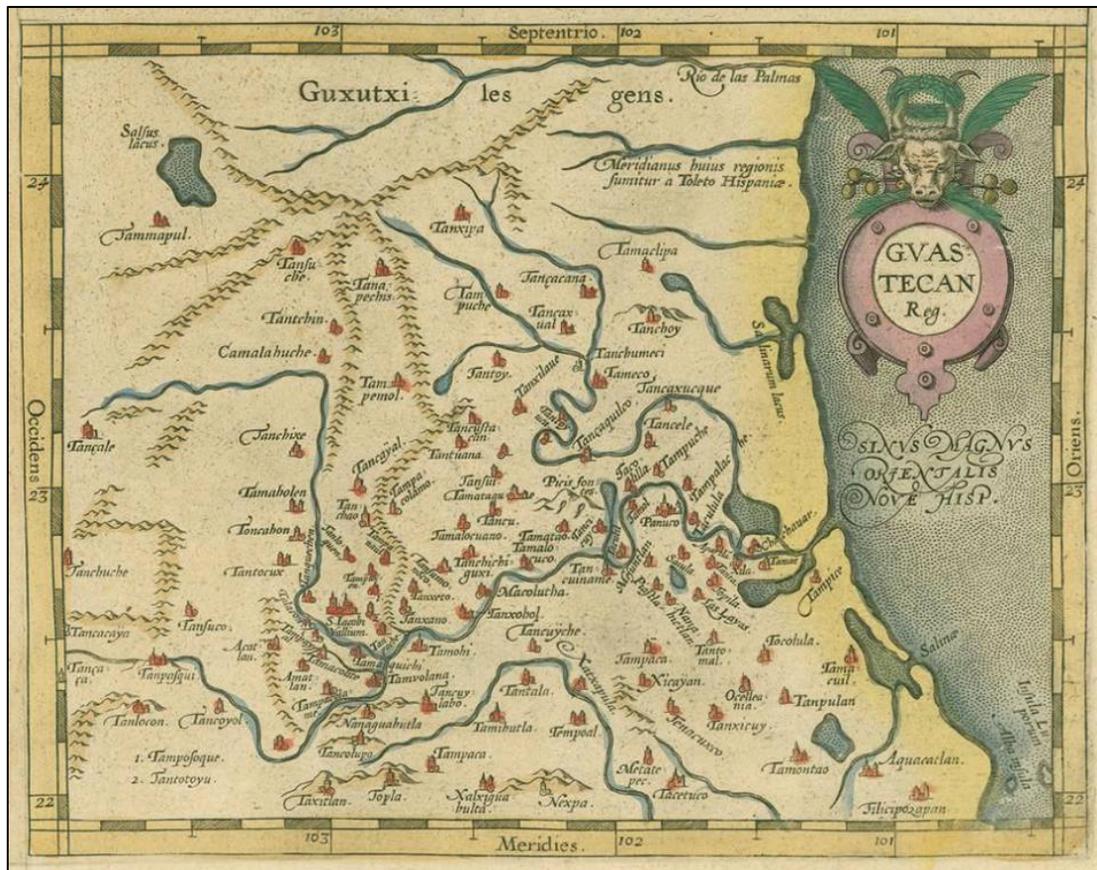


Figura 3. Primer mapa de la Huasteca de Abraham Ortelius a fines del siglo XVI. Fuente: Mapa publicado en Ariel De Vidas (2013).

La figura tres nos muestra que la población se adentra a otras áreas de la Huasteca lo que quiere decir que la región empieza a ser más explorada en los primeros años de la colonia. Asimismo, dicho análisis del movimiento migratorio en conjunto con el mapa de Ortelius coinciden con la modificación del paisaje en la parte norte de la Huasteca y una recuperación del paisaje en la zona sur (Figura 4). Posteriormente, para el norte de la Huasteca se reportan actividades de ganadería extensiva y pastoreo, agricultura de riego, agricultura de temporal y el impacto sobre el paisaje ya es clasificado como alto en algunas áreas para finales de la colonia hacia el año 1821 (Figura 4).

Volviendo al inicio de la colonia, una vez estando la presencia española en la Huasteca, esta trajo consigo la incorporación de la ganadería, el cultivo de nuevos productos y una posición muy particular para la Huasteca que la llevó a ubicarse como una importante zona comercial y de abastecimiento. El ganado vacuno se lo introdujo desde el siglo XVI como

negocio exclusivo de la gente de razón, lo cual transforma el entorno natural por la necesidad de los cultivos ganaderos, indispensables para tal actividad (Cabrera, 2002).

La disminución de la fuerza de trabajo que se dio por la disminución de la población indígena hasta del 90% (Ariel de vidas, 2013), permitió la habilitación de grandes extensiones de espacios despoblados, lo que generó el ingreso de los españoles sin mayor problema y con ellos la invasión del ganado. Esta colonización se desarrolló principalmente en las zonas de los valles, ya que los españoles preferían las tierras planas dejando en manos de los pocos indígenas que quedaban las zonas ubicadas en las sierras (Ramírez, 2000). El uso del suelo condicionó de alguna manera decisiva tanto el tipo de tenencia como los niveles de intervención en el paisaje, ocasionado cambios significativos en esta región (Quintero, 2012).

En relación de la introducción de ganado por los españoles, la hipótesis que menciona Aguilar-Robledo (2001), es que a pesar de que en algunas décadas del siglo XVI en la Huasteca (región de San Luis potosí) el crecimiento del ganado fue explosivo, el débil desarrollo del sistema de tenencia de la tierra, la movilidad tanto de ganado estante como de trashumante, los fenómenos meteorológicos, el ataque de fieras, y otros factores mantuvieron el hato regional a un nivel tal, por lo que se cree que su repercusión ambiental osciló de moderada a baja durante todo el virreinato. Por lo mencionado, Aguilar-Robledo, (2001) indica que el impacto de la ganadería en la parte de Huasteca (región de San Luis Potosí) fue bastante moderado, tal como lo refleja el mapa de modificación del paisaje presentado por el Instituto de Geografía (1992a) (Figura 4).

Aguilar-Robledo (2001) también menciona que aunque en los datos de la Huasteca Potosina son endebles, existen evidencias de que esta región participó del auge ganadero. Por ejemplo, observaciones del historiador Juan Suárez de Peralta, quien llegó a afirmar que para finales del siglo XVI por el rumbo de Valles en las tierras calientes de la Huasteca Potosina, se reunían jinetes ganaderos lo cuales poseían millares de estos animales. El crecimiento del hato ganadero se dio entre 1530 y 1570 y para finales del siglo XVI y comienzos de siglo XVII la región cayó en una crisis, lo cual se refleja en las diversas ordenanzas (de la Mesta por ejemplo) que hacían énfasis de tal situación (Aguilar-Robledo, 2001). La trashumancia fue muy importante para que el ganado no impacte a los ecosistemas, lo cual se evidencia que se dio hasta el siglo XVIII.

Esta trashumancia estaba dirigida a prevenir el sobrepastoreo, de algún modo alentado por el modo de tenencia, y por lo mismo, a evitar la degradación ambiental. También la legislación colonial alentaba una política conservacionista, por ejemplo controlaban la quema de pasto, la deforestación circundante a la minería y ganadería entre algunas (Aguilar-Robledo, 2001).

Sin embargo, pese a la explosión ganadera en el siglo XVI, ésta decayó en los siguientes años. Por ejemplo, Monroy de Martí menciona que en 1819 sólo había un total de 13,175 cabezas de ganado mayor, 675 cabras trashumante y tan solo 303 ovejas, es decir 978 cabezas de ganado menor (Monroy de Martí, 1991 en Aguilar-Robledo, 2001), asimismo, se menciona que este censo se realizó luego de una gran mortandad que sufrió la región luego de dos huracanes en 1818.

Otro caso en la Huasteca fue el caso en Altamira de Tamaulipas entre 1820-1824, sobre todo para el último año, no solo la actividad comercial había cesado, sino que incluso la cría de ganado disminuyó significativamente. De 16,056 cabezas de ganado que había en 1820, quedaban sólo 7,373. Los que elaboraron las estadísticas indican algunas causas naturales como la escasez de agua que limitó a la ganadería (Galicia, 2002).

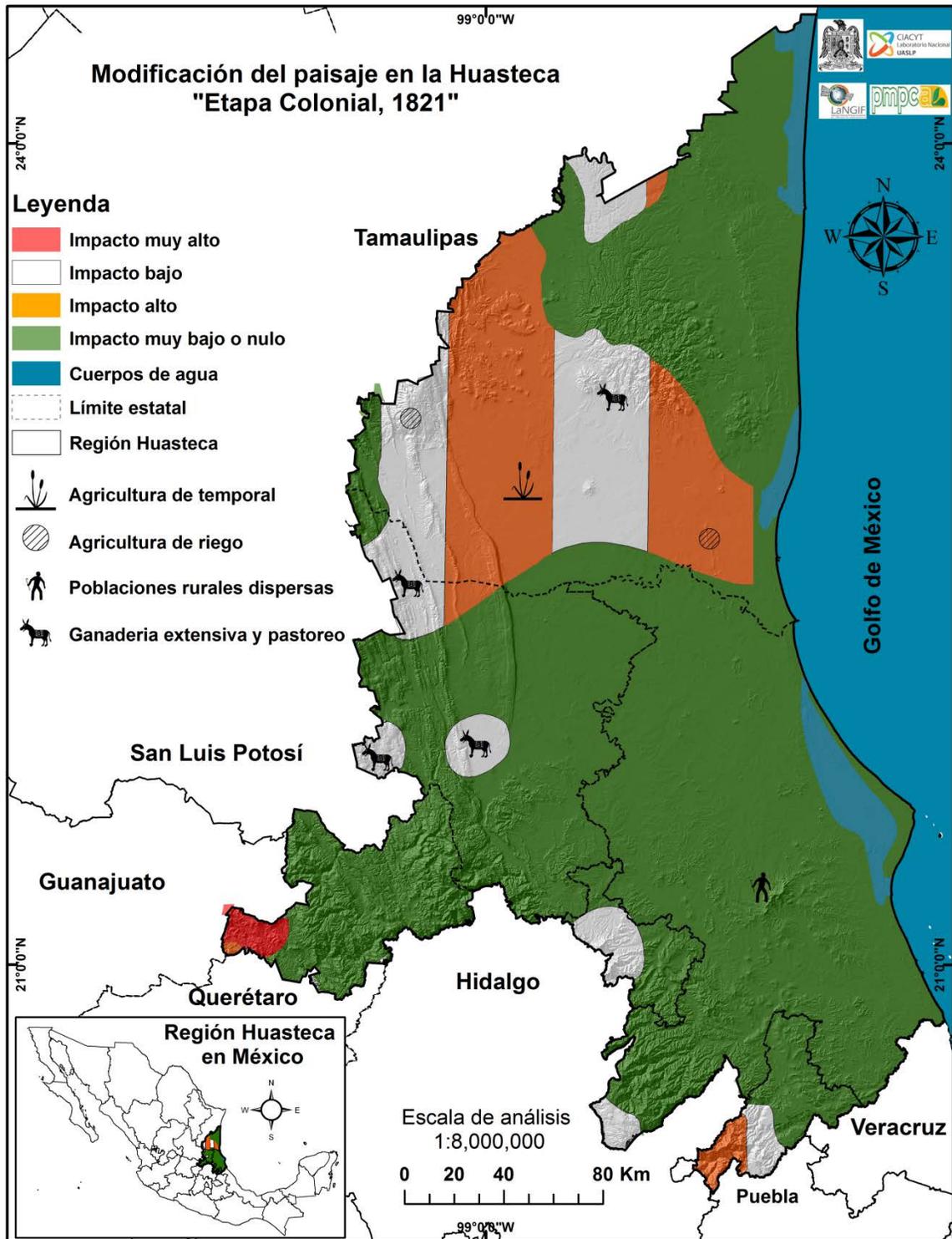
Está claro que el hato ganadero está por debajo a lo que existió en el siglo XVI, en donde se indica que un ganadero tenía como mínimo unas 20,000 cabezas de ganado y otros entre 150,000 vacas. Sin embargo, es muy difícil inferir con certeza sobre estos cambios y para ello se necesita una investigación más exhaustiva del caso.

Aguilar-Robledo (2001) indica que la tendencia de decrecimiento de la ganadería no volvió a cambiar hasta principios del siglo XX donde hubo un aumento considerable de ganado. Asimismo, menciona que fue hasta la puerta en marcha de la “revolución silenciosa” asociada a la introducción de pastos africanos, la introducción del alambre de púas y los bóvidos que sustituirían al Criollo, entre finales del siglo XIX hasta principios del siglo XX que la Huasteca Potosina, como otras regiones tropicales, sufriría una transformación radical de sus ecosistemas (empiezo de la industrialización en México e inició de la etapa del Porfiriato).

Por otro lado, entre los años 1810-1821 fueron un periodo decisivo para que los grupos de poder existentes en la Huasteca potosina consolidaran su presencia en la región, aprovechando el estado de guerra. Esta consolidación se dio a través de la actividad

comercial desarrollada y la ocupación de cargos militares y burocráticos. La consolidación del poder se inició a mediados del siglo XVIII, con el poblamiento del Nuevo Santander. La colonización de las tierras y la fundación de pueblos y villas favorecieron la expansión del comercio, de la producción agrícola y ganadera y la explotación de recursos naturales, como la sal de las regiones costeras. Santiago de los Valles en San Luis Potosí; empezó a ser un punto de producción y venta de ganado, sino que hacia la segunda década del siglo XIX también se convirtió en sede del poder político al desplazar a Aquismón y Tancanhuitz, antiguas cabeceras del poder político durante el siglo XVIII (Loyola, 2002).

La apertura de un puerto en Tampico se convirtió en un factor importante para la región, pues no sólo favorecía el comercio para el noreste novohispano al permitirles la salida y entrada de mercancías de regiones mineras como San Luís, sino que también facilitaba que este comercio se extendiera a regiones norteñas. Aunque no hay un estudio sobre la población en la Huasteca, es seguro que a partir de la segunda mitad del siglo XVIII hubo un crecimiento del número de habitantes, de su composición étnica y de asentamientos en un nivel regional (Loyola, 2002).



Elaboración propia sobre la base de:  
Carta sobre la influencia humana sobre el medio ambiente 1; época colonial ca. 1821. D Luna et al., 1992b.

*Figura 4. Representación de la modificación de los diferentes tipos de paisajes en la Región Huasteca, época Colonial.*

En pocas palabras, para tener un panorama general de la época colonial, la Huasteca estuvo articulada de manera dinámica al sistema económico colonial novohispano y contribuyó al desarrollo europeo.

#### 4.2.1 Fenómenos naturales y antrópicos que modificaron el paisaje

Otros fenómenos en los que se puede hacer inferencias respecto al cambio del paisaje en la región por las actividades humanas en la Huasteca son aquellas relacionadas por ejemplo a la sequía que perjudicaba a la agricultura y la cantidad de ganado que se producía en ese entonces que muy bien pudieron influir en el del cambio regional de la cobertura forestal y usos de suelo en la etapa colonial. Asimismo, los conflictos sociales durante esta etapa son indicadores de conflictos por la tierra, posesión de tierras y expansión de las actividades antrópicas sobre las coberturas de suelo (Tabla 1) (Apéndice 1).

*Tabla 1. Principales causas naturales y antrópicas que cambiaron el paisaje en la región Huasteca en la etapa colonial. Fuente: elaboración propia.*

| 1521 Fin de la Etapa Precolonial   |           |           |  |
|--|-----------|-----------|--|
| 1522 Inicio de la Etapa Colonia  |           |           |  |
| Francisco de Garay (gobernador de Jamaica) recibió una cédula real por parte de España que le autorizó a poblar la región Huasteca | 1521      | 1522      | Hernán Cortez fue al rescate de Garay y sus tropas a la Huasteca   |
| Cortés fundó la Villa de Santiesteban del Puerto, alias Pánuco   | 1523      | 1532      | Gómez Nieto: los pueblos huastecos abandonaron sus localidades para establecerse más al norte, a fin de evitar el contacto con los españoles |
| Hubo un enorme descenso de la población, principalmente por enfermedades (Ramos, 2007)   | 1545-1548 | 1530-1570 | Crecimiento acelerado del hato ganadero en la Huasteca (Aguilar-Robledo, 2001)   |
| Venta de tierras en la Huasteca, expansión ganadera (AGN, IC/T vol. 3696, f. 58)   | 1574      | 1579      | El fenómeno de la sequía afectó a la agricultura y ganadería en la Huasteca (AGN, IC/T, vol. 2723, exp. 28, f. 6)                            |
| Presión sobre las tierras. Efectos en los cambios de cobertura y uso de suelo (AGN, IC/C, vol. 4721, f. 1)                         | 1594      | 1598      | Asentamientos humanos congregados (AGN, IC/I, vol. 6, exp.916, f. 235)   |
| Expansión ganadera en la Huasteca (AGN, IC/GP, vol. 6, f. 55)  | 1603      | 1604      | Expansión ganadera en la Huasteca (AGN, IC/C, vol., f. 1)  |
| Abundancia ganadera y conflictos por las tierras (AGN, IC/RCOD, vol. D5, exp. 272, f. 69 Vta.)                                     | 1606      | 1612      | Expansión ganadera en la Huasteca (AGN, IC/C, vol., f. 16)   |
| Expansión ganadera en la Huasteca (AGN, IC/MPI, f. Mapa en papel. Sin escala)  | 1614      | 1632      | Actividad y expansión agrícola constante (AGN, IC/Inq., vol. 1428, f. 9)   |
| Venta de tierras en la Huasteca, expansión ganadera (AGN, IC/C, vol., f.7)   | 1634      | 1694      | El fenómeno de la sequía afectó a la agricultura y ganadería en la Huasteca (AGN, IC/C, vol., f. 2)  |
| Aumento demográfico en la Huasteca (AGN, IC/Cal., vol. 60, f. 51-85)   | 1722      | 1733      | El fenómeno de la sequía afecto a la agricultura en la Huasteca (AGN, IC/C, vol., f. 1)  |
| Posesión de tierras e incremento de diferentes tipos de usos de suelo (AGN, IC/AHH, vol., f. 25)                                   | 1736      | 1743      | Abundancia ganadera y conflictos por la tierra (AGN, IC/GP, vol. 70, exp. 295, f. 282v-283)  |

|   |      |      |  |
|---|------|------|--|
| Conflictos por la tierra (AGN, IC/C, vol., f. 20)   | 1750 | 1750 | Conflictos entre la población (AGN, IC/C, vol., f. 56)   |
| Conflictos entre la población (AGN, IC/C, vol., f. 121)   | 1750 | 1750 | Conflictos entre la población (AGN, IC/C, vol., f. 5)  |
| Posesión de tierras e incremento de diferentes tipos de usos de suelo (AGN, IC/C, vol. 318, exp. 15, f. 53) | 1751 | 1757 | Presión sobre las tierras para agricultura y generar tributos (AGN, IC/I, vol. 59, exp. 42, f.40-40v)  |
| El fenómeno de la sequía afectó a la agricultura y ganadería en la Huasteca (AGN, IC/AHH, vol., f. 2)       | 1766 | 1773 | Nueva jurisdicción para la Huasteca (Nuevo Santander), presión sobre las tierras para generar diezmo (AGN, IC/PI, vol. 194, exp. 1, f. 1-129)                        |
| Plagas afectaron a las tierras agrícolas en la Huasteca (AGN, IC/I, vol., f4)                               | 1774 | 1774 | Conflictos sociales entre la población de la Huasteca (AGN, IC/C, vol., f8)  |
| Sequía y enfermedades afectaron a la agricultura y ganadería (AGN, IC/T, vol. 2731, exp.16, f.1)            | 1974 | 1975 | Se realiza un inventario ganadero en la Huasteca (AGN, IC/PI, vol. 138, exp. 1, f. 1-8)  |
| Evidencia de posesión de tierras y aumento constante de los usos de suelo (AGN, IC/C, vol., f. 2)           | 1779 | 1787 | Sequías y enfermedades afectaron a la producción agrícola (AGN, IC/I, vol. 69, exp.361, f.274v)  |
| Sequías y enfermedades afectaron a la producción agrícola (AGN, IC/I, vol. 69, exp.363, f.275v-275v)        | 1787 | 1788 | Sequías y enfermedades afectaron a la producción agrícola (AGN, IC/I, vol. 69, exp.126, f.41v-42)  |
| Se da servicio de salud en la Huasteca (AGN, IC/H, vol. 54, exp. 3, f. 24-63)                               | 1791 | 1793 | Sequía afectaron a la producción agrícola (AGN, IC/C, vol. f.3)  |
| Sequía y enfermedades afectaron a la producción agrícola (AGN, IC/I, vol. 69, exp.303, f.208-209)           | 1794 | 1794 | Sequías y enfermedades afectaron a la producción agrícola (AGN, IC/I, vol. 69, exp.318, f.228v-229v)   |
| Sequías y enfermedades afectaron a la producción agrícola (AGN, IC/I, vol. 69, exp.314, f.223-224v)         | 1794 | 1799 | Posesión de tierras e incremento de diferentes tipos de usos de suelo (AGN, IC/C, vol., f. 12)   |
| Evidencias de que las tierras son controladas y se incrementa los usos de suelo (AGN, IC/OG, vol., f.6)     | 1801 | 1805 | Sequías afectaron a la producción agrícola (AGN, IC/C, vol. f.3)   |
| Asentamientos humanos descuidados en la Huasteca (AGN, IC/BN, vol. 117, exp. 36)                            | 1809 | 1811 | Conflictos armados en la Huasteca (AGN, IC/OG, vol. 20, exp. 2, f. 77-86)  |
| Conflictos armados en la Huasteca (AGN, IC/OG, vol., f. 6)  | 1812 | 1813 | Conflictos armados en la Huasteca (AGN, IC/OG, vol. 120, exp. 96, f. 356-362)  |
| Conflictos armados en la Huasteca (AGN, IC/OG, vol. 68, exp. 17, f. 58-60)                                  | 1817 | 1818 | Conflictos armados en la Huasteca (AGN, IC/OG, vol. 121, exp. 53, f. 180-189)  |
| Conflictos armados en la Huasteca (AGN, IC/OG, vol. 121, exp. 61, f. 209-213)                               | 1818 | 1818 | Conflictos armados en la Huasteca (AGN, IC/C, vol., f. 1)  |
| Conflictos armados en la Huasteca (AGN, IC/C, vol., f. 2)   | 1818 | 1818 | Conflictos armados en la Huasteca (AGN, IC/OG, vol. 122, exp. 13, f. 58-61)  |
| Hubo mortandad de ganado en la región por el paso de dos huracanes  | 1818 | 1819 | Sólo había un total de 13,175 cabezas de ganado mayor, 675 cabras trashumantes, y tan sólo 303 ovejas, es decir, 978 cabezas de ganado menor (Monroy de Martí, 1991) |
| <b>1821 Fin de la Etapa Colonial</b>  |      |      |  |

#### 4.2.2 La post colonial (1822-1800)

Ya con la producción del algodón y sus productos, la caña de azúcar y sus derivados, la cría de mulas y engorde y comercialización de vacunos, rubros a lo que se añadió el tabaco en la época colonial y el café desde el siglo XIX, la explotación del petróleo siglo XX (Cerro

Azul, el más productivo del mundo por varios decenios) puntos que se describe en el Porfiriato, la producción de cítricos en gran escala, en la actualidad la Huasteca es una zona de abasto de productos primarios (Cabrera, 2002) (puntos que se describe en la etapa actual).

Durante esta etapa post colonial, en la región se desarrollaron una serie de conflictos por la tierra y los recursos forestales lo cual nos indica la presión sobre los recursos forestales y por ende la transformación o el cambio de las coberturas y usos de suelo, y el paisaje en general.

Por ejemplo, la sociedad del fomento de Tuxpan de 1841. En el plano político y económico, fue la sociedad de Tierras de Tuxpan. Los principales mecanismos para el control de los recursos y formación de fortunas fueron la adquisición de tierras y la práctica mercantil, en el caso de Tuxpan, lo primero se realizó a través del condueñazgo. Estas tierras fueron ricas maderas preciosas y productos de la selva, con demanda en el mercado exterior (Gómez, 2002) y por ende una de las causas de conflictos por las tierras.

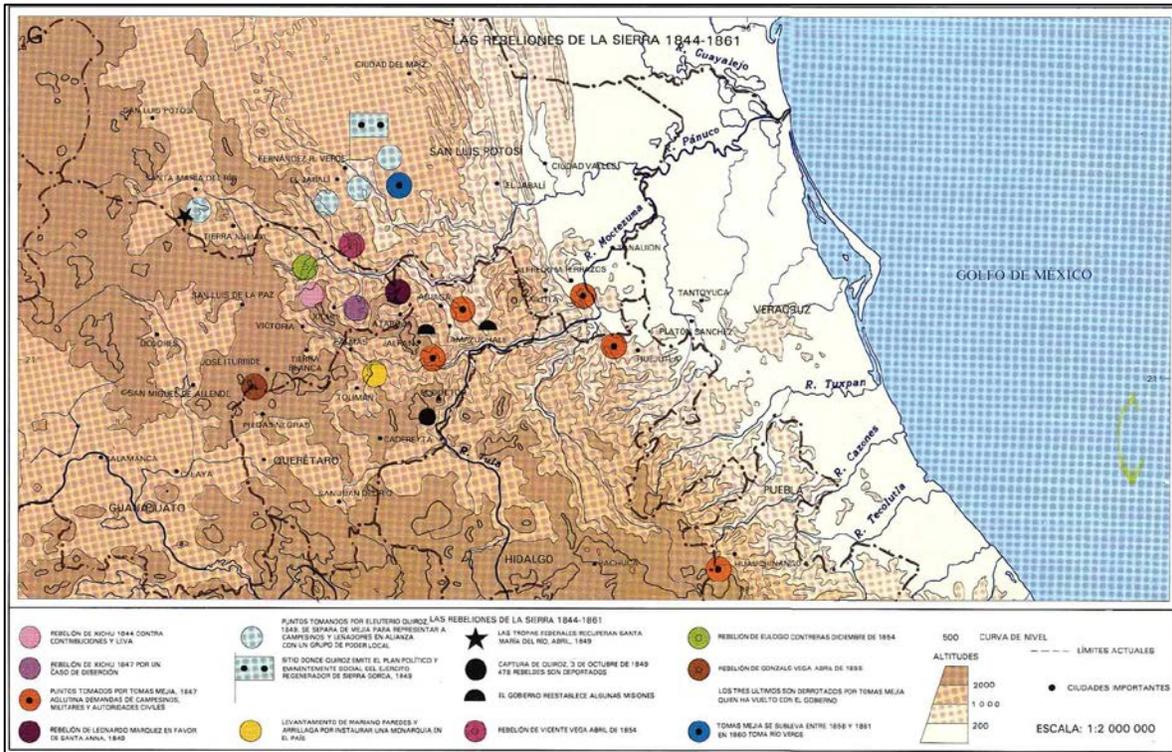
Otro caso que se puede observar fue en la capital de la Sierra Gorda de Querétaro que pertenecía a San Luis de la Paz (perteneciente al actual estado de Guanajuato). Por su parte, existió una demanda de los moradores de las zonas boscosas sobre el derecho a explotar libremente los bosques. En el mapa seis se puede observar que predominaban en la Sierra Gorda grupos indígenas como Totonacos, Nahuas, Huastecos y Pames (Figura 5). El límite aproximado de la territorialidad indígena insurgente viene marcado en el mapa de con líneas intersectadas de color café oscuro, de lo cual surgió una división marcada por desertores políticos y del ejército. Del mismo modo hubo cierta inconformidad cerca del Río Tula sobre los límites del territorio de la Sierra Gorda de 1854-1857.



*Figura 5. Demanda tradicional de los moradores de las zonas boscosas en que se reconozcan el derecho a explotar libremente los bosques. Fuente: Instituto de Geografía, 1992c. Mapa elaborado por Carmen Vázquez-Mantecón.*

Las consecuencias surgidas de las rebeliones de la Sierra Gorda predominaban en las regiones Huastecas de la República Mexicana (con regiones que tomaban altitudes aproximadas entre 200 a 200 msnm). Para el año de 1844 existió una rebelión en Xichú (municipio de Guanajuato) contra contribuciones y leva, esto ocasionaría una nueva Rebelión en Xichú en el año de 1847 por un caso de desertión. Durante el mismo año, en varias regiones del país como las localizadas entre el Municipio de Jalpan en Querétaro, Villa de Arriaga, Tamazunchale y Xilitla en San Luis Potosí, además del municipio de

Huejutla en el estado de Hidalgo y el municipio de Huachinango en el Estado de Puebla (Figura 6).



*Figura 6. Rebeliones en la Sierra Gorda en la región Huasteca periodo 1844-1861.*  
 Fuente: Fuente: Instituto de Geografía, 1992c. Mapa elaborado por Carmen Vázquez-Mantecón.

Asimismo, el militar Leonardo Márquez organizó una rebelión en el año de 1849 a favor de Santa Anna ubicada entre la colindancia de San Luis y Querétaro.

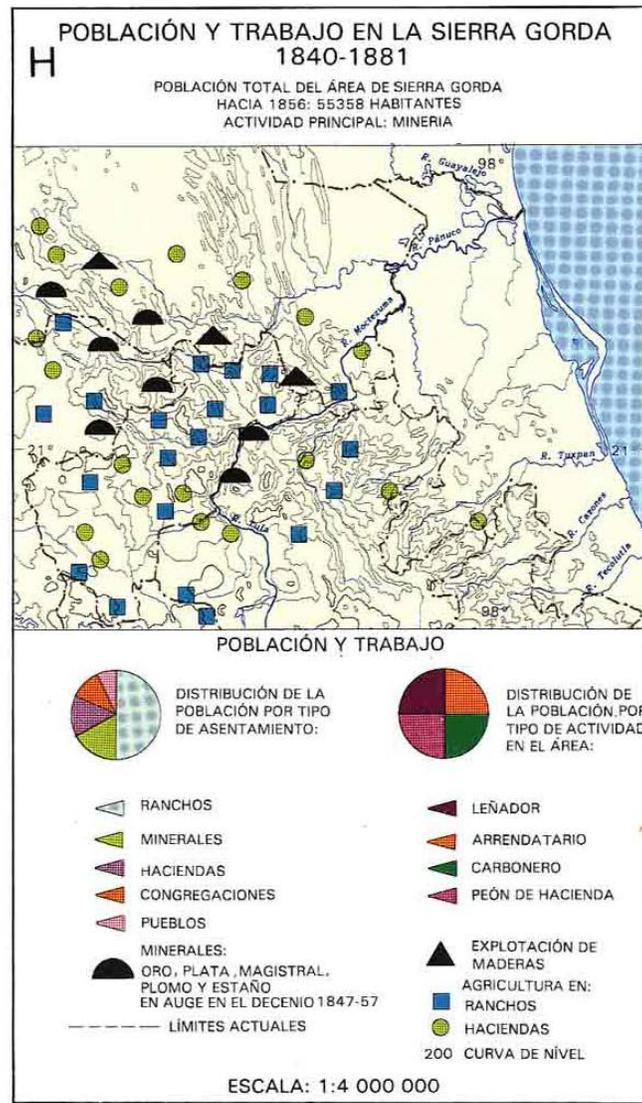
En territorio comprendido del actual San Luis Potosí, podemos encontrar que existieron varios puntos tomados por Eleuterio Quiroz que se separó del militar conservador Tomas Mejía en 1849, con la finalidad de representar a campesinos y leñadores en alianza con un grupo de poder local. Estos puntos predominaron en la localidad de El Jabalí en el municipio de Tamuín, así como los municipios de Santa María del Rio y Rio Verde, todos pertenecientes al estado de San Luis Potosí. En este último municipio, Quiroz emitió un plan político y social del ejército regenerador de Sierra Gorda en el año de 1849.

Mariano Paredes y Arrillaga realizó un levantamiento en el año de 1849 en el municipio de Tolimán en Querétaro, del cual su finalidad era la de instaurar una monarquía en el país. Por su parte las tropas federales recuperaron Santa María del Rio en Abril del mismo año.

Posteriormente el 3 de Octubre de 1849, 478 rebeldes fueron deportados al Sur de la localidad “El Doctor” en el municipio de Cadereyta en el actual estado de Querétaro cerca del río Tula. Del mismo modo, el gobierno restableció algunas misiones en el municipio de Tamazunchale en la región Huasteca de San Luis Potosí así como en el municipio de Jalpan localizado al Sur del Estado de Querétaro.

Durante el mes de abril de 1854, Vicente Vega conforma una rebelión cerca de los municipios de Atarjea y Xichú en Guanajuato. Por su parte existió otra rebelión organizada por Eulogio Contreras en Diciembre de 1854 en la parte Noreste de Guanajuato. Estos tres personajes mencionados anteriormente, fueron derrotados por Tomás Mejía vuelto ya con el gobierno entre Piedras Negras está situado en la localidad de Piedras Negras en el Municipio de Ezequiel Monte en Querétaro y el Municipio de San Miguel de Allende en Guanajuato. Finalmente Tomas Mejía toma Rioverde debido a las rebeliones que el conformó entre los años de 1858 y 1861.

Por otro lado, hacia el año de 1855 la población de la Sierra Gorda era comprendida por 55,358 habitantes, sobresaliendo como principal actividad económica la minería (Figura 7). Pero en cuanto a asentamientos de la población la mayoría pertenecía a ranchos, seguidos en forma ascendente por asentamientos mineros, haciendas, congregaciones y pueblos. El auge de los minerales extraídos fue comprendido en el decenio de 1847 a 1857 de los cuales predominaba el oro, la plata, magistral, plomo y estaño. Por su parte, la distribución de la población por tipo de actividad en la región de la Sierra Gorda era dividida equitativamente por leñadores, arrendatarios, carboneros y peones de hacienda que formarían parte de trabajos como explotación de maderas, agricultura en ranchos y haciendas.



*Figura 7. Población y trabajo en la Sierra Gorda (1840-1881). Fuente: Instituto de Geografía, 1992c. Mapa elaborado por Carmen Vázquez-Mantecón.*

En este periodo post colonia, gran parte de la tenencia de la tierra ya tenía dueño. La presencia de espacios vacíos o terrenos sin dueños era inexistente (Escobar, 2002). Los Estados de la nueva república elaboraron leyes que pretendían privatizar los terrenos comunales; aspecto que se centró a partir de la ley Lerdo<sup>6</sup> del 25 de junio de 1856 en donde directamente a nivel nacional se ordenó la división y repartición de las tierras de toda corporación civil y eclesiástica (Escobar, 2002).

La constitución de 1857 obligó a que el derecho fuera individual y no colectivo, siguiendo en mucho las ideas liberales de darle importancia al individuo. Según investigaciones de

<sup>6</sup> Ley Lerda de Desamortización de las Fincas Rústicas y Urbanas de las Corporaciones Civiles y Religiosas de México.

Guy Stresser-Peán a finales de la década de los 60s, a través de una introducción histórica desde el siglo XV hasta la actualidad. Consideró que en la segunda mitad del siglo XVIII y la primera mitad del siglo XIX, las haciendas absorbieron a muchos de los pueblos indios hasta que estos últimos recuperaron sus tierras por medio de los ejidos en las primeras décadas del siglo XX (Escobar, 2002).

Este monopolio de tierras través de la privatización llevo a la consolidación de grandes haciendas durante el siglo XIX de esta manera, los pueblos de ese entonces iban perdiendo sus tierras por la expansión de los alambre de púas y del ganado. Asimismo, la pérdida de tierras más fuerte de pueblos indígenas se dio en el llamado despojo agrario que comenzó con la ley Lerdo del 25 de junio de 1856, y no así durante el periodo colonial tardío y la primera mitad del siglo XIX (Escobar, 2002).

De igual forma, en el periodo 1821-1870, hubo una expansión territorial para las poblaciones campesinas de las Huastecas, particularmente las indígenas, por medio de tres mecanismos que provenían del periodo colonial: compra de tierras, triunfos en pleito legales e invasiones (Escobar, 2002).

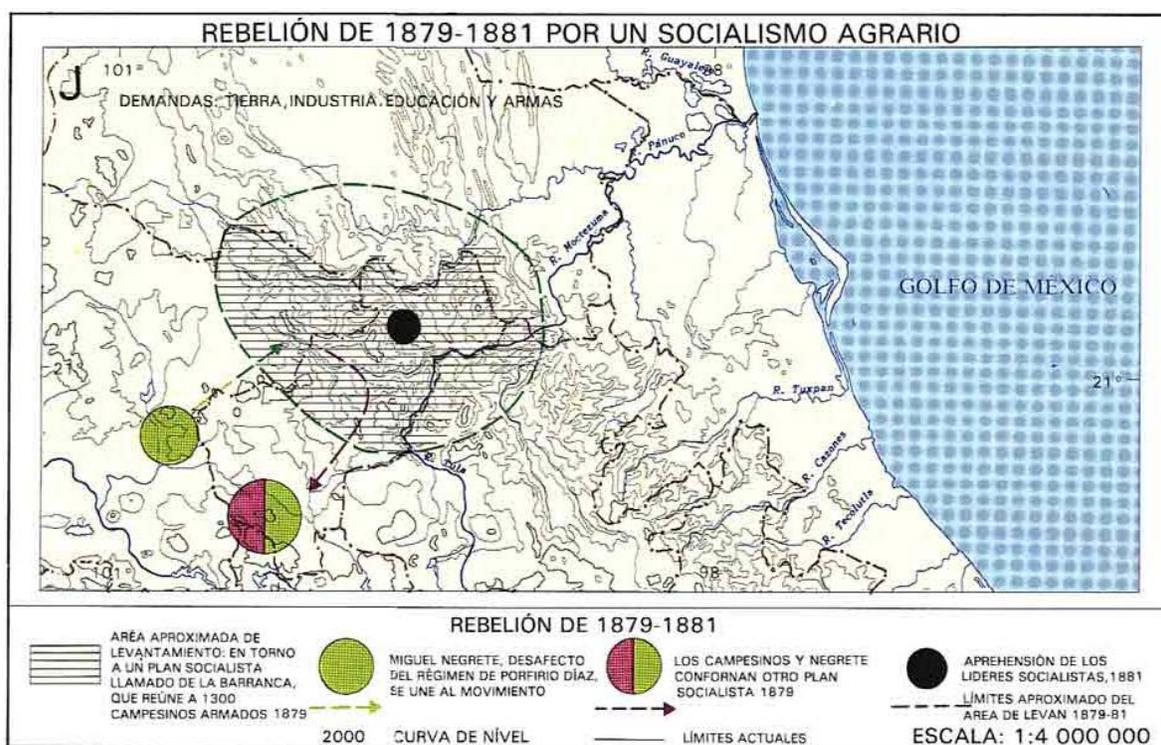
Asimismo, luego de este periodo siguió la disputa por las tierras. Por ejemplo, en el levantamiento armado de 1879 encabezado por el gobernador de indios Juan Santiago, este solicitó al gobierno federal, a través de un apoderado legal- los títulos de terrenos que pertenecían a las comunidades indígenas del municipio de Tamazunchale, en el partido del mismo nombre, y se dirigió por escrito al presidente Porfirio Díaz, a quien pidió que dichos títulos fueran respetados y las tierras restituidas a sus legítimos dueños (Carregha, 2002).

Sin embargo, en 1881 el gobernador Carlos Díez Gutiérrez comisionó al coronel Francisco Mascareñas para realizar el reparto de las tierras en la Huasteca Potosina, pese a los reclamos de Juan Santiago y sus levantados. Esto violentó más a los levantados, quienes vieron en esta acción un ataque a la supervivencia de sus comunidades. Debido a estos conflictos durante la segunda mitad del siglo XIX, los gobiernos potosinos consideraron como prioritaria la construcción de caminos que enlazaran a la Huasteca Potosina con la capital del estado y que permitiera la rápida movilización de fuerzas armadas cuando fuera necesario (Carregha, 2002). Además, se sumaba el interés económico de comunicar a la ciudad de San Luis Potosí con el Golfo de México (Gamboa, 1997), a través de una ruta

que necesariamente atravesaría tierras Huastecas, hecho que más tarde se consolidaría con la construcción de las vías férreas (ver en etapa del Porfiriato).

Por otro lado, durante los años de 1879-1881, las demandas surgidas en las regiones Huastecas de la República fueron principalmente las de tierras, industria, educación y armas. El área comprendida por levantamientos en torno a un plan socialista llamado de la barranca que reunió a 1,300 campesinos armados durante 1879, lo que como consecuencia permitió que Miguel Negrete se uniera al movimiento por desafecto del régimen de Porfirio Díaz, dando como respuesta otro plan socialista en 1879 entre Negrete y los campesinos, lo que recaería en la aprehensión de los líderes socialistas para el año de 1881 (Figura 8).

Para el año 1879 en esta región hubo una baja de producción agrícola debida a fenómenos naturales perjudicaba a los habitantes de esta región, probablemente por el levantamiento armado de Juan Santiago (Escobar, 2002).



*Figura 8. Rebelión de 1879- 1881 por un socialismo agrario. Fuente: Instituto de Geografía, 1992c. Mapa elaborado por Carmen Vázquez-Mantecón.*

Otros antecedentes de las condiciones en que se encontraba el paisaje en la Huasteca (potosina en este caso) fue por el año 1872, en donde Ignacio Cabrera recorre tres partidos de la Huasteca y en su libro el visitador este resalta la abundancia de bosques impenetrables

donde sus árboles, arbustos y plantas entrelazan sus tupidas ramas, y no dejan penetrar la vista, lo cual dificulta que haya pasto y la cría de ganado (Cabrera, 2002). Cabrera, llegado de afuera, se encanta con lo “árboles gigantes, sus oscuros bosques y la multitud de vegetales que los pueblan (Betancourt, 2002).

La crónica del ingeniero se salva del pintoresquismo y se traduce en un relato donde la desmesurada vitalidad del paisaje interacciona en armonía con las necesidades de sus habitantes. Irónicamente, lo que Cabrera desprecia resulta valorado en una lectura de este fin de siglo, y lo que él propugna queda descalificado, dada la actual devastación ecológica impulsada por la globalización y el lucro (Betancourt, 2002).

Algunas de las impresiones de Cabrera expuestas en Cabrera (2002) fueron de que la industria se encuentra casi muerta, y la agricultura, así como el comercio, está muy poco desarrollada. Pues en todo país virgen se encuentran fácilmente negocios lucrativos. Era un país rico ignorado y no explotado y que en medio de su riqueza carece de capitales. Aunque hay antiguas vetas, la minería está completamente muerta; ni es fácil encontrarlas, porque la espesura de los montes las cubre y oculta del afanoso minero que tratara de buscarlas.

Cabrera menciona que si alguna vez se llega a conocer la flora Huasteca, si la ciencia penetra algún día en aquel venturoso país, examinando y clasificando la multitud de plantas que allí existen, es muy creíble que la botánica, la farmacia y el arte culinario, encuentren allí recursos desconocidos (Cabrera, 2002).

Asimismo, en la región realizaban agricultura de milpa, rosa-tumba y quema. Los indios para los condueños de tierras. Estas se recuperaban con el tiempo. Lo tupido de los bosques de la Huasteca potosina impide que puedan penetrar en ellos las bestias, las reses o el ganado menor, por lo que la cría de estos animales es en lo general escasa, y en donde está más propagada es en la parte plana (municipio de Valles, Tamuín, Tanlajás y San Vicente), en los ranchos, y haciendas de los partidos de Valles y Tancahuitz, y aun allí es poca la proporción de o extenso del terreno.

Cabrera se queja de que en la Huasteca se produce muy poca azúcar, pese a que su ganancia era de cuatro o cinco veces mayor que el piloncillo. Asimismo, o son conocidos los caminos de ruedas, ni los carruajes. Esta región Huasteca se encuentra aislada del resto del

estado, con el que solo se comunica con pésimos caminos de herraduras, lo que origina que los frutos no tengan para su capital fácil salida (Cabrera, 2002).

En esos tiempo (años 70s del siglo XIX) en la Huasteca ya se exportaban materiales para teñir, primero hacia Tampico y luego para Europa. Para el año 1873 la producción de caña de azúcar era muy baja y preferían producir piloncillo, Ignacio Cabrera veía que no había emprendimientos empresariales hacia el mercado y eso refleja que el paisaje se mantenía aun en condiciones aceptables. El piloncillo se mantuvo desde el siglo XVI hasta mediados del siglo XX como uno de los principales productos de la Huasteca. Se sabe que junto a la caña e la Huasteca se introdujeron cerdos, caballos, ganado bovino, plátanos, morera, vid y cítricos, el maíz es como una religión (Cabrera, 2002).

Esta expedición por parte de Ignacio Cabrera ayudo a los intereses del Gobernador Escobedo del Estado de San Luis Potosí en el mejoramiento y creación de obras públicas, política que se vio reflejada en acciones como la apertura y mejoramiento de las vías de comunicación, dado que se dio orden de abrir la mayoría de los caminos nacionales y vecinales de toda la región, dando como resultado desmontes amplios por ambos lados de las vías, realizado con mano de obra puesta por los miembros de los pueblos de la región (Gutiérrez, 2002).

Para ese entonces, la política del gobierno potosino reflejaba claramente “la visión de ese momento en la segunda mitad del siglo XIX, que era privatizar los bienes comunales y desamortizar la propiedad colectiva para, supuestamente hacerla más eficiente y productiva (Aguilar-Robledo, 2000 en Betancourt, 2002). Aumentaron los latifundios en todo el país, así como la producción nacional, pero casi todos en manos de empresarios principalmente norteamericanos, británicos, alemanes, como lo señala Leopoldo Sea: “Nuestra burguesía la formaron los terrateniente, los latifundistas, los especuladores que en vez de fomentar la industria mexicana la entregaban a los capitalistas europeos (Sea, 1985 en Betancourt, 2002).

Las consecuencias del trabajo de Cabrera fue que caudillos revolucionarios, latifundistas, las compañías petroleras en manos de extranjeros, y a partir de los años cuarenta los líderes petroleros, reforzaron el proceso de concentración de tierras y capital, tanto por las posibles riquezas contenidas en el subsuelo como para dedicarlas a la ganadería extensiva, actividad bastante lucrativa. La contraparte de este proceso es la pulverización de la tenencia de tierra

en las comunidades indígenas, que mantienen un crecimiento demográfico por arriba del promedio nacional (Cabrera, 1876 en Betancourt, 2002). Además la ley de colonización (1975-1983 ampliada) dio lugar a las compañías deslindadoras, cuyo objetivo fue “deslindar las tierras baldías para destinarlas a la colonización extranjera (USA, Francia, Alemania, Inglaterra - para que invirtieran y hubieran negocios lucrativos (Cabrera, 2002). De esta manera se consolidó el latifundio que en algunos casos las propiedades alcanzaron los 13 millones de hectáreas (Cabrera, 2002).

Marcelino Sánchez indica en su poema lo conservado de los paisajes en la región Huasteca y lo malo que podría ser el progreso o modernidad para su conservación, contrario a lo que desea Cabrera (Betancourt, 2002), sucesos que se ven actualmente en los cambios profundos que han ocurrido en esta región.

Sin embargo, no en toda la región Huasteca ocurrieron grandes cambios durante esta etapa. Por ejemplo el sistema de producción en toda la Huasteca hidalguense se caracterizó por un equilibrio ecológico en el cual coexistían de manera estable la agricultura de autoconsumo con la agricultura comercial y la ganadería. Tal equilibrio ecológico no quiere decir que no hubo explotación económica o revueltas políticas (Schryper, 1993).

Varios viajeros, quienes pasaron por la región de Huejutla en el siglo XIX, notaron la relativa baja densidad de población de esta región montañosa, con una flora y fauna muy abundantes (Soto, 1856 en Schryper, 1993). Estas condiciones geográficas pueden explicar por qué la competencia por la tierra no era tan aguda como en otras partes de México. Había muchos animales del monte y el pescado de los ríos era una fuente adicional de proteínas de fácil adquisición (Schryper, 1993).

En el sistema de producción en esta región, existía una relación paternalista y cuasi simbiótica entre patrones y peones, entre terratenientes y arrendatarios, y entre agricultores o rancheros y milperos aún en tiempos de rápida expansión comercial. Todo tiene que ver con la economía moral. En esta región nadie podía enriquecerse o acumular bienes debido a que en estas tierras no eran planas y la mano de obra era escasa, por tales razones, para acumular bienes tendrían que salir de esta región. Esto explica por qué no hubo un levantamiento de la población campesina indígenas en contra de los terratenientes o rancheros, ya que ambos dependían de esa relación (Schryper, 1993).

### **4.3 Etapa del Porfiriato (1880-1910)**

La etapa del Porfiriato tomando en cuenta en análisis del cambio de paisaje en México presentado por el Instituto de Geografía (1992a) se lo considera entre 1880 y 1910 aproximadamente. Para ser más exacto Escobar & Carregha (2002) indica que fue entre 1977 y 1911.

En este periodo México se incorpora a la corriente económica predominante del continente europeo. Se suma con sus telégrafos, sus ferrocarriles, su arquitectura, sus fonógrafos, sus automóviles, y sus intelectuales orgánicos encargados de elaborar el discurso ideológico dominante (Cabrera, 2002).

En la Huasteca así como el país, se inicia un nuevo periodo de transformaciones, políticas, técnicas, y económicas. El liberalismo heredado de la Ilustración<sup>7</sup>, se desenvuelve de manera multifacética, según la administración estatal, encargada de dar a la realidad nacional una configuración acorde con la necesidad de libertad y la liberación de los recursos para la ampliación del intercambio mercantil (Briceño et al., 1993).

Haciendo una retrospectiva, desde 1821 a 1870 hubo una gran expansión territorial de las poblaciones campesinas particularmente las indígenas por los condueñazgos, situación que cambió en la década de los 1880s justo poco después de iniciar el gobierno del General Porfirio Díaz (Escobar & Carregha, 2002).

Durante el período porfirista los pueblos indígenas volvieron a verse inmersos en una esclavitud no declarada a base de latifundios. Las haciendas acapararon grandes extensiones de terrenos oprimiendo a la población indígena y campesina (Escobar & Carregha, 2002).

Para esos años ya se alcanzaban ver cambios en el desarrollo de esta región lo cual llevaría a cambios en el paisaje. Por ejemplo, en 1888 la familia Rascón había establecido ya el primer ingenio azucarero en la zona (Cabrera, 2002). Por ejemplo, en Garcia-Cubas (1984) se puede observar que para el año 1984, ya existían grandes plantaciones de caña y otros tipos de cultivo para ese entonces (Figura 9).

---

<sup>7</sup> La ilustración marca el acta de nacimiento de la burguesía como clase con una misión histórica que rechaza la ideología monárquica, la religión como principio jerárquico del orden político y social y demanda su remplazo por los valores de la libertad y la igualdad como fundadores de un nuevo ordenamiento social.

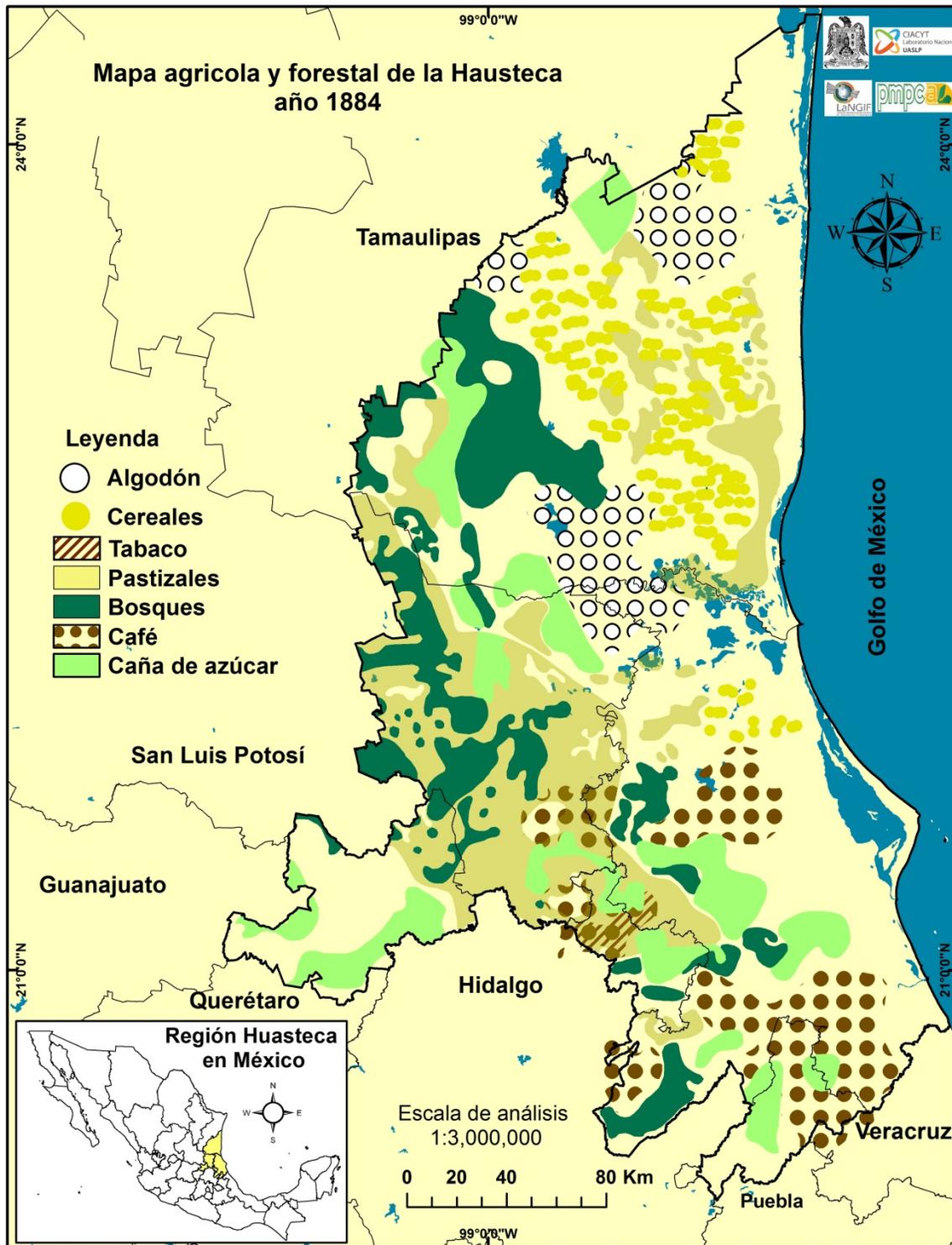
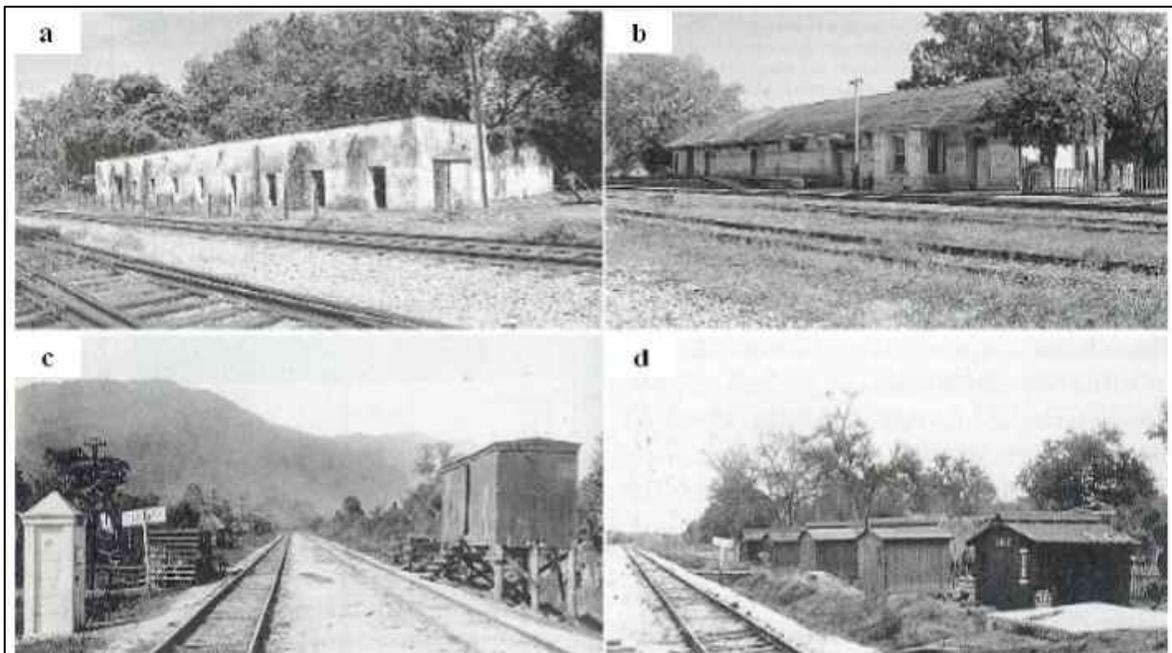


Figura 9. Figura 5. Mapa agrícola y forestal de la Huasteca, año 1884.

Durante el mandato del General Porfirio Díaz, bien puede decirse inició la revolución industrial en México, desarrollando grandes obras. En 1978 el general Carlos Díez Gutiérrez inauguró el camino que enlazó la capital potosina con Tampico y dio también inicio a las obras para el tendido de la vía férrea a través del territorio potosino comunicaría a la ciudad de Aguascalientes con el puerto de tamaulipeco a partir de 1890. Para ese entonces la línea férrea solo atravesó únicamente al partido de Ciudad Valles (Carregha, 2002) y posteriormente el “Ferrocarril Central Mexicano” incorporó la ruta de Aguascalientes-San Luis Potosí-Tampico, atravesando a la Huasteca de este a oeste (Figura 10), de esta forma el estado de San Luis Potosí se constituyó como una de las principales zonas de comercio e intercambio en el país (Carregha et al., 2003).



*Figura 10. Cuatro estaciones del Ferrocarril Mexicano en la ruta San Luis Potosí-Tampico (región Huasteca). a) Estación Cafetal en Tamasopo; b) Estación Tamasopo en Tamasopo; c) Estación Tambaca en Tamasopo; d) Estación Celis en Tamuín. Fuente: Albún de la Comisión de evaluós e inventarios de los Ferrocarriles Nacionales Mexicanos. Publicado en Carregha et al. (2003).*

La creación ferroviaria de la ruta Aguascalientes-Tampico generó que se realizaran desmontes en la Huasteca (Carregha et al., 2003). Estos impactos se dieron por tres rubros: 1) la instalación de las vías férreas e inmuebles generando un cambio de uso de suelo en montes y praderas para la instalación de dicha infraestructura; 2) el incremento de las actividades productivas, lo que se reflejó en la extensión de la frontera agropecuaria, y

3) el crecimiento de poblados con lo que se generó una demanda de bienes y servicios (Figura 12; 12) (Quinteros, 2012).

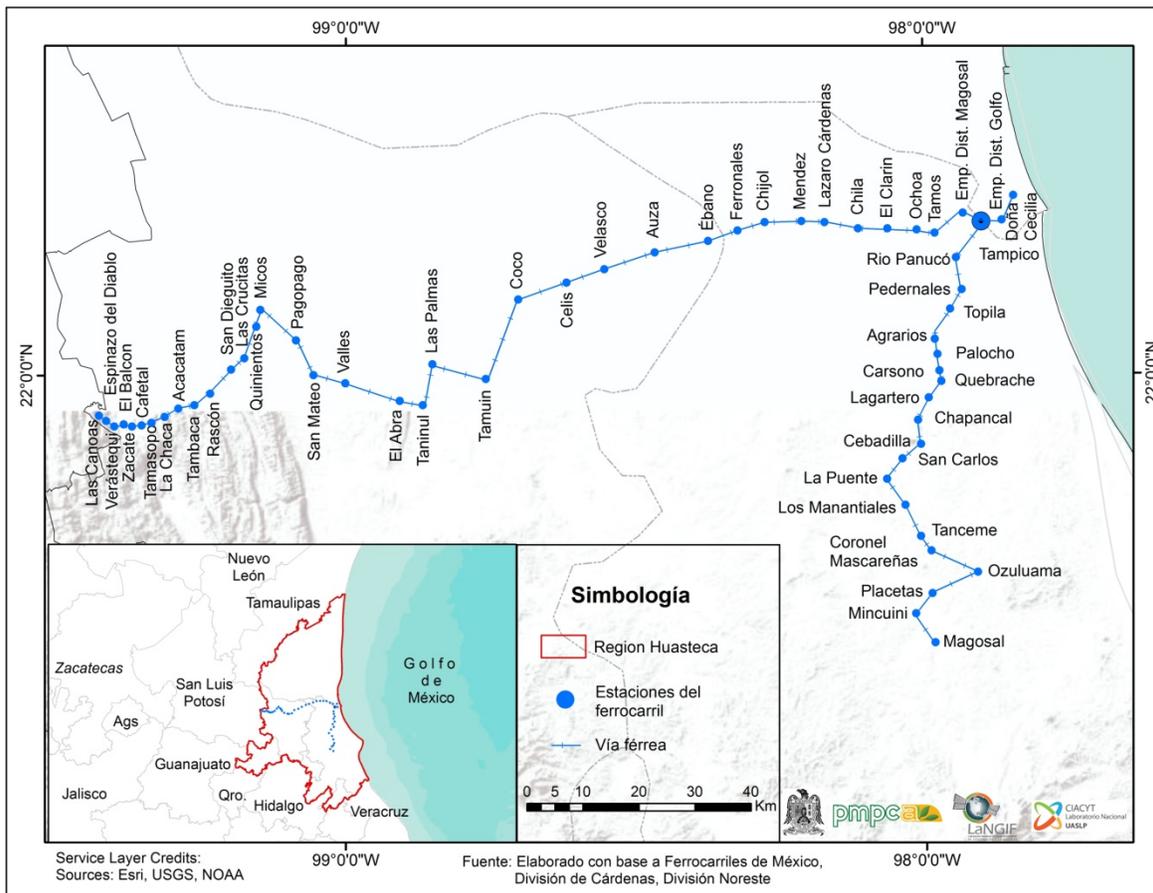


Figura 11. Ferrocarriles nacionales de México, cuadro esquemático de la división de Cárdenas.



*Figura 12. Líneas del Ferrocarril Central Mexicano y conexiones. Fuente: Adalberto de Cardona.*

La instalación de vías férreas así como de inmuebles por sí solos representó deforestación en donde fueron instalados, sin embargo los efectos secundarios generados serian quienes más aportarían en los procesos de cambio de uso de suelo, ya que la presencia del ferrocarril dinamizó las actividades a tal grado que la ganadería, los ingenios cañeros e incluso los cultivos ampliaron sus extensiones territoriales (Quinteros, 2012).

Hechos contundentes de estos cambios fue por ejemplo cuando las empresas ferrocarrileras adquirían tierras de haciendas, estas quedaban obligadas a pagar al propietario original una indemnización por los destrozos que ocasionara en el terreno. Esta disposición se refería principalmente a la destrucción de árboles y cualquier otro tipo de vegetación que resultara dañada o tuviera que ser talada para la instalación de vías o algún inmueble. Sin embargo, los contratos revisados no contenían alguna cláusula que obligara a las empresas a reforestar las tierras aledañas y tampoco señalan si los propietarios de las terrenos realizarían esa labor con la compensación recibida, aparentemente se trataba solo de una transacción económica, que se explica sobre todo cuando se refería a árboles maderables (Carregha, 2010)

Durante la instalación de las vías férreas en el municipio de Ébano en el año de 1900 algunos trabajadores encontraron petróleo sobre la superficie del suelo. En mayo de ese mismo año el norteamericano Edward Doheny, a solicitud del presidente de la empresa “Ferrocarril Central Mexicano”, viajó hasta el lugar para inspeccionar la zona, lo que resultó en la compra de 162 mil hectáreas de terrenos que pertenecían a las haciendas de Tullillo (Figura 13) y Chapacao de los municipios de Ébano, y el municipio del Pánuco respectivamente fundando la “Mexican Petroleum Company of California” (Álvarez de la Borda, 2006). De esta manera, los impactos sobre el paisaje iban tomando forma.

Nos obstante, entre 1900 y 1917 al parecer en estas recién se empezaba a intervenir las coberturas naturales y sus impactos parecían ser bajos, asimismo, no se ven asentamientos humanos. Por ejemplo otra de las áreas en la Huasteca que muestran las características mencionadas fue la Hacienda El Limón (Figura 14).

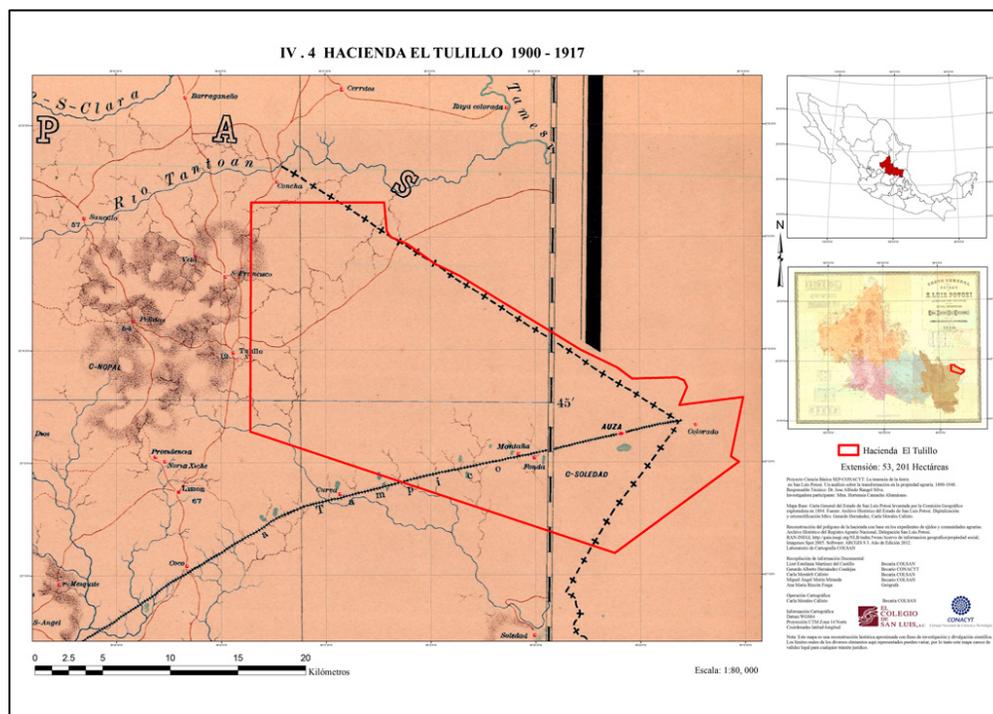
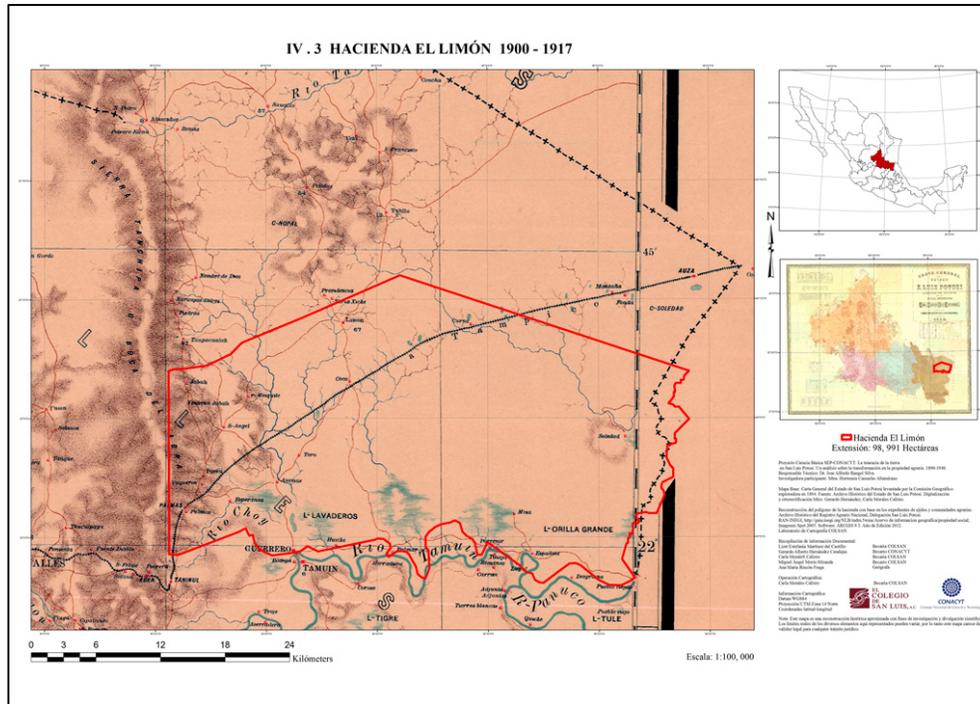


Figura 13. Localización de la hacienda El Tullillo entre 1900 y 1917. Fuente: Archivo Histórico del Estado de San Luis Potosí a través del Colegio de San Luis, 2012. Digitalización y ortorectificación de mapas Gerardo Hernández.



*Figura 14. Localización de la hacienda El Limón entre 1900 y 1917. Fuente: Fuente: Archivo Histórico del Estado de San Luis Potosí a través del Colegio de San Luis, 2012. Digitalización y ortorectificación de mapas Gerardo Hernández.*

Otro caso de cambios en los usos de suelo y el paisaje se dio en el norte de Veracruz en 1900 con el inicio de la explotación petrolera. Antes de esta intervención, el paisaje era extraordinariamente verde y exuberante, henchida de vida silvestre. Para ese entonces, los exploradores elogiaban al paisaje como un paraíso, por la abundante vegetación y la fauna presente en esta región. Existían ecosistemas bien conservados. Cuando el millonario industrial petrolero Edward L. Doheny arribó al norte de Veracruz en 1900, la ecología de la zona estaba compuesta de distintas especies, bien vinculados, y ecosistemas en constante cambio de la costa del golfo a la Sierra Madre Oriental (Santiago, 2002).

Asimismo, se ha comprobado de que la clasificación de flora de México que realizó José Ramírez en 1899 guarda poca semejanza con la que realizó por Murphy & Lugo (1986) estudio registrado en “Ecology of a Tropical Dry Forest”. La diferencia giraba en torno de la cantidad de precipitación pluvial anual. En la selva no existe prácticamente una estación de secas (Ramírez, 1899; Romero, 1898). Gómez-Pompa (1989), observó incluso que los remanentes de selva que aún quedaban en la Huasteca en 1985 eran en su mayor parte de segundo orden (selva mediana subperennifolia), como resultado de la regeneración ocurrida

tras la reducción de la humedad o de la propia selva tropical. Así, las evidencias de precipitación pluvial y composición botánica indican que la Huasteca era una selva tropical a principios de siglo XX. El petróleo, sin embargo, transformó el paraíso de manera permanente (Santiago, 2002).

Dos Bocas fue el desastre más espectacular relacionado con el petróleo en México durante el boom de la explotación extranjera entre 1900 a 1921. La explosión en 1908 de este pozo fue el clarín que convocó a los industriales extranjeros a la Huasteca veracruzana para explotar los bastos ríos subterráneos de petróleo mexicano. Dos Bocas no solo ocasionó la aparición de enormes agujeros en el suelo. También introdujo cambios sin precedente en la ecología de la Huasteca veracruzana. Así, a los trece años transcurridos entre Dos Bocas en 1908 y el colapso del boom petrolero en la segunda mitad de 1921, la industria generó no sólo millones barriles y de dólares, sino una degradación ambiental de significativas proporciones. La selva tropical más septentrional de México se vio afectada, por la construcción de caminos, el tendido de oleoducto, vías férreas, construcción de muelles y de dársenas, estímulo de construcción de ciudades (Santiago, 2002).

Hacia 1916, industriales petroleros británicos y estadounidenses controlaban más de 2,500,000 hectáreas de selva tropical a lo largo de todo Veracruz. Los textos no especifican, sin embargo indican la proporción de tierra controlaban en la Huasteca. Un área que sufrió grandes cambios fue la región petrolera conocida según cartografía geológica como la “Faja de oro” (Figura 15) comprendida en un área que superaba los 300 km de norte a sur y los 70 km de este a oeste, es de 2,500,000 hectáreas. Sin embargo no todas las áreas de selva sufrieron cambios importantes en el periodo 1908-1921 (Santiago, 2002).



*Figura 15. Ubicación de la faja de oro petrolera en estado de Veracruz. Fuente: Benjamín Arredondo.*

Algunas aproximaciones respecto al área de selva afectada por la actividad petrolera reportada por Santiago (2002) fueron las siguientes:

- Según el boletín más importante del gobierno mexicano en su momento “Boletín del petróleo”, las áreas de explotación en el norte de Veracruz a finales de 1920 alcanzaban a 23,480 hectáreas.
- Según el renombrado geólogo mexicano Ezequiel Ordóñez, en 1930 el área de producción había alcanzado las 37,500 hectáreas.
- Todo parece indicar que cuando menos 40,000 ha de los dos millones mencionados sufrieron algún tipo de transformación.

Sin embargo, tal cifra engañosa es pequeña. Las áreas corresponden solo a aquellas donde se estaban llevando a cabo trabajos de perforación en el momento del registro. No se

tomaron en cuenta las áreas abandonadas ni las áreas adicionales afectadas por las actividades relacionadas con el proceso en su totalidad (Santiago, 2002).

Un campo pequeño como el Furbero de la faja de oro, con cerca de veinticuatro pozos, ocupaba, por ejemplo, 1,457 has de selva, 61 has por pozo en promedio. Para 1938 el número de pozos perforados sólo en el norte de Veracruz alcanzaba, por lo menos, la cifra de 5,462 has (Natividad Gutiérrez, 1982). Si se toma el promedio por pozo de Furbero, significa que 331,571 has de selva tropical pudieron haber sido arrasadas por los campos petroleros en el Norte de Veracruz. Así, los árboles que asombraban a tatos viajeros se convirtieron en torres, barracas, talleres, paredes, techos y durmientes de ferrocarril (Santiago, 2002).

La necesidad de transportar el petróleo desplegó los cambios en el paisaje más allá de los meros campos. El ferrocarril de entrevía reducida que transportaba materiales entre Tampico y la Huasteca trazaba claros lineales, horizontales y verticales, en el mapa de la Faja de Oro. Había también oleoductos de 39,036 km para ser exactos. Así, aunque no todos los dos millones de hectáreas de selva tropical en el norte de Veracruz fueron arrasados por el desarrollo petrolero, los ecosistemas fueron severamente fragmentados por la intrincada red de las rutas de transporte (Santiago, 2002).

A pesar de esto, a finales del siglo XX los estudiosos estaban convencidos que la fragmentación de la selva tropical, por proyectos como el carretero, es perjudicial para el ecosistema concebido como un todo. La flora, la fauna, y los seres humanos que viven en la zona experimentan efectos negativos, como el incremento en el índice de enfermedades, el desequilibrio en las áreas destinadas a la caza, la desaparición de los depredadores y la pérdida de biodiversidad en general por la introducción de las rutas de transporte y los campos petroleros, (Hamilton, 1966; Kane, 1995<sup>8</sup> en Santiago, 2002).

Una de las zonas más afectadas con el inicio de la explotación petrolera fue Tampico. De 17,569 habitantes para 1900, esta aumento a 150,000 habitantes para 1923. La industria petrolera promovió ese crecimiento y de esa manera aceleró el proceso de transformación

---

<sup>8</sup> Marcial Ocasio-Méendez, "Mexican Urban History: The case of Tampico, Tamaulipas", Michigan State University (Tesis de doctorado), 1988, pp. 37 y 39.

Martha Chávez Padrón, Testimonio de una familia petrolera, PEMEX, 1988, p.41

ambiental que los intereses económicos y locales y las autoridades gubernamentales habían iniciado a finales del siglo XIX (Santiago, 2002).

De esta manera, pantanos, marismas, ciénagas y manglares fueron afectados y arrasados. En el siglo XX empezó el auge, y el desarrollo de Tampico entro en una intensa fase. La que fuera en 1900 una selva caliente y húmeda con miríadas de insectos y peligrosos animales, se había convertido en un bullicioso puerto petrolero atestado de gente dos décadas después (Santiago, 2002).

Para 1921 se habían registrado en las fuentes cuando menos otros 19 pozos (aparte de Dos Boca) reventados, los cuales derramaban millones de barriles de petróleo en la selva tropical de la Huasteca. Para 1927, el número de pozos había llegado 30. La combinación de contaminación crónica, pozos reventados e incendios sin duda contaminó decenas de miles de hectáreas de selva tropical y disminuyó su fertilidad en el largo plazo. Asimismo, la muy probable producción de lluvia ácida pudo haber significado la muerte lenta de la vegetación tropical sin que ésta tuviera contacto con proyectos de infraestructura (Santiago, 2002).

Los indígenas del norte de Veracruz quienes se oponían a la destrucción de la selva tropical, particularmente los Huastecos y Tenek. Era una protesta silenciosa, si bien muy activa, no registrada como tal en los documentos oficiales. Sus acciones revelaron la intención de salvar a la selva. A lo largo de las dos primeras décadas del siglo XX los Tenek se opusieron a la venta o arrendamiento de la tierra a las compañías petroleras. Muchos se resistieron activamente a la apertura de campos petroleros en la región, incluso a riesgo de sus propias vidas. Estas comunidades trabajaron incansablemente para recuperar sus tierras. Aunque los Tenek también habían transformado a la selva por la agricultura, esta actividad no era tan desastrosa como las de la industria (Santiago, 2002).

Los Tenek argumentaron en 1921 ante las autoridades mexicanas que las compañías destruyeron la Huasteca en 20 años. Donde por ese tiempo, Elías Calles futuro presidente en ese entonces, hizo declaraciones a la prensa donde condenaba a las compañías extranjeras. Basado en información que les proporcionaron los Tenek, explico que cuando las compañías abandonaban un campo, los terrenos quedaban inútiles para a agricultura, las

comarcas se convertían en pueblos fantasmas, ni viva yerba ni ser viviente quedaba (de paraíso a tierras baldías) (Santiago, 2002).

La producción agrícola se reanuda en el norte de Veracruz tras la desaparición de la selva tropical. Hacia 1960, los antiguos campos petroleros se convirtieron en pastizales para la cría de ganado, sin embargo el ciclo del pasto no duraba más de 20 años. Por ello, en los años 80s el norte de Veracruz sufrió otros cambios. Esta vez, la tierra se tupio de cítricos. De hecho, el cambio fue posible porque la industria petroquímica produjo la enorme cantidad de fertilizantes necesaria para hacer que los suelos de la Huasteca volvieran a ser productivos (Santiago, 2002).

Podemos darnos cuenta que el impacto régimen porfirista fue más allá de los años que gobernó. Pues sus políticas tuvieron gran repercusión para la región Huasteca inclusive después de ser sustituido. Algunas pruebas de las operaciones petroleras realizadas en la Huasteca en orden cronológico se observan en el (Apéndice 2).

De esta manera, una vez derrotado el régimen porfirista la situación de las Huastecas era una efervescencia subterránea. Un ejemplo fue el de Texcatepec en 1912, cuando los indígenas reclamaban tierras que les habían sido usurpadas durante el Porfiriato (Escobar, 2002). La forma de recuperar las tierras perdidas se las dio el decreto del 6 de enero de 1915 difundida durante la presidencia de Venustiano Carranza. A partir de esta ley la mayoría de los pueblos indígenas hidalguense y veracruzano comenzaron a solicitar restituciones de manera casi inmediata (Escobar, 2002).

En síntesis, para esta etapa, el paisaje en la Huasteca empezó su modificación del paisaje lo cual llevo a un nivel de impacto de bajo a moderado (Figura 16) el cual posteriormente se intensificaría. Los remanentes o áreas con bajo impacto se localizaban al norte y al oeste (sierra madre oriental) de la Huasteca.

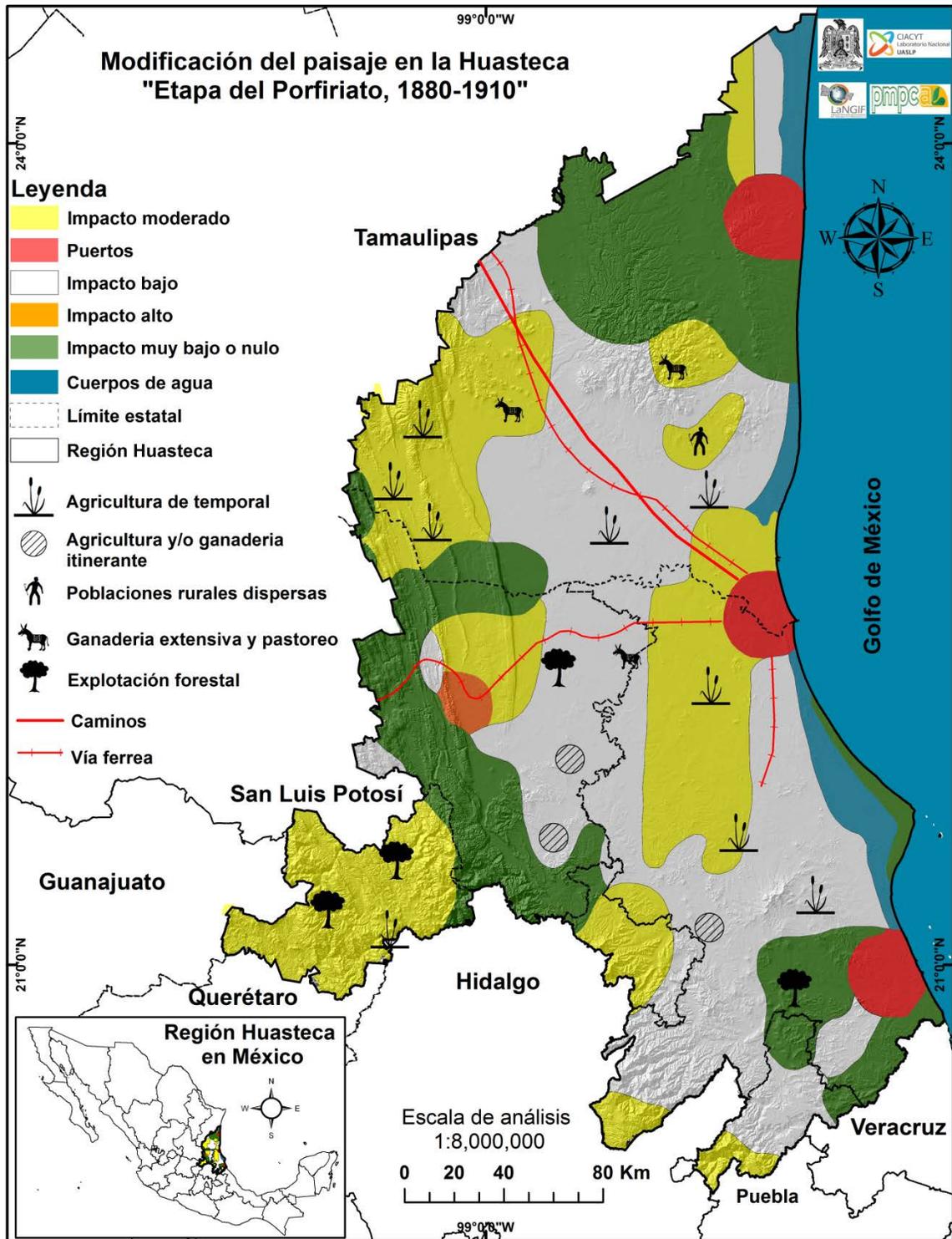


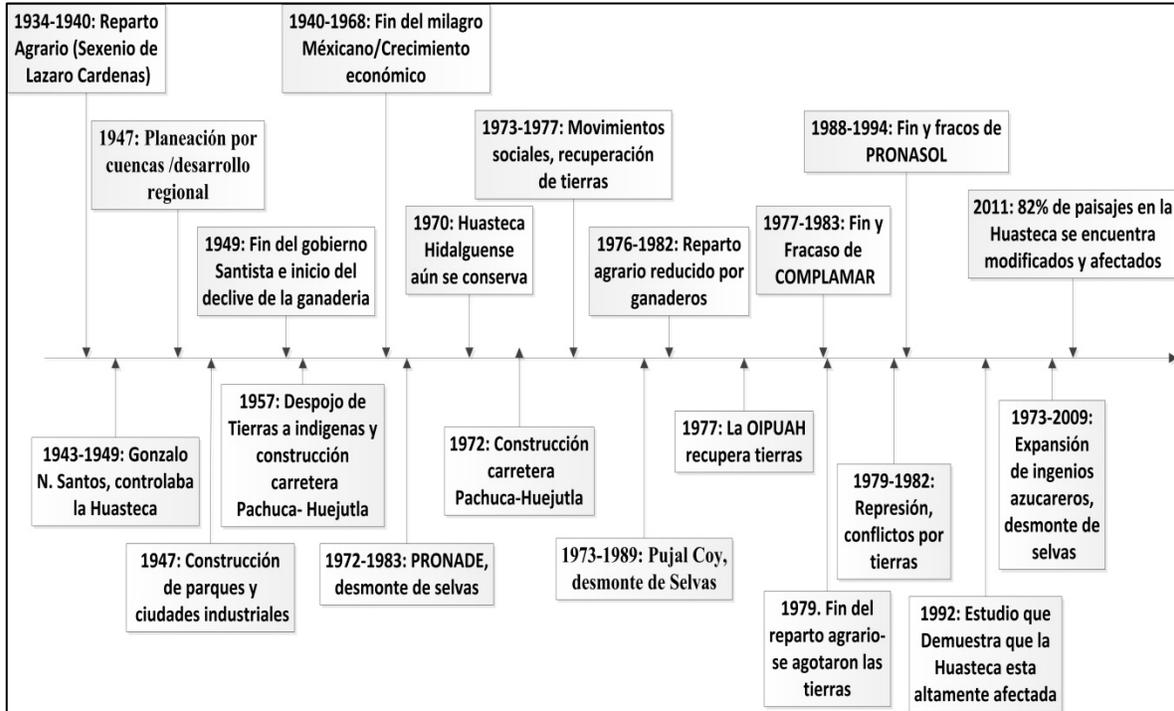
Figura 16. Representación de la modificación de los diferentes tipos de paisajes en la Región Huasteca, época del Porfiriato.

#### 4.4 Etapa actual (1911-2011)

En la etapa actual se hace un análisis de todos los sucesos ocurridos en las últimas décadas en la Región Huasteca después de la etapa del Porfiriato.

Aguilar-Robledo (1992) menciona que en las últimas décadas en México, con diferentes modalidades de intervención (cuencas hidrográficas, polos de desarrollo, parques y ciudades industriales) el estado ha contribuido con la ordenación territorial de acorde con los diferentes modelos de acumulación, funcional al capital y que el modelo económico capitalista se ha consolidado. Por su parte Briceño (1993) indica que la extrema pobreza en la Huasteca es el producto directo del desarrollo del modelo ganadero y éste ha mostrado una comprobada eficiencia en cuanto a la acumulación de capital.

Un claro ejemplo de intereses que genero conflictos por la tierra en la región fue aquella entre las familias de “Los Santos y Los Martel” lo cual poseían grandes extensiones de tierras y se disputaban intereses en la región Huasteca, lo cual se podría traducir en cambios en los usos de suelo. En la (Figura 17) se ilustra los principales fenómenos sociales, económicos y ambientales que repercutieron en esta etapa.



*Figura 17. Principales sucesos ocurridos en las últimas décadas en la Huasteca que demuestran cómo se ha influido en el cambio del paisaje natural. Fuente: elaboración propia.*

Según Briceño (1993) considera que la causa fundamental de violencia y conflictos ocurrían por la tierra ya sea para la agricultura y la ganadería. La ganadería como modelo de acumulación de capital ha establecido su hegemonía sobre la agricultura macehual. Cada modificación en esta última ha significado un alto costo para la comunidad macehual en la Huasteca. También indica que el modelo hegemónico ganadero ha construido a lo largo de la historia mecanismos de control social e ideológico, logrando en distintos momentos arraigarlos dentro de la misma comunidad para asegurar el acceso a los recursos comunales como tierra y trabajo.

Esta práctica ha sido uno de los soportes políticos y económicos de los sistemas y mecanismos de control social en la Huasteca, tendencia que duro hasta el gobierno de Gonzalo Nicanor Santos (1943-1949) en las Huastecas hidalguense y potosina (la alianza de entre cacicazgos de ambos estados es tradición de familia) (Briceño, 1993).

Posterior a la caída de Gonzalo Nicanor Santos, el sistema permaneció pero el mecanismo fue desapareciendo paulatinamente de los servicios de los indios a las cabeceras municipales y casas particulares. El último servicio se prestó en 1980. Es decir, los hacendados otorgaban una serie de concesiones a sus peones y comunidades para proteger de las haciendas vecinas. Fue una forma en que el modelo ganadero creció hasta casi hacer desaparecer la agricultura macehual. Esta etapa de crecimiento coincidió con el aumento de la demanda de carne, tanto del Distrito Federal como de Estados Unidos (Briceño, 1993).

Solamente en dos ocasiones programas nacionales respaldaron a la agricultura. 1) en el sexenio de Lázaro Cárdenas (1934-1940), como parte de la estrategia en contra de la rebelión Cedillista y para obtener apoyo regional para la expropiación del petróleo, apresuro el reparto agrario en casi toda la Huasteca afectando directamente a los viejos cacicazgos, los cuales se habían acercado a las compañías petroleras y de hecho trataron de formar de nueva cuenta el Estado huasteco. 2) la creación del distrito de riego Pujal Coy (1973), proyecto de construcción de un sistema de irrigación con una extensión cercana a las 80 mil hectáreas, en su mayoría en las llanura costeras destinadas a la engorda de ganado. Esto favoreció al reparto de la tierra (Briceño, 1993).

Los demás programas y proyectos gubernamentales fueron dirigidos a respaldar el proyecto de acumulación vía ganadera extensiva; el fin del cacicazgo de Gonzalo Nicanor no se

cristalizó con la renuncia del último gobernador Santista. Todavía en el sexenio de José López Portillo (1976-1982) los ganaderos lograron reducir la magnitud de reparto a casi 200 mil hectáreas, en lugar de las 800 mil ha del decreto inicial (Briceño, 1993).

Posteriormente, con el retiro de Gonzalo Nicanor del escenario político regional y nacional, los mecanismos de control social sobre los macehuales volvieron a su habitual actividad represiva, en tanto la actividad ganadera ahora combinada con el cultivo de cítricos y el comercio se mantiene como proyecto hegemónico.

(Briceño, 1993) indica que el Programa Nacional de Solidaridad Económica (Pronasol) reconoce de manera indirecta el fracaso social del modelo ganadero, como lo hizo el extinto Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginales (Coplamar).

Por otro lado Neri (1993) menciona que la lucha en la Huasteca se remonta a décadas anteriores, con las demandas de restitución de tierras de las comunidades, que las habían perdido en manos de los caciques regionales. El motivo de los caciques para efectuar este despojo fue la construcción de la carretera México-Tampico vía Huejutla, a partir de 1957, pues les abría la perspectiva de un atractivo mercado de ganado, para ello querían implantar la ganadería de explotación extensiva, que emplea escasa fuerza de trabajo y rinde amplias ganancias.

Para el año 1970, estos solicitaron la restitución de sus tierras, se organizaron en torno a sus autoridades tradicionales y emprendieron lo que ellos llamaron la recuperación de sus tierras. Entre 1973 y 1977 en la Huasteca ocurrió un movimiento campesino espontáneo, debido a sus pérdidas de tierras a manos de latifundistas y caciques, donde se generó un ambiente de violencia. Con el gobierno de José López Portillo (1976-1982) ya no se habló de reparto agrario, por haberse agotado las tierras (1979) (Neri, 1993).

En el caso de la Huasteca hidalguense se inicia un periodo de represión y violencia gubernamental y caciquil en contra de las comunidades campesinas. Fruto de la inconformidad campesina, en 1977 se formó la organización Independiente de Pueblos Unidos de las Huastecas (OIPUH), que aglutinó a gran número de comunidades que luchaban por la recuperación de sus tierras y concentró las demandas principales: *restitución de las tierras y sus legítimos dueños y respeto a las formas de organización de*

*las comunidades*. Entre 1979 y 1982 la magnitud de la escalada represiva alcanzó niveles alarmantes (Neri, 1993).

Hasta 1979 los campesinos recuperaron 14,749 ha en 360 acciones, cifra reducida a la alcanzada en 1981-1982. Luego en 1985 formaron la UNORCA y exigían como demandas la ayuda gubernamental etc. Las perspectivas del campesino es: no es novedosa la tenencia gubernamental de cancelar el reparto agrario, buscar los mecanismos para reprivatizar la propiedad social de la tierra, pues ese esquema forma parte del modelo de desarrollo adoptado por los grupos en el poder desde décadas atrás (Neri, 1993).

Gutiérrez (1993) indica que una de las Huastecas más conservadas hasta los años 1970s por su incomunicación con el resto del país era la hidalguense. La serranía que la limita y los múltiples ríos que la recorren, hacían difícil la construcción de caminos y, en temporada de lluvias, permanecía aislada por semanas o meses. En 1972, la construcción de la carretera Pachuca-Huejutla, vino a ser el fundamental lazo de unión con el resto del estado y con la capital del país lo cual permitió que una de las últimas áreas conservadas empiece su degradación.

De esta manera el carácter extensivo de la tierra, que requiere para su desarrollo mayores pastizales, aunado al incremento de la población de las últimas décadas, debida a la disminución de la mortalidad y una alta natalidad, generó un incremento de la población joven y mayor explotación de la tierra (Gutiérrez, 1993).

Otros factores que llevaron consigo la transformación del paisaje en la Huasteca fueron los casos del Programa Nacional de Desmontes (PRONADE) en 1972 y el Sistema de Riego Pujal Coy (1973).

El PRONADE operó en dos etapas, en la primera que oficialmente inició en el año de 1972 se pretendía talar 320,325 hectáreas en nueve estados del país. En esta etapa para el caso de la región Huasteca, sólo en la región de Veracruz se deforestaron 150,000 has aunque las proyecciones a largo plazo se ampliaban hasta 149,000 has (Tiempo, 25 de Septiembre, 1972; Tiempo, 23 de Octubre 1972). En la segunda etapa que inició en 1974 se puso de meta el desmonte 85,000 hectáreas en cinco estados, que para el caso de los estados que están dentro de la región Huasteca se desmontaron 10,000 has en San Luis Potosí, 10,000

has en Veracruz, 20,000 has en Tamaulipas y 10,000 has en Hidalgo (Tiempo, 22 April, 1974; Moreno, 2011).

Por otro lado, el proyecto Pujal Coy tenía la finalidad de substituir la ganadería extensiva por una producción agrícola intensiva basada en el riego, a la par de construir grandes obras civiles e hidráulicas, elevar la productividad de la tierra así como captar campesinos carentes de tierras provenientes de diversas partes del país (Reyes et al., 2006).

Este proyecto abarcaría 720,000 ha en el oriente potosino, el norte de Veracruz, el Sur de Tamaulipas, y una pequeña porción de a Huasteca hidalguense, es decir, cuenca baja del río Pánuco. Pujal Coy en su primera y segunda fase representarían el 40% de la superficie total de ese gran proyecto. Se pretendían irrigar 72,000 ha en la primera fase y 230,000 en la segunda, es decir, casi 300,000 hectáreas (Aguilar-Robledo, 1995).

En 1973, de las 72,000 ha desmontadas, 42,900 (59%) eran selvas bajas caducifolias según clasificación de INEGI o bosque espinos según (Rzedowsky) (Ávila y Cervantes, 1986). Para 1989, se hablaba de que faltaban por desmontar 52,000 ha con todo y sus consecuencias ecológicas para terminar el proyecto (Ávila, 1989; Aguilar-Robledo, 1995).

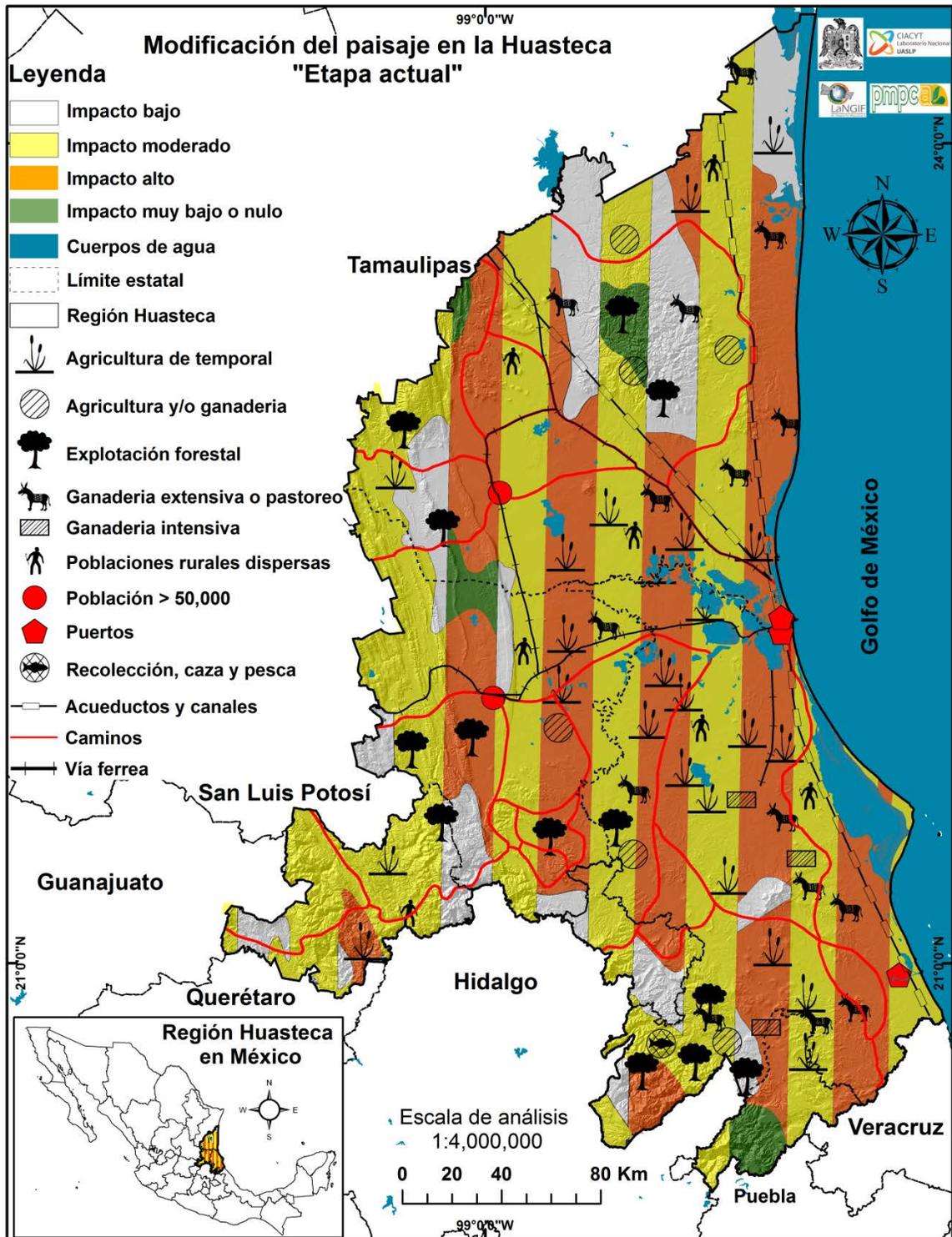
A doce años de haber iniciado el proyecto, en el área del proyecto las selvas presentaban una drástica disminución, ya que de las 98,272 has existentes solo restaban 25,164 has. En los años subsecuentes a 1985 el programa es desvirtuado por completo de sus objetivos, para 1990 hubo un drástico deceso de los cultivos de riego, en tan solo cinco años se perdieron 18,569 has a la par que se sumaron 51,217 has de praderas. Este proceso continuaría de tal forma que para el año 2000 las praderas ya sumaban 196,823 has, es decir desde la puesta en marcha del proyecto en 1973 se habían sumado 130,113 has. Mientras que el objetivo principal, el sumar tierras para el cultivo de riego logró llegar tan solo a las 51,033 has, lo que representó la adición de 6,071 has desde el año de 1973 (Reyes et al., 2006; Quintero, 2012).

En resumen, el sistema de riego Pujal-Coy terminó por incrementar la presencia ganadera de la región, generando una gran deforestación en los municipios en los que fue desarrollado, marginando por completo el objetivo de instaurar una agricultura de riego (Quintero, 2012).

Por último, entre otros procesos productivos que han llevado a la transformación de los ecosistemas en esta región ha sido el cultivo de caña de azúcar a escala industrial. Actualmente existen cuatro ingenios en la Huasteca Potosina. Con este crecimiento productivo de los ingenios, en un estudio realizado por) se muestra que para el año de 1973 la superficie destinada al cultivo de este producto era de 19,678 has, mientras que al año de 1990 esta superficie logró llegar a las 78,656 has, finalmente para el año 2009 la superficie ocupada era de 89,158 has (Aguilar-Rivera, 2011).

Cabrera (2002) menciona que la Huasteca Potosina es predominantemente ganadera, y de un importante potencial agrícola como productora de caña de azúcar, café mangos y cítricos; la SDE (2012) indica que la zona es fundamentalmente agropecuaria y frutícola. Aquí se genera el 5.6% del valor bruto de la producción manufacturera. El principal subsector manufacturero es la industria alimentaria.

De esta manera, la modificación de los ecosistemas en la región Huasteca se han incrementaron en las últimas décadas con un nivel de impacto que va de moderado a alto y con escasas áreas que han sufrido un bajo impacto (Figura 18). Asimismo se puede notar que la agricultura y la ganadería son los principales factores que ha contribuido a este cambio (Figura 19).



*Figura 18. Representación de la modificación de los diferentes tipos de paisajes en la Región Huasteca, hasta los años 1990s, etapa Actual.*



*Figura 19. Actividades agrícolas y pecuarias en la región Huasteca como factores de cambio en el paisaje. a) Cultivos de caña y maíz visto desde la selva; b) Pastizales en las zonas altas de la Huasteca; c) Ganadería. Fuente: Carmelo Peralta.*

Del mismo modo, Peralta-Rivero et al., 2014, ha demostrado que la superficie agrícola para la región Huasteca de México se ha incrementado en los últimos años. Para el año 1976 está contaba con 1,020,600 hectáreas y para el 2011 la superficie agrícola aumento hasta 1,882,300 hectáreas, lo cual es un indicador de la dinámica de los cambios de usos de suelo.

De igual manera, hasta el año 2011, basado en Peralta-Rivero et al., 2014, se estima que el área total afectada en la Huasteca asciende a 5,259,003 hectáreas, es decir, el 82.08% de la superficie total de la Huasteca (Figura 20). No Obstante, en el periodo 2000-2011 se ha notado un disminución de los procesos de deforestación en la región (Peralta-Rivero et al., 2014).

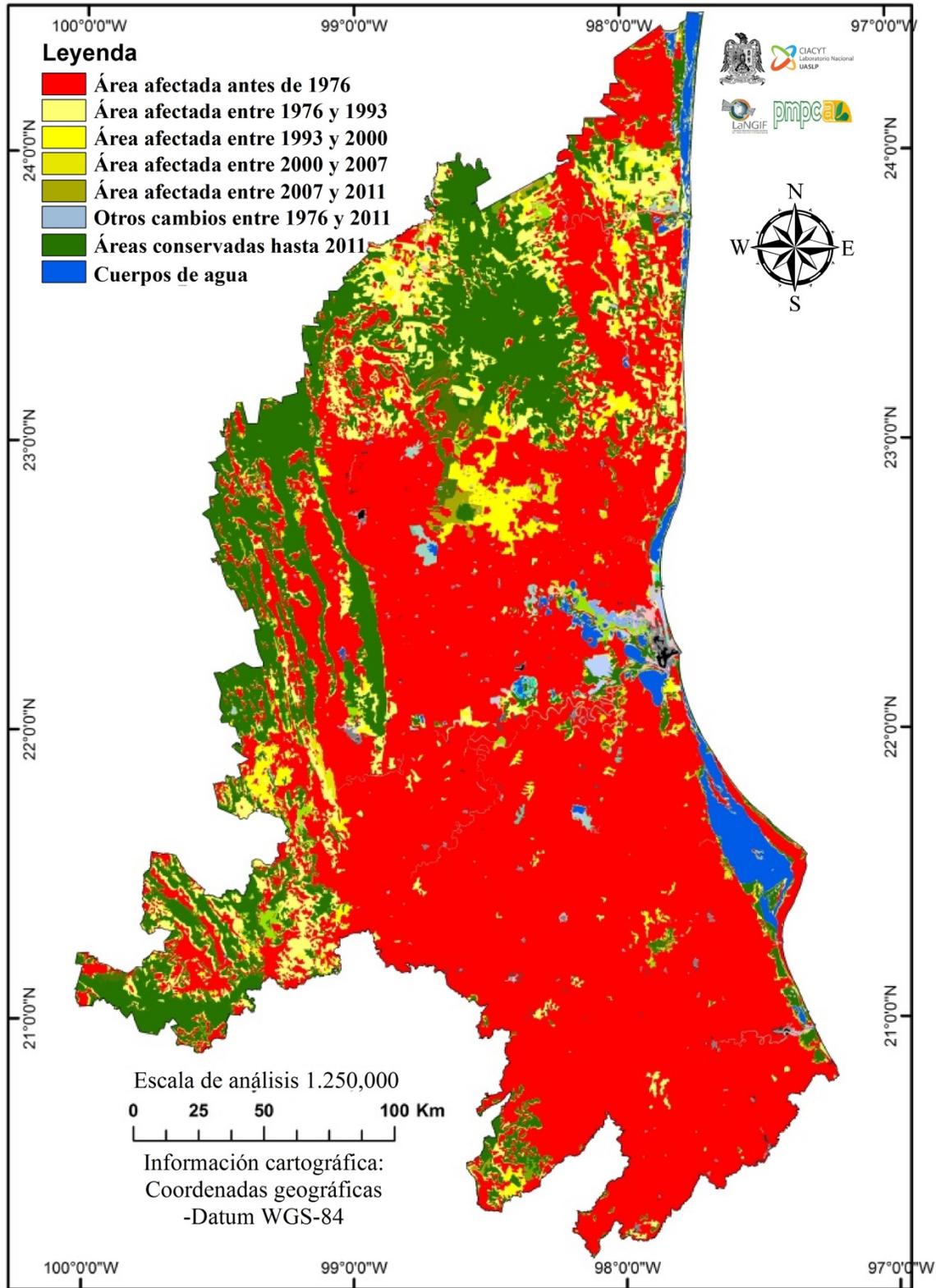


Figura 20. Áreas afectadas de los diferentes tipos de paisajes en la Región Huasteca, hasta el año 2011.

#### **4. Conclusiones**

En la etapa precolonial, la región Huasteca de México se encontraba densamente poblada por grupos indígenas, sin embargo, los cambios en la cobertura y uso de suelo obedecían a un tipo de agricultura nómada de subsistencia y los impactos del paisaje son catalogados como nulo en la mayor parte de la superficie, con un impacto bajo en la zona central y con un impacto de forma moderada en puntos agregados de la zona. Asimismo, se demuestra que para ese entonces la fauna y la flora era abundante y muy variada. En otras palabras, hay indicios de que las actividades sobre la región no eran destructivas en su totalidad y los ecosistemas podían mantenerse o recuperarse de las intervenciones humanas.

La etapa colonial la consideramos como el inicio de las grandes transformaciones en la región. En este periodo se experimentaron cambios en la cobertura y uso de suelo por las evidencias encontradas de la introducción del ganado (ganadería extensiva y pastoreo) y actividades agrícolas (agricultura de riego y de temporal) y por la nueva configuración en la tenencia de la tierra. El impacto de estas actividades la clasificamos como alto en el área centro norte de la Huasteca, así como de repercusión moderada a baja en la mayor parte de la Huasteca, sobre todo en las parte altas, y con puntos de impacto alto en áreas agregadas. Finalizando la colonia y durante la postcolonia, los conflictos sociales por la tierra jugaron un papel importante en cuanto a la presión y modificación del paisaje para esta región. La diversificación de productos fue aumentando y gran parte de la superficie ya tenía dueño. Asimismo, la exploración de las zonas poco accesibles dio como resultado que se impulsaran obras como caminos y otras actividades que impulsaron la deforestación y el cambio de cobertura y uso de suelo. Una de las áreas de la Huasteca más conservada para ese entonces era la hidalguense debido a su mínima accesibilidad y características geomorfológicas que impedían desarrollar actividades productivas destructivas del paisaje.

En la etapa del Porfiriato la región Huasteca estuvo inmersa en un desarrollo de acumulación del capital entre lo que se destaca la construcción y funcionamiento del ferrocarril mexicano y se inician las grandes transformaciones afectando a los paisajes a través de los cambios de cobertura y uso de suelo. En la región, la implementación del ferrocarril dinamizó el establecimiento de actividades de producción a escala industrial en el rubro agropecuario y posteriormente petrolero. La actividad petrolera tuvo como resultado un cambio en el paisaje en la zona centro y la costa pegado al Golfo de México,

en donde la vegetación se vio fuertemente afectada a tal grado que la flora y la fauna fue impactada por la fragmentación y pérdida de las selvas logrando así un desequilibrio en la zona. De esta manera, es evidente que el interés económico sobrepasó a aquellos sociales y ambientales dejando consigo ecosistemas afectados y su impacto fue más allá del Porfiriato. Asimismo se categorizó al impacto con un grado alto en algunas áreas desde el norte al sur de la Huasteca, mostrando evidencia que la región ya estaba en su totalidad explorada y solo se ve un impacto bajo en las tierras altas las cuales son de muy poca accesibilidad o en donde las condiciones para desarrollar actividades productivas no sostenibles es muy difícil.

Por último, en la etapa actual las actividades productivas de acumulación del capital se consolidaron a una serie de eventos que van desde el reparto agrario en la década de los 1930s hasta la expansión de los ingenios azucareros a finales de la década de los 2000s. La última región de la Huasteca que estuvo mejor conservada fue la hidalguense hasta la década de los 1970s. Por otro lado, el PRONADE y el proyecto Pujal Coy contribuyeron fuertemente en la pérdida de los recursos forestales causando un cambio de cobertura y uso de suelo severos en la región. Se estima que en 1979 se agotaron las tierras sin dueño en la Huasteca, siendo este un indicador de que todos los ecosistemas fueron explorados e intervenidos trayendo consigo impactos que van desde moderado hasta altos en toda la región. Asimismo, se estima que más del 80% de la zona ha sufrido transformaciones y los únicos remanentes conservados se encuentran sobre todo en la sierra madre oriental.

## **Referencias**

- Aguilar-Robledo, M. (2001). "Ganadería, tenencia de la tierra, e impacto ambiental en la Huasteca Potosina: los años de la Colonia". En: *Historia ambiental de la ganadería en México*. L. Hernández, ed. Instituto de Ecología-Institut de Recherche pour le Développement, Xalapa, pp. 9-24.
- Aguilar-Robledo, M. (2000). "Los condueñazgos del oriente de San Luis Potosí, México, de finales del siglo XIX a principios del siglo XX: algunas reflexiones teóricas, en vetas. Revista del Colegio de San Luis, año II, Vol. IV. pp. 151-189.
- Aguilar-Robledo, M. (1995). Autopsia de un fracaso: el caso del proyecto Pujal-Coy de la Huasteca Potosina. Instituto de investigaciones humanísticas. UASLP. Pp- 125.

- Aguilar-Robledo, M. (1992). "Pujal-Coy primera y segunda fase: las causas y los términos del fracaso". El proyecto de riego 'Pujal-Coy' de la Huasteca Potosina: problemática y alternativas. M. Aguilar-Robledo y M. Muñoz, eds. San Luis Potosí- Texcoco: Universidad Autónoma de San Luis Potosí-Universidad Autónoma de Chapingo, pp. 52-81.
- Ariel De Vidas, A. (2013). Huastecos a pesar de todo. Breve historia del origen de las comunidades teenek (huastecos) de Tantoyuca, norte de Veracruz. Centro de estudios mexicanos y centroamericanos, Consejo nacional para la cultura y las artes, Dirección General de Publicaciones, pp. 168.
- Álvarez de la Borda, J. (2006). Crónica del petróleo en México de 1963 a nuestros días, AHPM, México.
- Alarcon, J. (1984). Huastec mayan ethnobotany, Austin, Tex., University of Texas Press.
- Ávila, A. (1989). "Riesgo y campesinos de fantasía en la Huasteca: Pujal-Coy 2ª fase", XI Coloquio. Las realidades regionales de la crisis nacional, Zamora, Mich., El colegio de Michoacán, mimeo, 16 p.
- Ávila, A. & Cervantes, A. (1986). Procesos de organización campesina en las Huastecas, México. Facultad de Economía, UNAM-Conasupo. 63 p.
- Baker, A. (2003). Geography and History, bridging the Divide. United Kingdom, Cambridge, Press. pp. 296.
- Betancourt, I. (2002). El poeta y el visitador, historia y lenguaje. En: El siglo XIX en la Huastecas. Escobar, A. & Carregha, L. ed. (2002). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: EL colegio de San Luis, 2002. Colección Huasteca. pp. 379.
- Belmonte, M. L. (1987). La organización territorial de veracruz en el siglo XIX, Universidad veracruzana, Xalapa.
- Borah, W. & Cook, S. F. (1963). The Aboriginal Population of Central Mexico on the Eve of the Spanish Conquest, Berkeley, University of California Press.
- Briceño, J. (1993). Paz, orden, progreso y solidaridad. Notas sobre la represión en la Huasteca (Hidalgo y San Luis Potosí). En: Huasteca: III. Movilizaciones campesinas.

- Ruvalcaba, J. & Alcalá G. ed. (1993). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Hidalgo y Matamoros, Tlalpan. 153 pág.
- Briceño, J., L. Gortari, F. Lartigue, M. Matías, J. M. Pérez & Ruvalcaba, J. (1993). Tendencias históricas y procesos sociales en la Huasteca. En: Huasteca: III. Movilizaciones campesinas. Ruvalcaba, J. & Alcalá G. ed. (1993). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Hidalgo y Matamoros, Tlalpan. 153 pág.
- Briceño, J. (1993). Tendencias históricas y procesos sociales en la Huasteca. En: Huasteca: III. Movilizaciones campesinas. Ruvalcaba, J. & Alcalá G. ed. (1993). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Hidalgo y Matamoros, Tlalpan. 153 pág.
- Cabrera, A. 2002. La Huasteca Potosina. Ligeros apuntes sobre este país. Centro de investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, El colegio de San Luis. Pp. 136.
- Carregha, L. (2010). Estaciones. Tierra y agua para ferrocarriles en los partidos del Oriente potosino, 1878-1902. Mirada ferroviaria. pp. 3-17.
- Carregha, L., B. Garay & Narváez, J. (2003). Camino de Hierro al puerto. Estaciones del ferrocarril central mexicano en el estado de San Luis Potosí. El Colegio de San Luis. San Luis Potosí. pp. 215.
- Carregha L. (2002). En torno a los levantamientos armados en la Huasteca potosina al inicio del Porfiriato. En: El siglo XIX en la Huastecas. Escobar, A. & Carregha, L. ed. (2002). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: EL colegio de San Luis, 2002. Colección Huasteca. pp 379.
- Contreras, C. (2011). Geografía histórica de la ciudad de México y el distrito federal. La transformación del paisaje durante el siglo XIX. Editorial académica española. pp. 197.
- CONABIO, (2012). Distribución de la población en México por municipio, año 2010, escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

- Escobar, A. & Carregha, L. (2002). Introducción. El siglo XIX en la Huastecas. Breve balance sobre la “región” y temas en la historiografía. En: El siglo XIX en la Huastecas. Escobar, A. & Carregha, L. ed. (2002). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: EL colegio de San Luis, 2002. Colección Huasteca. pp 379.
- Escobar, A. (2002). ¿Qué sucedió con la tierra en las Huastecas decimonónicas?. En: El siglo XIX en la Huastecas. Escobar, A. & Carregha, L. ed. (2002). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: EL colegio de San Luis, 2002. Colección Huasteca. pp 379.
- Gamboa, C. (1997). Los ríos son la riqueza de la Nación: proyecto de navegación en los ríos Pánuco y Tamuín. El colegio de San Luis, San Luis Potosí.
- Galicia, M. (2002). Santa Anna de Tamaulipas o Tampico: Comercio y comerciantes en la configuración de un espacio. En: El siglo XIX en la Huastecas. Escobar, A. & Carregha, L. ed. (2002). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: EL colegio de San Luis, 2002. Colección Huasteca. pp 379.
- Gómez, F. (2002). La anexión de Tuxpan a Veracruz en 1853, pugna de poderes regionales en la Huasteca. En: El siglo XIX en la Huastecas. Escobar, A. & Carregha, L. ed. (2002). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: EL colegio de San Luis, 2002. Colección Huasteca. pp 379.
- Gómez-Pompa, A. (1997). Ecología de la vegetación del estado de Veracruz, Editorial Continental, México.
- Gutiérrez A. M. (2002). Visitadores potosinos en el siglo XIX. El caso de la Huasteca. Notas introductorias. En: El siglo XIX en la Huastecas. Escobar, A. & Carregha, L. ed. (2002). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: EL colegio de San Luis, 2002. Colección Huasteca. pp 379.
- Guzmán, M. L. (1987). La organización territorial de veracruz en el siglo XIX, Universidad veracruzana, Xalapa.
- Gutiérrez, I. (1993). Desigualdad regional y migración en la Huasteca hidalguense. En: Huasteca: III. Movilizaciones campesinas. Ruvalcaba, J. & Alcalá G. ed. (1993).

Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Hidalgo y Matamoros, Tlalpan. Pp.153.

Harvey, D. 1996. The geography of capitalist acumulation, in Human Geography: An Essential Anthology (eds J. A. Agnew, D. Livigstone & A. Rogers, (Blackwell, Oxford, pp. 600-602.

Hernández, G. (2012). Las transformaciones agrarias y el impacto del PROCEDE entre los tének de la Huasteca potosina. Tesis de doctorado en Geografía. Universidad Autónoma de México, p. 464.

Instituto Nacional de Geografía, (1992a). Influencia Humana sobre el medio ambiente uno. Época precolonial, época colonial, época de porfiriato. Ciudad de México. Mapas a escala 1:8,000,000. En línea en: [http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/muestra\\_mapa.php?cual\\_mapa=TII-V-1-1.jpg](http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/muestra_mapa.php?cual_mapa=TII-V-1-1.jpg)

Instituto Nacional de Geografía, (1992b). Influencia Humana sobre el medio ambiente dos. Época actual. Ciudad de México. Mapas a escala 1:4,000,000. En línea en: [http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/muestra\\_mapa.php?cual\\_mapa=TII-V-1-2.jpg](http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/muestra_mapa.php?cual_mapa=TII-V-1-2.jpg)

Instituto de Geografía, (1992c). Atlas Nacional de México. v. UNAM, México, 1900-1992. Contenido: v.1. Mapas generales; “Historia y sociedad, Rebeliones y revueltas II, Sonora, Yucatán, sierra gorda y el occidente, 1820-1937”. Mapas a escala 1:2,000,000 y 1:4,000,000. En línea en: [http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/muestra\\_mapa.php?cual\\_mapa=TI-II-3-2.jpg](http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/muestra_mapa.php?cual_mapa=TI-II-3-2.jpg), consultado julio 2013

Klipper, L., R. Walley & Billiet, E. (1993). Le Mexique - des plantes pour les hommes, Bruselas, Jardin botanique national de Belgique / Hayez.

Loyola, I. (2002). Comercio y estado de guerra en la Huasteca Potosina, 1810-1821. En: El siglo XIX en la Huastecas. Escobar, A. & Carregha, L. ed. (2002). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: EL colegio de San Luis, 2002. Colección Huasteca. pp 379.

- Lugo D. (1994). Documentos para la historia de su erección, Instituto Hidalguense de Desarrollo Cultural e Investigaciones Sociales, Pachuca.
- Martínez, M. (1979). Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas, México, FCE.
- Meade, J. (1942). La Huasteca. Época antigua, México, Cossio, pp. 23-24.
- Molina, A. (1977). Vocabulario en lengua castellana y mexicana y mexicana y castellana [1551-1571]. 2da ed., México, Porrúa.
- Murphy P. G. & Lugo, A. E. (1986). "Ecology of a Tropical Dry Forest", Annual Review of Ecology and Systematics, 16: 67-88.
- Neri, A. (1993). Movimiento y resistencia campesina en la Huasteca. En: Huasteca: III. Movilizaciones campesinas. Ruvalcaba, J. & Alcalá G. ed. (1993). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Hidalgo y Matamoros, Tlalpan. 153 pág.
- Peralta-Rivero, C., Contreras, C., Galindo, M.G. & Pachicano, M. (2013). Patrones y tasas de cambio de cobertura y uso de suelo en la Región Huasteca (1976-2007). XX reunión Selper. México. pp. 8.
- Quinteros, J. 2012. Estudio ambiental y social comparativo del bosque húmedo en base al cambio de uso de suelo entre la Huasteca Potosina, México y la Mata Atlántica, rio de janeiro, Brasil. Tesis de maestría en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, pp. 168.
- Ramírez, J. (1899). La vegetación de México, Oficina Tipografica de la Secretaría de Fomento, México.
- Randle, P.H. (1966). Geografía Histórica y Planeamiento. Buenos Aires, EUDEBA, p. 49.
- Rangel J. A. & Salazar F. M. (2002). Élite, territorialidad y fragmentación política: La provincia Huasteca de 1823. En: El siglo XIX en la Huastecas. Escobar, A. & Carregha, L. ed. (2002). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: EL colegio de San Luis, 2002. Colección Huasteca. pp 379.
- Reyes, H., R. M. Aguilar, R. J. Aguirre & Trejo I. (2006), "Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México. 1973-2000", Investigaciones Geográficas, 59, 26-42.

- Romero, M. (1898). *Coffee and India-Rubber culture in México*, G.P. Putnam`s Sons, Nueva York.
- Sahagún, B. (1977). *Historia General de las Cosas de Nueva España*, [1547-1582], 3ª ed., México, Porrúa, pp. 202.
- Santiago, M. (2002). De “paraíso” a “Tierra baldia”: ambiente y extracción petrolera en la Huasteca veracruzana, 1880-1921. En: *El siglo XIX en la Huastecas*. Escobar, A. & Carregha, L. ed. (2002). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: EL colegio de San Luis, 2002. Colección Huasteca. pp 379.
- Schryper, F. (1993). El comportamiento político de los campesinos indígenas en la Huasteca entre 1860 y 1960. En: *Huasteca: III. Movilizaciones campesinas*. Ruvalcaba, J. & Alcalá G. ed. (1993). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Hidalgo y Matamoros, Tlalpan. 153 pág.
- Téllez, F. (1992). “La segregación de Tuxpan y Chicontepec en 1953, en *La Palabra y el Hombre*, 83, 27-46.
- Tiempo, (1972). Programa de Desmontes. 25 de Septiembre.
- Tiempo, (1972). Desmontes en Sinaloa y Nayarit. 23 de Octubre.
- Tiempo, (1974). Programa Nacional de Desmontes. 22 de Abril.
- Van Zantwijk, R. (1989). “El concepto del cuextecatli en la cultura azteca” in *Enquêtes sur l'Amérique moyenne. Mélanges offerts à Guy Stresser-Péan*, México, CEMCA / INAH / CNCA, pp. 159.
- Van Zantwijk, R. (1987). Descripción de los guerreros huastecas en A. TEZOZÓMOC, *Crónica mexicana, (± 1550)*, 4ª ed., México, Porrúa, pp. 314.

## Apéndices

### *Apéndice 1. Principales fenómenos naturales y antrópicos que cambiaron el paisaje en la región Huasteca en la etapa colonial.*

| <b>Año</b> | <b>Alcance y contenido</b>   | <b>Evento/implicación</b>  | <b>Referencia</b>  |
|------------|--|--|--|
| 1574       | Estancias de ganado mayor, potreros. Venta de tierras y sitios de la Huasteca provincia del Pánuco (Tanatla, Tancuya, Tlamzxtla, Tancolol, Tantima, Tamistla, Tlanchinamol). Carta de venta que hizo el gobernador.  | Expansión ganadera en la Huasteca  | AGN, IC/T, vol. 3696, f. 58.   |
| 1579       | En Tepeji de Seda, se reportó sequía y pobreza de la tierra para producir lo cual tuvo consecuencias en muerte de ganado.  | Sequía afectó a la agricultura y ganadería en la Huasteca                      | AGN, IC/T, vol. 2723, exp. 28, f. 6.   |
| 1594       | En los pueblos de Cuzcatlan y Chachitlan en la Huasteca, en las estancias de tierra viven comprimidos en amancebamiento los indios. Arreglo de tierras lo que supone presión sobre las tierras.  | Presión sobre las tierras. Efectos en los cambios de cobertura y usos de suelo | AGN, IC/C, vol. 4721, f. 1.  |
| 1598       | Comisión que se dio a Don Juan bautista de Orozco, para congregar la provincia de la Huasteca y Pánuco, Veracruz. Po. Huasteca.  | Presión demográfica  | AGN, IC/I, vol. 6, exp. 916, f. 235.   |
| 1603       | Comisión a Juan Álvarez de Bocanegra quien va por justicia mayor al partido de Huayacocotla, para registrar los ganados mayores que se sacan de la Provincia del Pánuco y la Huasteca.   | Expansión ganadera en la Huasteca  | AGN, IC/GP, vol. 6, f. 551   |
| 1604       | San Jerónimo (Huasteca) merced para un sitio de ganado mayor y un potrero a favor de Miguel.   | Expansión ganadera en la Huasteca  | AGN, IC/C, vol. , f. 1   |
| 1606       | Ganados. Ordenando que las justicias de Pánuco y la Huasteca, castiguen a las personas que recojan ganados ajenos.   | Abundancia ganadera y conflictos por las tierras                               | AGN, IC/RCOD, vol. D5, Exp. 272, f. 69 Vta.  |
| 1612       | Memorias de los tributos que contienen todos los sitios de ganado mayor y menor, potreros y caballerías de tierra, en la Huasteca, Jurisdicción de la Villa de los Valles, que eran del Lic. Don Juan Cavallero y ocio, presbítero y vecino de la ciudad de Querétaro y que hoy no son del señor Don Joséph de Torres y Vergara, arcediano de la Santa Iglesia de México. Huasteca, Villa de Valles. | Expansión ganadera en la Huasteca  | AGN, IC/C, vol. , f. 16  |
| 1614       | San Luis Potosí. Solicitud de Pedro de Salinas, de dos sitios de estancia para ganado menor para agostadero, desde la laguna de Tula hasta la sabana grande en la Huasteca.  | Expansión ganadera en la Huasteca  | AGN, IC/MPI, f. Mapa en papel. Color: blanco y negro. Sin escala. Formato de 20 x 30.7 cm. |
| 1632       | México Fianzas, Comisionado Arroyo, Fernando de. Comisionado para el cobro de Alcabalas en la provincia de Panuco y la Huasteca.   | Actividad y expansión agrícola constante                                       | AGN, IC/Inq., vol. 1428 , f. 9   |
| 1634       | Francisco Guerrero contra Juan Caballero quien   | Expansión ganadera   | AGN, IC/C, vol. , f. 7   |

|      |  |   |   |
|------|--|---|---|
|      | puso a la venta unos sitios de estancias y caballerías de tierras en la Huasteca en más de la mitad de su precio justo.  | y agrícola en la Huasteca                                 |   |
| 1694 | Solicitud de celebración de fiestas en honor a la virgen de los Remedios como agradecimiento de que se terminó la sequía y las heladas. Cultos Religiosos.   | Sequía afecto a la agricultura y ganadería en la Huasteca | AGN, IC/C, vol. , f. 2                    |
| 1722 | Comisión dada al coronel José Escandon, para la visita en el punto de misiones de Sierra Gorda de la Huasteca.   | Presencia de población y aumento demográfico              | AGN, IC/Cal., vol. 60, f. 51-85           |
| 1722 | Carta emitida por Juan de Rebolledo dirigida a Juan Flores donde le indica la sequía que padecen sus haciendas causada por la falta de caballos.   | Sequía afectó a la agricultura y ganadería en la Huasteca | AGN, IC/C, vol., f. 2                     |
| 1733 | Carta dirigida a un tal Martín, sobre que debido a la sequía no ha sido posible sembrar frijol, alberjón y cebada en sus milpas.   | Sequía afectó a la agricultura y en la Huasteca           | AGN, IC/C, vol., f. 1                     |
| 1736 | Temporalidades Misiones en Californias. Fondo Piadoso. Hacienda de San Pedro de Ibarra. Posesiones que tomo el Licenciado don Francisco Maldonado Zapata, del agostadero que se le vendió en la Huasteca el año de 1736 y copia simple de todas diligencias al pie de la letra dicho agostadero recayó en las misiones de Californias por sesión del señor Marques de Villapiente.                                 | Posesión de tierras y aumento del uso de suelo            | AGN, IC/AHH, vol., f. 25                  |
| 1743 | Se manda a la justicia de sus majestad no embaracen el uso de portaciones de a los administradores mayores y sirvientes de las haciendas de José Mateo de Herrera, por el robo de ganado de los indios barbaros fronterizos, en especial en la Huasteca y Reino de León, Huasteca, Reino de León.  | Abundancia ganadera y conflictos por las tierras          | AGN, IC/GP vol. 70, exp. 295, f. 282v-283 |
| 1750 | En el pueblo de San Miguel Arcangel Tancanhuita, el bachiller Don Juan Santos Mendoza Cura y Juez eclesiástico de autos de indios maltratados por militares en la Sierra Huasteca.   | Conflictos por las tierras                                | AGN, IC/C, vol., f. 20                    |
| 1750 | Autos de la causa seguida contra el gobernador de la Nación Huasteca, Lucas de Santiago, quien junto con sus alcaldes y demás oficiales cerro la iglesia de San Juan Bautista, en el pueblo de San Miguel Tancanhuiti, y echo a los naturales de allí no permitiendo oficiar misas ni bautizos al Bachiller Manuel de Escobar y Salcede, cura de la referida parroquia San Miguel Tancanhuiti, 2 de abril de 1750. | Conflictos entre la población                             | AGN, IC/C, vol., f. 56                    |
| 1750 | Horcasitas, Cascatlán, México, 1750. Expediente sobre los autos y reclusión en la cárcel   | Conflictos entre la población                             | AGN, IC/C, vol., f. 121                   |

|           |  |   |  |
|-----------|--|---|--|
|           | eclesiástica del Arzobispado de México de indios de San Miguel Tancahuichi y la captura del gobernador oficiales de la comunidad Huasteca por el cierre de la iglesia mandado por el alcalde Mayor, su captura se debió al teniente Joseph Odriosola.  |   |  |
| 1750      | Oficio de Don Manuel de Escobar y Salcedo, cura de San Juan Bautista Coscotlan, informa que la parroquia y misión de San Diego Huehutlan de las naciones Huasteca y Mexicana tiene más de dos meses sin ministro religioso idóneo que sepa su lengua.  | Conflictos entre la población   | AGN, IC/C, vol., f. 5                  |
| 1751      | Temporalidades Misiones en Californias. Fondo Píadoso. Papagayos. Testimonio de los autos hechos a pedimento de las misiones de la Compañía sobre que se les ampare y mantenga en la posesión y goce de unos sitios nombrados como se expresa arriba, en la Huasteca, jurisdicción de la Villa de Valles.  | Posesión de tierras y aumento del uso de suelo  | AGN, IC/C, vol. 318, exp. 15, f. 53    |
| 1757      | El Virrey deniega al gobernador, alcaldes de los pueblos de las parcialidades Mexicana y Huasteca, la moratoria que pretendían y manda al alcalde mayor de la Villa de Valles les cobre los reales tributos y que solo careciendo de reales lo puedan hacer en frutos. Villa de Valles.  | Presión sobre las tierras para producir tributos                                      | AGN, IC/I, vol. 59, exp. 42, f. 40-40v |
| 1766      | Aransa.1766. Carta de Francisco Xavier Mondragón para informar a Santiago de Castaño, la situación de su hacienda ubicada en Aransa, misma que fue afectada por una sequía y una enfermedad que afecto a las ovejas que allí se criaban.   | Sequía afectó a la agricultura y ganadería en la Huasteca                             | AGN, IC/AHH, vol., f. 2                |
| 1773-1777 | Expediente formado a consecuencia de real cedula de 5 de enero sobre la erección de un obispado con el nombre de Nuevo Reino de León y con sede en Linares, cuya jurisdicción ha de comprender la Colonia del Nuevo Santander, el Nuevo reino de León, Coahuila, Texas y las misiones de Río Verde y de la Huasteca. Informe sobre la producción de Diezmo. Nuevo Reino de León. | Nueva jurisdicción para la Huasteca y presión sobre las tierras para producir diezmo. | AGN, IC/PI, vol. 194, exp. 1, f. 1-129 |
| 1774      | Expediente de la Consulta del corregidor de Villa de Valles en la Huasteca, sobre qué debe hacer con la plaga de Langosta que tiene en su Jurisdicción. Villa de Valles  | Plagas afectaron a las tierras agrícolas en la Huasteca                               | AGN, IC/C, vol., f. 4                  |
| 1774      | Informe de la orden que se dirigió al corregidor de la Villa de Valles Joséph Ordovás, sobre las diligencias practicadas por el cura y juez eclesiástico de Tancanhuitz, Andrés González, para reformar la insolencia y malas costumbres de los naturales de las parcialidades mexicana y Huasteca. Se incluye copia de la representación  | Conflictos entre la población   | AGN, IC/C, vol., f. 8                  |

|      |   |   |   |
|------|---|---|---|
|      | lucha por Ordovás. México.  |   |   |
| 1774 | Los naturales del pueblo de Santa Clara, doctrina de Toxtepec, solicitan testimonio del auto en que se les relevo de la paga de tributos por las sequías, escasez y enfermedades que padecieron. Juiris. Pue.   | Sequía y enfermedades afectaron a la agricultura y ganadería en la Huasteca | AGN, IC/T, vol. 2731, exp. 16, f. 1       |
| 1775 | Correspondencia entre el Virrey Bucareli y el Conde de Sierra Gorda acerca de la petición de D. Antonio de Arana para reconocer los ganados de la Huasteca y del Nuevo Santander. Huasteca.   | Abundancia ganadera en la Huasteca  | AGN, IC/PI, vol. 138, exp. 1, f. 1-8      |
| 1779 | México 1779. Documento sobre la recaudación de Diezmos en la Huasteca, Misiones del Pánuco y Tampico.   | Evidencia de Posesión de tierras y el uso de suelo constante en la Huasteca | AGN, IC/C, vol., f. 2                     |
| 1787 | Vuestra excelencia manda a la justicia de Tulancingo a cuya jurisdicción corresponde el pueblo de Guascaloyan, proceda a las diligencias para relevar de tributos como solicitan los naturales, por las sequía y epidemias. Guascaloyan, jurisdicción de Tulancingo.  | Sequía y enfermedades afectaron a la producción                             | AGN, IC/I, vol. 69, exp. 361, f. 274v     |
| 1787 | Vuestra alteza manda a la justicia de Tula a cuya jurisdicción corresponde el pueblo de Tepeji del Río, proceda a las diligencias e información sobre la solicitud de relevo de tributos, debido a la sequía, falta de cosechas, trabajo y la epidemia. Tepeji del Río, Jurisdicción de Tula.                 | Sequía y enfermedades afectaron a la producción                             | AGN, IC/I, vol. 69, exp. 363, f. 275-275v |
| 1788 | Para que la justicia de Guachinango a cuya jurisdicción pertenece e pueblo de Santiago Paucalan y sus sujetos proceda a informar los motivos de la miseria de estos pueblos: que es la sequía, la escasez del maíz y los muertos ocasionados por la peste. Santiago de Paucalan, Jurisdicción de Guachinango. | Sequía y enfermedades afectaron a la producción                             | AGN, IC/I, vol. 69, exp. 126, f. 41v-42   |
| 1791 | Sobre el establecimiento de un Hospital en la Huasteca. Villa de Valles, San Luis potosí.   | Servicio de salud en la Huasteca  | AGN, IC/H, vol. 54, exp. 3, f. 24-63      |
| 1793 | Cartas de Michaela de Mendoza a su hermano don José Mariano Villanueva y Mendoza exhibiéndole sobre sus hijos y las dificultades que pasan debido a la sequía y la falta de lluvias. 1797.  | Sequía afectaron a la producción  | AGN, IC/C, vol., f. 3                     |
| 1794 | Vuestra excelencia manda al subdelegado de Tula, practique las diligencias del acordado sobre que sean relevados del pago del tercio del tribunal por pérdida de sus cosechas por la sequía. Tepetitlan, Jurisdicción San José, Tula.   | Sequía afectaron a la producción  | AGN, IC/I, vol.69, exp. 303, f. 208-209   |
| 1974 | Vuestra excelencia manda al subdelegado de Tula, practique las diligencias del acordado   | Sequía y enfermedades   | AGN, IC/I, vol.69, exp. 318, f. 228v-229v |

|           |   |   |   |
|-----------|---|---|---|
|           | sobre la relevación de tributos que piden los naturales por las calamidades que los aquejan, por sequías y enfermedades. Tepetitlan, Jurisdicción de Tula.  | afectaron a la producción   |   |
| 1794      | Vuestra excelencia manda al subdelegado de Tula, practique las diligencias del acordado sobre la solicitud que presentaron los naturales para ser relevados de dos tercios de tributos, por la sequía y escasez de maíz. Observaciones: La foja está rota. Tula.  | Sequía afectaron a la producción                                      | AGN, IC/I, vol.69, exp. 314, f. 223-224v  |
| 1799      | Sierra Gorda, solicitud para establecer nuestras misiones sobre pasar revista general en la tropa extractos de informes de Sierra Gorda y Huasteca.   | Posesión de tierras y aumento del uso de suelo                        | AGN, IC/C, vol., f. 12                    |
| 1801      | Razón dada al obispo de Guadalajara, sobre la colonia del nuevo Santander, Huasteca, Sierra de Linderos y situación geográfica. Obispo de Guadalajara.  | Evidencia del control de las tierras y el uso de suelo en la Huasteca | AGN, IC/C, vol., f. 8                     |
| 1805      | Petición para llevar a la Santa Iglesia Metropolitana la imagen de la Santísima Protectora Virgen María Señora de los Remedios, pues hay sequía en las tierras, mortandad de ganado, y peste y se espera su presencia para imponer remedio. 1805.   | Sequía afectaron a la producción                                      | AGN, IC/C, vol., f. 3                     |
| 1809      | Comunicación de la Mitra de al Virrey sobre el estado de inquietud y descuido que prevalece en algunos pueblos de Sierra Gorda y Huasteca. México.  | Asentamientos humanos descuidados en la Huasteca                      | AGN, IC/BN, vol. 117, exp. 36             |
| 1811      | Álvarez no. Arredondo sobre destrozo de las gavillas que han hecho las tropas del Rey en la Provincia de la Huasteca, y gacetas del gobierno referentes a las acciones libradas.  | Conflictos  | AGN, IC/OG, vol. 20, exp. 2, f. 77-86     |
| 1812      | Joaquín Arredondo Coronel del regimiento de Infantería de Veracruz y Gobernador Político y Militar de la Colonia y Huasteca. Solicita al virrey le remita cartuchos, piedras de Chiapas y cuantos auxilios pueda a la división de la Huasteca. Valle del Maíz.  | Conflictos  | AGN, IC/OG, vol., f. 6                    |
| 1813-1816 | Tepeapulco, Tulancingo, México El coronel Manuel de la Concha acompaña al virrey Juan Ruíz de Apodaca, las cartas originales del coronel Francisco de las Piedras, en las que le participa que don Guadalupe Victoria tomó el puerto de Nautla y con lo que quedan expuestos los pueblos de la Huasteca a ser invadidos. Por lo anterior, sale en persona el coronel Francisco de las Piedras a proteger los puntos avanzados. El virrey contestó que está de acuerdo en que con sus fuerzas auxilie al coronel de las Piedras. | Conflictos  | AGN, IC/OG, vol. 120, exp. 96, f. 356-362 |
| 1817      | Huejutla. Dice Guitian que le coronel Armiñan   | Conflictos  | AGN, IC/OG, vol. 68,                      |

|      |   |            |   |
|------|---|------------|---|
|      | le comunica que el traidor Mina ha tomado el rumbo de Jancasnegui, con la misión de internarse para la Huasteca.  |            | exp. 17, f. 58-60                         |
| 1818 | Tulancingo, campo en Los Naranjos El coronel Manuel de la Concha acompaña al virrey Juan Ruíz de Apodaca, el parte del teniente coronel José Ma. Lubian, en que manifiesta que la región de la Huasteca y la Sierra Alta están pacificadas.                                       | Conflictos | AGN, IC/OG, vol. 121, exp. 53, f. 180-189 |
| 1818 | Tulancingo, México. El coronel Manuel de la Concha da parte al virrey Juan Ruíz de Apodaca, que todos los pueblos que forman el fronton de la Sierra alta y la Huasteca, están indultándose a consecuencia de la toma de Palo Blanco y Sombrete, faltando que lo haga Simón Díaz. | Conflictos | AGN, IC/OG, vol. 121, exp. 61, f. 209-213 |
| 1818 | Tulancingo, campo en Ixhuatan. El coronel Manuel de la Concha acompaña al virrey Juan Ruíz de Apodaca, el parte del teniente coronel José Ma. Lubian en que avisa la pacificación de región de la Huasteca.   | Conflictos | AGN, IC/C, vol., f. 1                     |
| 1818 | Solicitud de don José Joaquín de Herbella, subteniente del Regimiento de Infantería de Extremadura, para que le envíen un nuevo despacho, pues en la provincia de la Huasteca perdió su equipaje a manos de los rebeldes México.  | Conflictos | AGN, IC/C, vol., f. 2                     |
| 1818 | Aviso de Lázaro Zaldivo al Virrey Juan Ruíz Apodaca, sobre la muerte del presbítero, Juan José Zevil virrey interino de Tampamolón. Huasteca, México.   | Conflictos | AGN, IC/OG, vol. 122, exp. 13, f. 58-61   |

*Apéndice 2. Actividades petroleras realizadas en la región Huasteca.*

|      |   |  |                                       |
|------|---|--|---------------------------------------|
| 1844 | Petróleo. Personal de Confianza. El Águila S.A. Compañía Mexicana de Petróleo. Cláusulas sobre puestos de confianza que forman parte de los contratos colectivos de trabajo. Capítulo II, de la Cía. Naviera San Cristóbal S.A. Capítulo III, de la Huasteca Petroleum Companies. Capítulo IV, de la Sinclair Pierce OIL Co. S.A. Capítulo V, de la Mexican Sinclair Petroleum Corporation. Capítulo V. Bis. De la Stanford y Cía. De Gas y Combustible "Imperio" S.A. Capítulo VII, de la Richmond Petroleum Co. Of México S.A. Capítulo VIII, de la California Standard Oil Co. México, los de la industria de los Ferrocarriles. | Operación de las actividades petroleras y del ferrocarril en la Huasteca. Impacto sobre los recursos forestales. Cambios de cobertura y uso de suelo | AGN, IC/AHH, vol. 1844, exp. 2, f. 42 |
| 1844 | Petróleo. Comisión de Asesores Patronales. Personal de confianza. Cláusulas sobre puestos de confianzas, que forman parte de los contratos colectivos de trabajo. Capítulo II de la Cía.  | Operación de las compañías petroleras y del ferrocarril en la  | AGN, IC/AHH, vol. 1844, exp. 3, f. 42 |

|      |   |  |  |
|------|---|--|--|
|      | <p>Naviera San Cristóbal S.A. Capítulo III, de la Huasteca Petrolera Companies. Capítulo IV, de la Sinclair Pierce Oil Co. S.A. Capítulo V, de la Mexicana Sinclair Petroleum Corporation. Capitulo Bis, de la Stanford y Cía. Sus. Capítulo VI, de la Cía, de Gas y Combustible "Imperio" S.A. Capitulo VII Richmond Petroleum Co. Of México de S.A. Capítulo VIII California Standard Oil Co. México. Los de las industrias de los ferrocarriles.</p>   | <p>Huasteca. Impacto sobre los recursos forestales. Cambios de cobertura y uso de suelo</p>  |  |
| 1852 | <p>Petróleo. Comisión de Asesores Patronales. Tabuladores de sueldos. Los formulado para trabajadores de la planta de distribución, y Refinería de Atzacapotzalco, Oleoducto de Palma Sola, de Agencias de Ventas, de la Huasteca Sinclair, California Standard Oil, para empleados de El Águila, Huasteca y Siblair Pierce Oil. Para tripulantes de la Cía. Naviera San Ricardo y San Cristóbal de la refinería El Águila (1848). Refinería de Tampico, El Aguila, Departamento de refinería de la terminal Mata Redonda, Huasteca Petroleum Co., Arbol Grande, de la Sinclair Pierce Oil (1849). Refinería de Minatitlán, Departamento de Producción de El Águila, Campo Sur de la Huasteca, Mexican Sinclair, PENN Mex. Fue Co., Standford y Cía. Richmond Petroleum Co. Of México, Consolidated Oil Companies of México, de las oficinas en Coatzacoalcos (1850). Para trabajadores y empleados en general, de las oficinas generales de El Aguila, La Huasteca Pet. Co., de la Sinclair Pierce Oil Co. Y la California Standard Oil. Planta Pierce, California Standard Oil, de la Richmond Pet. Co., de la Cía. Naciera San Cristóbal, de la refinería de Tampico producción y operación de El Águila y de la refinería de Minatitlán; departamento de Producción y Refinería terminal Mata Redonda de la Huasteca, de la Refinería Árbol Grande y producción de la Mexican Sinclair, de la Stanford y Cía, de la Richmond, de la Cía. Naviera San Cristóbal y San Ricardo, de Minatitlán, de Tampico, de EL Águila, de la Sinclair Pierce y Huasteca. En Veracruz de El Águila y la Huasteca Sinclair Pierce. (1852)</p> | <p>Operación de las compañías petroleras y del ferrocarril en la Huasteca. Impacto sobre los recursos forestales. Cambios de cobertura y uso de suelo.</p> | <p>AGN, IC/AHH, vol. 1852, exp. 1, f. 3100</p> |
| 1908 | <p>Distrito Federal, Museo Nacional. El director remite programa para una excursión en la Huasteca Potosina.</p>  | <p>Actividades de investigación en la Huasteca</p>   | <p>AGN, IG/IPBA, vol. 1852, exp. 40, f. 7</p>  |
| 1937 | <p>Petróleo. Comisión de Asesores Patronales.</p>   | <p>Operación de las</p>  | <p>AGN, IC/AHH, vol.</p>                       |

|  |   |  |                              |
|--|---|--|------------------------------|
|  | <p>Contrato de trabajo. La Compañía Mexicana de Petróleo "El Águila S.A., envía un memorándum. Estudio y comentarios sobre las cláusulas del proyecto de contrato general aprobado en la primera gran convención extraordinaria del Sindicato de Trabajadores Petroleros de la República, fueron sometidos a la consideración de los Asesores Dres. Gustavo Baz y Fernando Ocaranza con motivo del conflicto.</p> <p>Oficio para que la empresa de su opinión sobre la importancia de la cláusula 144 del proyecto de contrato. Carta referente a la agrupación de las cláusulas sobre vacaciones. Solicitud a las compañías para que opinen sobre la cláusula 175 y 233. Respuesta sobre la aceptación de la cláusula 233 informando que si la acepta se ocasionarían continuas discusiones con el Sindicato. Oficio pidiendo explicaciones complementarias sobre el capítulo XXII (herramientas e implementos de trabajo). Oficio a la Cía. Para que opine sobre serie de reglas insertas después de la cláusula 245, relativas a medios de transporte para los trabajadores.- Oficio en que se pide opinión sobre las cláusulas 37-39 del proyecto. Contestación de las empresas a oficios relativos a LAS CLAUSULAS 31, 37 Y 39. Oficio para que la Cía, informe sobre la frecuencia del caso que se consigna en la cláusula 57.- Oficio en que se solicita opinión sobre las cláusulas 82, 83. Respuesta sobre gastos de tripulación de embarcaciones.- Estudio de los "Beneficios concedidos a los trabajadores en el contraproyecto patronal en relación con los contratos vigentes.- Carta de las empresas sobre implementos y herramientas a los trabajadores así como a armas de fuego parque, para sus necesidades. Oficio para que la empresa informe sobre la cláusula 30 relativa a ayudantes operarios. Oficio a las Cías. Para que informen sobre el alcance de la cláusula 224. Respuesta indicando la pretensión de los trabajadores sobre el descuento de un 10% para comparar al mayoreo los elementos que elaboran, sin limitación. Oficio transcribiendo a las Cías.- lo dicho por la Comisión Pericial al Sindicato con respecto a las tierras que solicitan los trabajadores para su cultivo. Respuesta en que las Cías. Dicen que en casos aislados han accedió a proporcionar tierras de cultivo que no</p> | <p>compañías petroleras y del ferrocarril en la Huasteca. Impacto sobre los recursos forestales. Cambios de cobertura y uso de suelo</p> | <p>1844, exp. 34, f. 258</p> |
|--|---|--|------------------------------|

|      |  |  |  |
|------|--|--|--|
|      | <p>es posible ceder a la petición.- Cartas en que la Cía. Expone sus puntos de vista sobre el capítulo XXI (pases y medios de transporte), el XX, (escuelas, bibliotecas y fomento del deporte). Carta de los Dres. Gustavo Baz y Fernando Ocaranza, en la que opinan sobre las cláusulas del proyecto de contrato. La Comisión de Asesores Patronales se refiere a la cláusula 245 que trata sobre la salida de los trabajadores y medios de transporte. Puntos de vista sobre "Beneficios extracontractuales concedidos por la Cía a sus trabajadores en materia de ejemplares de contratos colectivos celebrados entre la propia Cía., la Huasteca Petroleum. La Penn Mex. Oil y la Mexican Sinclair Petroleum Corporation, con diferentes secciones sindicales. Comunicación de la Comisión de Asesores sobre envío de cartas solicitadas por teléfono. "Reformas, que como última oferta para evitar la huelga, introdujeron las Cías. Al contraproyecto patronal de contrato general que habían sometido al sindicato de Trabajadores Petroleros de la República Mexicana, con la condición expresa de que todas las demás cláusulas de dicho contraproyecto fueran asentadas tal y como estaban redactadas así como el tabulador de sueldos con la condiciones precisas. Reformas que introdujeron las Cías. Al contraproyecto patronal, como última huelga oferta para evitar la huelga. Puntos de vista de la Comisión de Asesores Patronales sobre las cláusulas 206-211. Carta de la Cía. En que avisa el envío de comentarios al proyecto de contrato, memorándum sobre reformas al proyecto para evitar la huelga y estudio comparativo entre las bases propuestas por el Sindicato. Carta de las empresas agregando omisiones del memorándum y referentes a las cláusulas 35 (semana de trabajo), y 47 (pago por día de descanso).</p> |  |  |
| 1937 | <p>Petróleo. Programa de Investigación. Huasteca Petroleum Company. Oficio 83 a la Cía., remitiéndole el proyecto de programa de la investigación.</p>   | <p>Operación de las compañías petroleras y actividades de investigación. Impacto sobre los recursos forestales. Cambios de cobertura y uso de suelo en la Huasteca</p> | <p>AGN, IC/AHH, vol. 1853, exp. 66, f. 1</p> |
| 1937 | <p>Petróleo. Personal. Huasteca Petroleum</p>  | <p>Operación de las</p>  | <p>AGN, IC/AHH, vol.</p>                     |

|  |  |   |                      |
|--|--|---|----------------------|
|  | Company. Oficios a la Cía. Para que informe sobre reajustes, movilizaciones, informes sobre personal técnico, mortalidad, accidentes, ocurridos en la terminal de Mata Redonda, Ébano y Cerro Azul, enfermedades ocurridas de 1934-1936. Respuestas respectivas. | compañías petroleras. Impacto sobre los recursos forestales. Cambios de cobertura y uso de suelo en la Huasteca | 1853, exp. 69, f. 21 |
|--|--|---|----------------------|

### CAPÍTULO III

#### Percepción Local Respecto a la Valoración Ambiental y Pérdida de los Recursos Forestales en la Región Huasteca de México

Peralta-Rivero<sup>1\*</sup>, M. Guadalupe Galindo<sup>1</sup>, Carlos Contreras-Servín<sup>1</sup>, Jean François Mas<sup>2</sup>, Marcos Algara Siller<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma San Luis Potosí / Coordinación para la Innovación y la Aplicación de la Ciencia y la tecnología, México

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>3</sup> Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma San Luis Potosí / Facultad de Ingeniería, Ingeniería ambiental, Universidad Autónoma San Luis Potosí, México

\* Autor para correspondencia, [peralta.carmelo@gmail.com](mailto:peralta.carmelo@gmail.com)

#### Resumen

La pérdida de recursos forestales en la región Huasteca es un problema complejo que requiere un enfoque multidisciplinario y un proceso participativo de actores locales para detectar problemas y elaborar estrategias para mitigarlos. El objetivo del trabajo fue analizar la percepción local de la población respecto a la valoración ambiental y pérdida de los recursos forestales en el “Ejido Laguna del Mante” y la “Comunidad Tocoy” de la Huasteca de San Luis Potosí. Se desarrolló una metodología de análisis para evaluar la percepción local de la población y se aplicaron entrevistas semiestructuradas a actores claves. Asimismo, se realizó un mapeo participativo de percepción del pasado, presente y futuro de los recursos forestales y otros usos de suelo. Finalmente, se clasificó y calculó el cambio de cobertura y uso de suelo para ambas comunidades. Los resultados indican que la población percibe la pérdida y degradación de sus recursos forestales de acuerdo con su conocimiento local, basado fundamentalmente en las experiencias de sus actividades productivas, expresadas en entrevistas y mapas participativos de percepción. Ambas comunidades sufrieron procesos considerables de deforestación en el periodo 1973-2014. La metodología sobre percepción local apoyadas en mapeo participativo y análisis de cambios de cobertura y uso de suelo, permitió entender escenarios del estado de los recursos forestales y la dinámica productiva desarrollada en el área de estudio, y debe servir como herramienta para el desarrollo de estrategias y generación de políticas locales en pro de la conservación y manejo de coberturas forestales en la Huasteca.

**Palabras clave:** Cambio de cobertura y uso de suelo, deforestación, Huasteca, mapeo participativo, percepción local ambiental

#### Abstract

The loss of forest resources in the Mexican Huasteca region is a complex problem, which requires a multidisciplinary approach and a participatory process of local stakeholders in order to detect problems and develop mitigation strategies. The objective of this study is to analyze the local perception of the population regarding the environmental assessment and the loss of forest resources in the Ejido Laguna del Mante and the Tocoy Community of the Huasteca in San Luis Potosi. A methodology for the analysis was developed to evaluate the perception of the local population and semi-structured interviews were applied to stakeholders. Also, a participatory mapping of perception of the past, present and future of the forest resources and other land uses was performed. Finally, in both communities the cover and land uses were classified, and its

changes were calculated. The results point out that local population perceives the loss and degradation of their forest resources according to their local knowledge based primarily in the experiences of their productive activities, which is expressed in the interviews and participatory mapping of perception. Both communities suffered considerable deforestation for the period 1973-2014. The methodology based on local perception, supported by participatory mapping and the analysis of land cover and land use change, allowed the understanding of scenarios for the state of forest resources and the productive dynamics developed in the study area. It should serve as a tool for strategies and local policies development towards the conservation and management of the forest covers in the Huasteca.

**Key words:** Land cover and land use change, deforestation, Huasteca, participatory mapping, local environmental perception

## 1. Introducción

Generalmente los bosques tropicales son subvalorados y es frecuente que estos sean únicamente apreciados desde el punto de vista económico, resaltando el valor productivo de la madera o el cambio de uso de suelo hacia otras actividades económicas, lo cual trae como consecuencia la reducción de los recursos forestales (Pattie et al., 2003; Peralta-Rivero et al., 2013).

El caso de la región Huasteca de México no ha sido la excepción, la pérdida o alteración del estado de los recursos forestales por procesos de cambios de uso de suelo han aumentado hasta aproximadamente el 80% del total del área para el año 2011 (Peralta-Rivero et al., 2014a, 2014b). Estos procesos de deforestación se han incrementado debido a la diversificación de actividades productivas y económicas que trae como consecuencia el aprovechamiento desmesurado de los recursos naturales. Este tipo de degradación es un problema complejo que requiere un enfoque multidisciplinario para mitigarlo (Zepeda et al., 2012). Asimismo, se precisa de un proceso participativo de los actores locales para enfrentar estos retos y elaborar estrategias para un mejor uso y aprovechamiento de los recursos naturales.

Una metodología participativa como por ejemplo la percepción del estado de sus recursos naturales, expresan el conocimiento que tiene la población de una comunidad sobre su territorio, reflejados en las actividades productivas o en áreas de protección u conservación (Tipula, 2008). Ese reconocimiento e interrelación por parte de los actores locales inmersos en esta dinámica, es uno de los elemento más poderosos en los procesos de toma de decisiones sobre los recursos naturales de sus comunidades (Ramos, 2007; Guevara-Hernández et al., 2010; Guevara-Hernández et al., 2011), y es por ello la importancia de conocer la idiosincrasia y los procesos que los actores locales realizan para desarrollar acciones y estrategias en post de la conservación.

Debido a la necesidad de construir cartografía de cobertura y uso de suelo y conocer la dinámica multitemporal, la participación de la población fue indispensable en la creación de mapas participativos de percepción del pasado, presente y futuro. Las personas pudieron plasmar y observar cómo han evolucionado las coberturas y usos de suelo en sus comunidades en un rango de tiempo de 40 años. Al mismo tiempo facilitó la elaboración de mapas a partir de imágenes de satélite y reconocer la trayectoria evolutiva de los cambios de cobertura de uso de suelo (CCUS) en las áreas evaluadas. El CCUS es una herramienta aplicada para evaluar estrategias de manejo y uso de recursos naturales, así como de manejo comunitario de los recursos forestales, proporcionando un indicador objetivo como es la tasa de cambio (Berry et al., 1996; Masera et al., 1999; Kiernan, 2000), producto considerado de gran utilidad para apoyar políticas encaminadas a disminuir o revertir el deterioro ambiental (Velázquez et al., 2002).

Asimismo, para conocer la percepción local de la población fue importante diferenciar percepciones a nivel individual referente al manejo de sus recursos forestales para identificar causas y efectos de su deterioro (Portugal & García, 2012; Peralta-Rivero, et al., 2013) lo cual proporcionó un panorama general de la situación ambiental de las comunidades, misma que fue validada con los mapas participativos de percepción y la cartografía de la trayectoria evolutiva de cambios de cobertura y uso de suelo.

### **Objetivo general**

Evaluar la percepción local de la población respecto a la valoración ambiental y pérdida de los recursos forestales en el tiempo pasado, presente y futuro en comunidades de la región Huasteca de San Luis Potosí.

### **Objetivo particular**

Identificar los cambios de cobertura y uso de suelo ocurridos entre 1973 y 2014 apoyado en la interpretación de imágenes Landsat y en los mapas participativos de percepción en el “Ejido Laguna del Mante” y la “Comunidad Agraria Tocoy”.

## **2. Área de estudio**

La investigación se desarrolló en dos comunidades de la región Huasteca de San Luis Potosí, “Huasteca Potosina”: en el ejido Laguna del Mante y en la comunidad agraria Tocoy.

El ejido Laguna del Mante está localizado entre las coordenadas 22°13'06" Norte y 98°59'18" Oeste en la parte norte de la Huasteca Potosina dentro del municipio de Ciudad Valles (Figura 1). El clima que predomina es el tropical con una temperatura media anual de 24.5 °C (SEGOB, 2010), la precipitación anual oscila entre 800 y 1,500 mm (Vidal-Zepeda, 1990). Los tipos de suelo que predominan son del tipo rendzina, litosol y regosol (INIFAP, 1995). El ejido fue establecido como tal en 1974 y tiene una extensión de 46,000 hectáreas aproximadamente. Cuenta con 2,030 habitantes de los cuales 446 son ejidatarios. Sólo el 6% habla lengua indígena como el Náhuatl, Tének y Huastecos (INEGI, 2010). Su principal actividad económica está ligada a la agricultura a través de la plantación de caña de azúcar, limón y mango. Asimismo, la cría de ganado vacuno, ganado ovino y la pesca son importantes para su economía. Una particularidad de este ejido es que aproximadamente 14,000 hectáreas son parte de la Reserva de la Biosfera “Sierra del Abra Tanchipa” la cual fue declarada como tal en el año 1994 con un total de 21,000 hectáreas. Dentro de este territorio, y como parte de la reserva, el ejido tiene un área de 1,947.73 hectáreas bajo el sistema de pagos por servicios ambientales para la conservación de los remanentes forestales comprendido para el periodo 2010-2015 (González, 2013).

Por otro lado, la comunidad Tocoay está situada entre las coordenadas 21°38'21" Norte y 98°52'14" Oeste, en el municipio de San Antonio (Figura 1). Predomina en la mayor parte del municipio el clima semicálido húmedo, con abundantes lluvias en verano (Acm), en el extremo Noreste, su clima es cálido subhúmedo (Aw2) y según la clasificación internacional de Köppen se lo determina como tropical. El promedio anual de la temperatura es de 24.7 °C; los meses más fríos ocurren entre diciembre y enero; su precipitación anual oscila entre 1,200 y 1,500 mm (Vidal-Zepeda, 1990), la temporada de lluvias ha sido muy cambiante en los últimos años (CEDEM, 2009). El principal tipo de suelo de la comunidad es de tipo rendzina (INIFAP, 1995). Tiene una extensión aproximada de 1,058 hectáreas con una población de 1,061 habitantes (Conabio, 2012) de los cuales el 87.66% de los adultos habla la lengua Tének. Asimismo, esta comunidad está catalogada por tener un alto grado de marginación (CONABIO, 2012). Su principal actividad económica de la comunidad está ligada a la agricultura de caña, maíz, tomate, calabazas, chile y al aprovechamiento de algunos tipos de madera para realizar artesanías de tallados de madera, utensilios de cocina y también para leña.

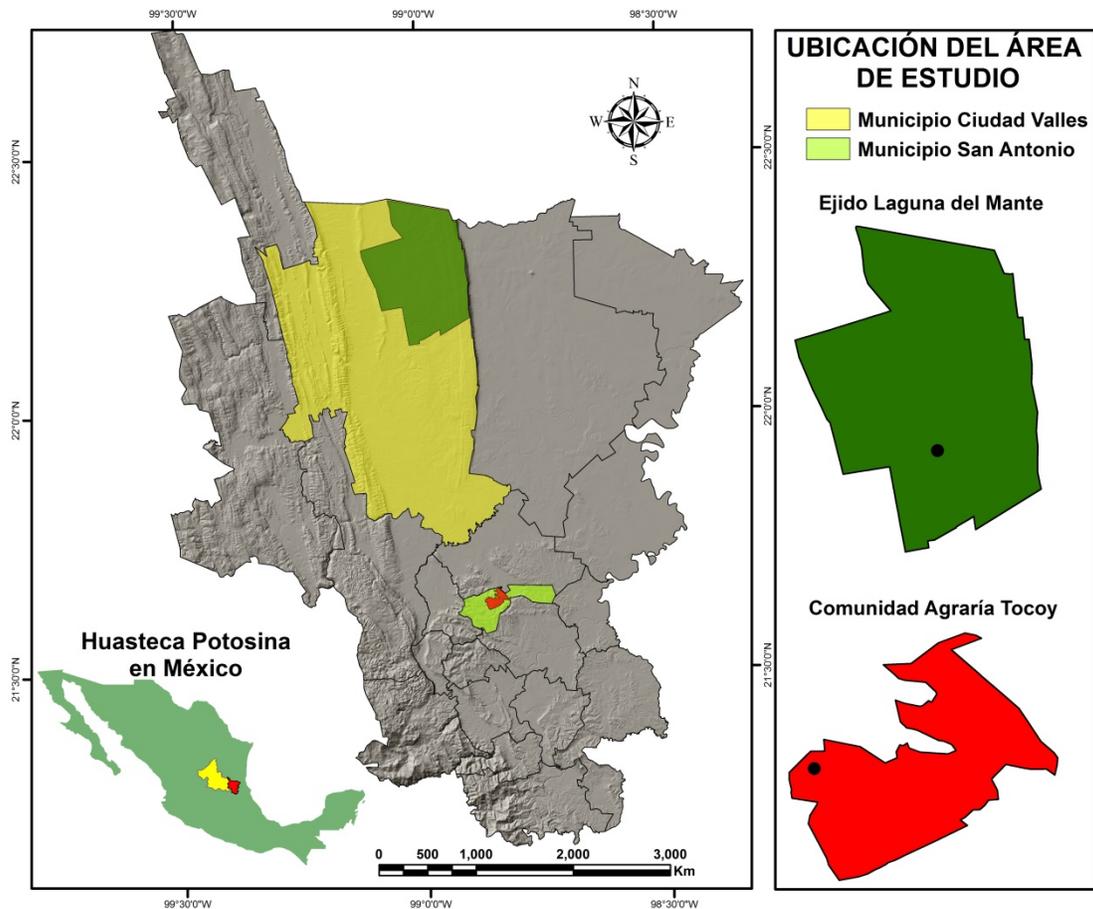


Figura 1. Ubicación del ejido Laguna del Mante y la comunidad Agraria Tocooy en la Huasteca Potosina. Fuente: Elaboración propia en base a INEGI, 2013; 2014a; 2014b.

### 3. Bases metodológicas

Se ha reconocido que los habitantes de las comunidades rurales tienen un sofisticado y detallado conocimiento geográfico de su entorno inmediato, y su validación aumenta el valor, la correlación y la utilidad del producto obtenido ya que es visto como una herramienta importante para la conservación de sus recursos naturales (Ramos, 2007). De esta manera, mediante criterios, indicadores y percepciones del aspecto ambiental, productivo, económico y social, fue desarrollada una metodología de análisis en base a entrevistas semi-estructuradas para evaluar la percepción local de la población, complementada a través de un mapeo participativo de percepción y una cartografía de cobertura y uso de suelo basadas en clasificaciones de imágenes de satélite Landsat para medir la pérdida y degradación de recursos forestales en el área evaluada.

#### 3.1 Percepción local de la población

La percepción fue evaluada en base a entrevistas semi-estructuradas, las cuales se basaron en temáticas en donde el entrevistador tuvo la libertad de introducir preguntas adicionales cuando surgió algún tema que ayudó a una mejor comprensión de la problemática de investigación, además, se recolectaron datos y se corroboró información cuando el entrevistado respondió de manera abierta sus respuestas. Para ello fue importante conocer en el tiempo pasado, presente y futuro del estado de los recursos forestales en las comunidades, fundamental para la interpretación de los procesos cambios que han llevado a su pérdida y degradación.

Los indicadores identificados fueron agrupados bajo cuatro criterios para evaluar *la percepción local de la población* acerca de la degradación ambiental, tal como se han aplicado en otros estudios que han analizado la degradación o sustentabilidad de sistemas productivos y sus cambios a través del tiempo (Cruz, 2009; Guevara-Hernández et al., 2009; Guevara-Hernández et al., 2013). Estos indicadores fueron contruidos y modificados según la percepción de las personas de las comunidades (Tabla 1).

*Tabla 1. Criterios e indicadores utilizados en la autoevaluación de la percepción local de la población sobre la pérdida de recursos forestales en el pasado, presente y futuro.*

| <b>Criterio</b> | <b>Indicador</b>   |
|-----------------|--|
| Ambiental       | Superficie de selvas (monte)                             |
|                 | Cantidad de árboles                                      |
|                 | Consecuencias de la degradación forestal o deforestación |
|                 | Cantidad de personas                                     |
|                 | Superficie agrícola                                      |
|                 | Superficie ganadera                                      |
|                 | Actividades relacionadas a la disminución de selvas      |
|                 | Pérdida de recursos forestales                           |
|                 | Deforestación  |
|                 | Estado de degradación de selvas                          |
| Productivo      | Manejo de selvas o bosques                               |
|                 | Conocimiento técnico de manejo de selvas                 |
|                 | Producción de madera                                     |
|                 | Producción de otros recursos además de la madera         |
|                 | Diversidad de especies forestales                        |
| Económico       | Beneficios económicos obtenidos por aprovechar selvas    |
|                 | Beneficios económicos obtenidos por recuperar selvas     |
|                 | Inversión económica para recuperar selvas                |
| Social          | Nivel de importancia de la actividad forestal            |

Actividades conjuntas de manejo forestal  
Selvas como un medio económico y fuente de empleo

---

Las respuestas obtenidas de las entrevistas se codificaron con base a valores cualitativos con la finalidad de que los productores puedan valorar por si mismos cada indicador y obtener una agrupación de respuestas para el análisis. Esas codificaciones además de ser valorados cualitativamente, también fueron expresadas en valores cuantitativos para poder hacer un análisis comparativo entre las percepciones del pasado, en el presente y del futuro sobre la pérdida de los recursos forestales en las comunidades. La escala de valores cuantitativa tiene un rango que va de uno hasta cinco, en donde el valor más bajo (1) se refiere a valores cualitativos que indican percepciones de ausencia “nada, muy malo, nada importante” respecto a algún indicador, mientras que el valor más alto (5) se refiere a la valoración cualitativa de lo mejor “excelente, totalmente, fundamental” y se le asignaron los valores cuantitativos más altos (Tabla 2).

*Tabla 2. Escala de valores utilizados para la codificación de respuestas obtenidas para diferentes indicadores en las entrevistas semi-estructuradas.*

| <b>Valor</b> | <b>P-P1-F</b> | <b>P-P1-F</b> | <b>P-P1-F</b>   | <b>P-P1</b>   | <b>F</b>    |
|--------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|-------------|
| 1            | Nada          | Muy malo (a)  | Nada importante | Nada          | Nada        |
| 2            | Poco (a)      | Malo (a)      | Poco importante | Poco (as)     | Poco (a)    |
| 3            | Más o menos   | Regular       | Importante      | Más o menos   | Más o menos |
| 4            | Muy/Mucho (a) | Bueno (a)     | Muy importante  | Mucho (a)/Muy | Mucho (a)   |
| 5            | Totalmente    | Excelente     | Fundamental     | Totalmente    | Totalmente  |

Nota: pasado (P), presente (P1), futuro (F).

Toda la información obtenida fue sistematizada para su análisis respectivo. La evaluación se la realizó mediante la interpretación de gráficos construidos según los valores de los indicadores y/o percepciones. Asimismo, cuando fue necesario, se realizó la interpretación etnográfica de las opiniones de los participantes, importante en la complementación del análisis histórico (Erol & Ferrell, 2003; Cruz, 2009; Guevara-Hernández et al., 2009).

### 3.1.1 Tamaño de la muestra y aplicación de las entrevistas

Se aplicó un muestreo aleatorio estratificado, cuyo tamaño de muestra fue de 73 personas a entrevistar, y los valores matemáticos se presentan en la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} =$$

$$n = \frac{3,091 * 1.44^2 * 0.9 * 0.1}{0.05^2(3,091 - 1) + 1.44^2 * 0.9 * 0.1} = 73$$

Dónde N es el total de la población de las dos comunidades (3,091 habitantes);  $Z\alpha^2$  es igual a  $1.44^2$  (con una seguridad del 85%); p es la proporción esperada de éxito (en este caso 90% = 0.90); q es la proporción esperada de fracaso  $1 - p$  (en este caso  $1-0.9 = 0.1=10\%$ ) y d es la precisión (en este caso del 5%).

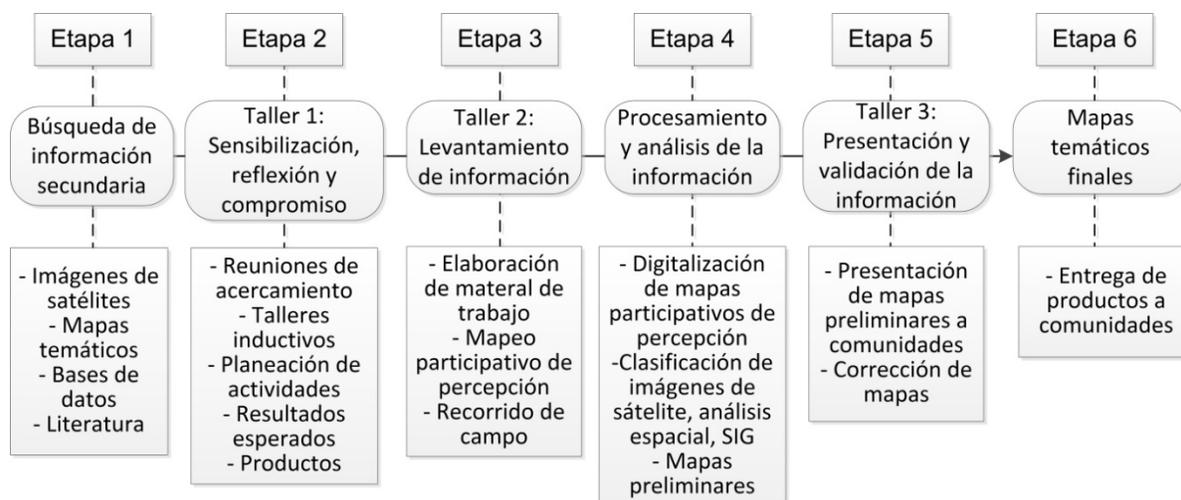
El número de entrevistas realizadas fue distribuido en primera instancia de manera estratificada y proporcional, de acuerdo al número de habitantes por comunidad, y posteriormente se la distribuyó de forma desproporcional (Tinoco & Sáenz-Campos, 1999; Robledo, 2005; Torres & Paz, 2011) dada la importancia de los actores sociales en la investigación (habitantes del ejido Laguna del Mante y la comunidad Tocoy) quienes poseen grandes extensiones de selvas. Una vez distribuida la muestra, entre los seleccionados se entrevistó a quienes tienen un mayor conocimiento de sus recursos forestales en sus comunidades (actores clave), los mismos que nos guiaron a otros informantes que conocen a detalle sobre la temática. De esta manera, se realizaron 52 entrevistas a personas de la comunidad Tocoy y 21 entrevistas a las personas del ejido Laguna del Mante.

La investigación de campo y aplicación de entrevistas se llevó a cabo entre el mes de febrero y mayo del 2014 (fechas acordadas con los dirigentes y personas de las comunidades) con visitas a las casas de los informantes claves y también posterior a los talleres participativos de percepción. Estas fueron aplicadas individualmente a las personas de las comunidades para complementar, triangular y corroborar la información obtenida en los talleres, además, nos permitió conocer su perspectiva auto-evaluativa de la pérdida y degradación forestal.

### **3.2 Mapeo participativo de percepción y análisis de cambio de cobertura y uso de suelo**

El mapeo participativo de percepción y la evaluación del cambio de cobertura y uso de suelo en las comunidades se lo realizó en el mismo periodo de la aplicación de las entrevistas.

En total se realizaron tres talleres participativos por comunidad con la presencia de los actores locales. El primero fue de inducción sobre la problemática, sensibilización y compromisos entre investigadores y los actores locales. En el segundo taller (Apéndices 1 y 2) se consultó a las personas de la comunidad sobre el estado de sus recursos forestales en el pasado, presente y futuro y se construyeron los mapas participativos de percepción. En el último taller se presentaron y validaron los mapas finales con las comunidades (Figura 2).



*Figura 2. Etapas del proceso de mapeos participativos de percepción y evaluación del cambio de cobertura y uso de suelo en las comunidades evaluadas.*

En el taller dos en dónde se realizó el mapeo participativo de percepciones, se identificaron factores, causas, efectos y tendencias que afectaron y causaron el agotamiento o disminución de los recursos forestales en sus comunidades para complementar, triangular y corroborar la información obtenida en las entrevistas (Maceratesi, 2007; Cruz, 2009). Asimismo, se realizaron recorridos de campo con las personas de la comunidad, para observar y comentar detalles físicos del paisaje, e identificar los indicadores de degradación o de manejo de la cobertura forestal, así como áreas conservadas o degradadas.

Asimismo, se mapearon según las percepciones, las coberturas y usos de suelo, utilizando como base las imágenes de satélite Landsat 2014, Spot 5 (2013) y ortofotos (2010), mismas que se utilizaron con el objetivo de distinguir áreas de uso forestal (selvas y vegetación secundaria), áreas de uso ganadero (pastizales) y áreas de uso agrícola (tipos de agricultura), asentamientos (actuales y del pasado), caminos, trillas o senderos, cuerpos de agua y otros componentes socioeconómicos.

Se realizaron tres mapas participativos de percepción de acuerdo a los tiempos a evaluar: el *mapa del pasado* en el cual se efectuó un ejercicio de memoria y se reconoció el territorio que las comunidades estudiadas haciendo un repaso histórico de cómo era la comunidad entre los años 1970 y 1980. El *mapa del presente* donde se trató de reflejar la situación actual del espacio de las comunidades, para hacer una comparación con el mapa del pasado y visualizar los cambios ocurridos hasta el año 2014. Por último, el *mapa del futuro* tuvo como objetivo representar lo que las comunidades querían cambiar, e inclusive como creen las personas que estarán sus comunidades hasta el año 2030. La información obtenida, se digitalizó en ArcGis 10.0 tomando en cuenta todas las zonificaciones realizadas en el mapeo participativo para los tres tiempos en ambas comunidades, información base que sirvió para el análisis de cobertura y uso de suelo mediante imágenes de satélite.

Complementariamente, se realizó el mapeo de la cobertura y uso de suelo mediante una clasificación orientada a objetos desarrollada en el software eCognition Developer 8.7, con base en una segmentación de imágenes de satélite Landsat MSS (1973), TM (2000) y OLI (2014) según criterios de heterogeneidad (scale) y descriptores (features) (Cruz et al., 2007; Weckmüller et al., 2013) (Figura 3).

Para la jerarquización de la clasificación, que tiene como resultado diferentes niveles de clases relacionadas entre sí, en función de una topología definida, se utilizó el algoritmo *multiresolution segmentation*, con parámetros de escala de 8, criterios de forma 0.2 y 0.8 de compacidad para imágenes Landsat MSS; y parámetros de escala de 10, criterios de forma de 0.2 y compacidad de 0.8 para imágenes Landsat TM y Landsat OLI.

La definición de las clases temáticas y selección de muestras que representaron cada una de las clases, se basó en el conocimiento previo del área de estudio (puntos de reconocimiento en campo), la composición colorida utilizada y las referencias tomadas de las personas de las comunidades mediante los mapas participativos de percepción. En la clasificación se dio énfasis exclusivamente al modelaje fuzzy sobre descriptores espectrales apoyados en la selección de áreas de entrenamiento (muestras). El análisis fuzzy proporciona un grado de participación (pertinencia) de un objeto para todas las clases definidas, cuyos valores pueden ser insertados en nuevos contextos de clasificación (Cruz et al., 2007). De esta

manera fue realizada una clasificación supervisada orientada a objetos con verificaciones de campo.

Después de la clasificación se obtuvieron mapas parciales de cobertura y uso del suelo, lo cuales fueron llevados al software ArgGis 10.0 donde se eliminaron áreas < 4 hectáreas para reconocer una escala de análisis en la cartografía de 1:50,000, de acuerdo con el concepto de área mínima mapeable (Salitchev, 1979). Asimismo, se realizó una edición manual con verificación de las imágenes analizadas con el objetivo de corregir algunas inconsistencias. Después de la generación de los mapas finales de cobertura y uso de suelo, se realizó una sobreposición de datos a través de la herramienta *Intersect* la cual permitió evaluar las trayectorias de cambios en la cobertura y uso de suelo para ambas comunidades. Todas las combinaciones de clases detectadas fueron calculadas y mapeadas.

Para describir la dinámica de los cambios de las coberturas se calcularon las tasas de cambios de acuerdo con la ecuación 1 establecida por la FAO (1996). Esta tasa expresa el porcentaje de cambio en la superficie al inicio de cada año. Los resultados describen las transiciones de todas las coberturas y usos de suelo.

$$\delta_n = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^{1/n} - 1 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde  $\delta$  es la tasa de cambio (para expresar en porcentaje hay que multiplicar por 100);  $S_1$  es la superficie del tiempo 1;  $S_2$  es la superficie del tiempo 2; y  $n$  es el número de años entre las dos fechas.

Por otro lado, en el análisis del CCUS se calcularon las ganancias y pérdidas brutas de las coberturas con el fin de obtener los cambios totales que sufrieron cada una (Pontius et al., 2004). Para ello, se construyó una matriz de tabulación cruzada o matriz de cambios que resulta de cruzar los mapas de las fechas en cuestión (tiempo uno y tiempo 2). En dicha matriz las filas representan las categorías del mapa en el tiempo 1 y las columnas las categorías del mapa en el tiempo 2 (Tabla 3).

*Tabla 3. Matriz de tabulación cruzada para dos mapas de diferentes fechas.*

|          |   | Tiempo 2 |                |              |       |              |              |                 |                |
|----------|---|----------|----------------|--------------|-------|--------------|--------------|-----------------|----------------|
|          |   | 1        | 2              | 3            | 4     | 5            | 6            | 7               | 8              |
| Tiempo 1 | 1 |          |                |              |       |              |              |                 |                |
|          | 1 |          | <i>Clase 1</i> | <i>Clase</i> | ..... | <i>Clase</i> | <i>Total</i> | <i>Pérdidas</i> | <i>Tasa de</i> |

|   |                           |                   |                   |       |                   |          |                   |              |
|---|---------------------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|----------|-------------------|--------------|
|   |                           |                   | 2                 |       | n                 | $T_1$    | $(L_{ij})$        | cambio anual |
| 2 | Clase 1                   | $P_{11}$          | $P_{12}$          | ..... | $P_{1n}$          | $P_{1+}$ | $P_{1+} - P_{11}$ | %            |
| 3 | Clase 2                   | $P_{21}$          | $P_{22}$          | ..... | $P_{2n}$          | $P_{2+}$ | $P_{2+} - P_{22}$ | %            |
| 4 | .....                     | .....             | .....             | ..... | .....             | .....    | .....             | %            |
| 5 | Clase n                   | $P_{n1}$          | $P_{n2}$          | ..... | $P_{nn}$          | $P_{n+}$ | $P_{n+} - P_{nn}$ | %            |
| 6 | Total $T_2$               | $P_{+1}$          | $P_{+2}$          | ..... | $P_{+n}$          | $P$      |                   |              |
| 7 | Ganancias<br>( $G_{ij}$ ) | $P_{+1} - P_{11}$ | $P_{+2} - P_{22}$ | ..... | $P_{+n} - P_{nn}$ |          |                   |              |

Fuente: basado en FAO (1996) y Pontius et al. (2004).

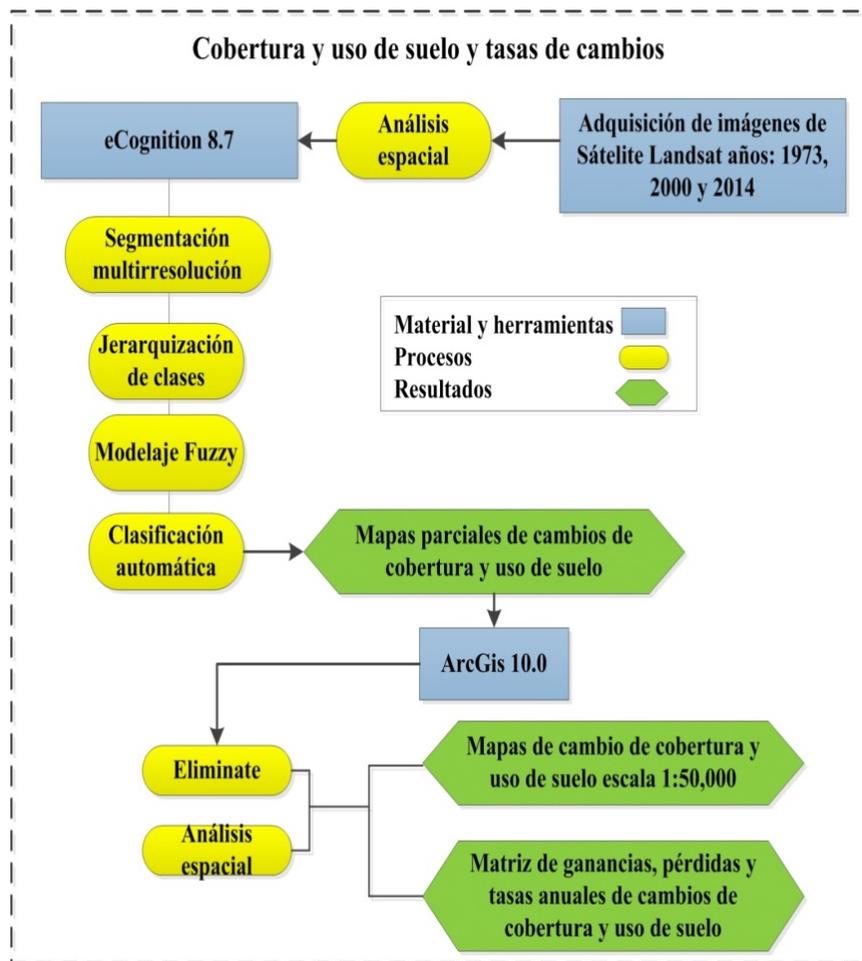


Figura 3. Flujo de las etapas desarrolladas en el análisis de CCUS.

#### 4. Resultados y discusión

##### 4.1 Percepción local de la población

Las percepciones obtenidas con relación a la pérdida y degradación de los recursos forestales en las comunidades evaluadas se observan en las tablas 3, 4 y 5. Como información adicional, es importante señalar que la comunidad Tocoy y Laguna del Mante

se caracterizan principalmente por la actividad agrícola. En el pasado (hasta los años 80s), en la *Comunidad Toco*y se producía café, actualmente se cultiva caña y alimentos para autoconsumo. Del bosque se aprovechan derivados de palmeras (palmito, hojas), madera para construcción, leña, abono para huertos y otros. En el caso del *Ejido Laguna del Mante*, en el pasado hasta los años 70s, una de las actividades principales era la ganadería, actualmente la caña y otros tipos de agricultura son más importantes.

#### **4.1.1 Perspectiva del pasado mediante indicadores**

Los resultados obtenidos se basan en la actividad forestal y otras relacionadas a estas que determinan el estado de las selvas y bosques de hace 30 a 40 años atrás (periodo 1970-1980) y la percepción colectiva reconstruida corresponde a la autoevaluación de los 52 personas de la Comunidad Toco

y 21 personas del Ejido Laguna del Mante.

De acuerdo con la (Tabla 3) y la (Figura 4), dentro del criterio productivo, *el indicador disponibilidad de recursos madereros y otros de selvas y bosques* fue considerado como el de valor más alto (3.46 y 3.42), lo que significa que las personas consideran que en el pasado, la disponibilidad de los recursos forestales tenía una valoración entre “regular y buena” entre valores de 3 a 4 para ambas comunidades (ver tabla 2). Según los argumento en el Ejido Laguna del Mante, en los años 70s los procesos de degradación de sus selvas recién empezaban a tomar fuerza para cambiar el uso de suelo. Como mencionó el Sr. Ipolito Soñida Marino (ejidatario) (75) quien llegó a Laguna del Mante el año 1973:

“Cuando llegué a Laguna del Mante, existía mucha selva y a partir del año 1977 aproximadamente había mucho apoyo del Banco Rural<sup>9</sup> (BanRural en 1975) el cual apoyaba e invertía en la deforestación con inmensas maquinarias que utilizaban cadenas y dejaban el monte limpio. También es esos tiempos empezábamos a poblar más la región”

En el caso de la comunidad Toco

y, indican que las actividades de degradación forestal por actividades agrícolas eran reducidas y por ello existían recursos forestales en mejores

---

<sup>9</sup> La fusión de los bancos Agrícola, Ejidal y Agropecuario se plantea para lograr una simplificación de la política crediticia y, así, nace en 1975 el Banco Nacional de Crédito Rural (Banrural) integrado por un banco central y 12 bancos regionales. Su misión principal consistió en financiar la producción primaria agropecuaria y forestal, así como sus actividades complementarias, cumpliendo con la trascendente tarea de otorgar créditos a productores de bajos ingresos y apoyar, adicionalmente, al resto de los productores. El desequilibrio financiero del banco, fundamentalmente ocasionado por el alto gasto operativo, llevó a la liquidación de las sociedades nacionales de crédito que integraban el sistema Banrural el año 2002 (<http://www.financierarural.gob.mx/fr/Paginas/Historia.aspx>)

condiciones. Según conclusiones de los talleres participativos, en esta comunidad se cultivaba café que posteriormente fue reemplazado por la caña (años 80s). Asimismo, se puede observar en el criterio ambiental, el indicador de degradación de monte (2.98) (Tabla 3) para el caso de Tocooy recién estaba pasando de “bajo a más o menos”, es decir de un valor 2 a 3 según (Tabla 2). Esta valoración nos indica que existía un bajo nivel de degradación forestal y que empezaban los procesos a incrementarse a “más o menos” o de consideración, según la percepción de la población. Como mencionaron la mayoría de los entrevistados y en particular el Sr. Constantino Guzmán (51):

“Antes se aprovechaba madera y otros recursos del monte para comercializar, ahora no se puede debido a que sólo unos pocos cuentan con monte y se debe sacar permiso. En mi niñez y hasta los años 80s toda la comunidad era monte (selva)”

Cabe resaltar que la comunidad Tocooy no ha dejado hasta la fecha el ingreso de PROCEDE<sup>10</sup> en la comunidad con el objetivo de evitar el ingreso de terceras personas a la comunidad para garantizar el uso exclusivo de sus tierras por parte de las personas de la comunidad (*Com. Pers.* Abundio Anaya, presidente del comisariado de la comunidad).

En cuanto al *criterio económico* y el *indicador impacto económico* de los recursos forestales, se puede observar que este tiene mayor influencia en Laguna del Mante con un valor de 3.01 que según la (Tabla 2) su valoración es de “más o menos”, es decir, en el pasado los beneficios económico percibidos de la actividad forestal fueron valorados positivamente, lo cual ocurrió lo contrario en Tocooy (valor 2.42), pues en esta comunidad, aunque los beneficios proporcionados por la selva son muy importantes, actualmente estos son percibidos más para el autoconsumo y una reducida comercialización.

Por otro lado, el indicador *recursos económicos por recuperar selvas y bosques* tienen valores de percepción entre 1.27 y 1.39 para las comunidades, lo cual indica que la inversión económica para recuperar áreas forestales ha sido de “nada a poco” de parte de los pobladores. Sin embargo, en el caso del Ejido Laguna de Mante, ésta posee una superficie de 14,000 hectáreas como parte de la Reserva de Biosfera “Sierra del Abra Tanchipa” de las cuales 1,947.73 hectáreas están bajo el sistema de pagos por servicios

---

<sup>10</sup> El Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos (Procede) es un programa del gobierno federal que tiende a regular la propiedad de la tierra, sobre todo en tierras ejidales, comunales y en las colonias agrícolas y ganaderas.

ambientales para la conservación de la biodiversidad comprendido para el periodo 2010-2015 (González, 2013). Según los entrevistados, las autoridades del ejido les pagan actualmente a los ejidatarios 500 pesos al año, lo cual en el pasado no se lo realizaba.

*Tabla. 3. Percepción de la pérdida y degradación de los recursos forestales (pasado) en el Ejido Laguna del Mante y Toco.*

| Criterio        | Indicador  | PASADO<br>Percepción  | Laguna del Mante |             |      | Toco        |             |      |
|-----------------|--|---|------------------|-------------|------|-------------|-------------|------|
|                 |  |   | F*               | V**         | X    | F*          | V**         | X    |
| Ambiental       | Degradación de selvas y bosques (monte)                                      | <i>Había mucha selva (monte)</i>                                      | 21               | 4.11        |      | 52          | 4.04        |      |
|                 |  | <i>Había muchos árboles grandes</i>                                   | 21               | 4.05        |      | 52          | 4.02        |      |
|                 |  | <i>Había menos personas</i>   | 21               | 2.21        | 3.38 | 52          | 2.08        | 2.98 |
|                 |  | <i>Había menos agricultura</i>  | 21               | 2.68        |      | 52          | 2.65        |      |
|                 |  | <i>Había menos ganadería</i>  | 21               | 3.84        |      | 37          | 2.11        |      |
|                 | Recursos afectados por el aprovechamiento forestal                           | <i>Actividades productivas disminuyeron los montes</i>                | 21               | 3.11        | 3.1  | 46          | 2.89        | 2.89 |
|                 | Consecuencias de la degradación forestal o deforestación                     | <i>Existió mucha pérdida de recursos forestales</i>                   | 21               | 3.16        |      | 39          | 2.77        |      |
|                 |  | <i>Deforestación</i>  | 21               | 3.16        | 3.03 | 41          | 2.73        | 2.75 |
|                 |  | <i>Estado de degradación del monte</i>                                | 21               | 2.78        |      | 47          | 2.74        |      |
|                 | <b>Promedio</b>  |   |                  | <b>3.27</b> |      |             | <b>2.89</b> |      |
| Productivo      | Manejo de selvas o bosques (monte)   | <i>Cómo manejaba su monte</i>   | 14               | 3.43        |      | 46          | 3.43        |      |
|                 |  | <i>Conocimiento técnico de manejo de su monte</i>                     | 13               | 3.23        | 3.33 | 46          | 2.96        | 3.20 |
|                 | Disponibilidad de recursos madereros y otros de selvas y bosques             | <i>Producían mucha madera</i>   | 21               | 3.58        |      | 45          | 3.29        |      |
|                 |  | <i>Diversidad de especies forestales</i>                              | 21               | 3.74        | 3.46 | 46          | 3.70        | 3.42 |
|                 |  | <i>Producían muchos otros recursos además de la madera</i>            | 21               | 3.05        |      | 46          | 3.28        |      |
|                 |  | <b>Promedio</b>   | <b>3.41</b>      |             |      | <b>3.33</b> |             |      |
| Económico       | Impacto económico de los recursos forestales                                 | <i>Beneficios económicos que obtenía</i>                              | 21               | 3.05        | 3.1  | 48          | 2.42        | 2.42 |
|                 | Recursos económicos por recuperar áreas forestales degradadas o deforestadas | <i>Destinó recursos económicos para recuperar monte</i>               | 21               | 1.16        |      | 36          | 1.11        |      |
|                 |  | <i>Se benefició económicamente por recuperar monte</i>                | 21               | 1.37        | 1.27 | 31          | 1.67        | 1.39 |
| <b>Promedio</b> |  |   | <b>1.86</b>      |             |      | <b>1.73</b> |             |      |
| Social          | Importancia del manejo forestal comunitario                                  | <i>Cuál era el nivel de importancia de la actividad forestal</i>      | 21               | 3.63        |      | 51          | 3.75        |      |
|                 |  | <i>Realizaban actividades forestales conjuntas de manejo forestal</i> | 21               | 2.21        |      | 34          | 1.85        |      |
|                 |  |   |                  |             | 2.95 |             | 2.74        |      |

Fue un medio económico importante y fuente de empleo 21 3 24 2.62

**Promedio 2.95 2.74**

\*Frecuencia (F)= el número de respuesta sobre percepción de los entrevistados; \*\*Valoración (V)= se refiere al valor promedio codificado de las percepciones de los entrevistados (ver tabla 2); X= es el valor promediado de la los indicadores y el “Promedio” es la valoración de los criterios.

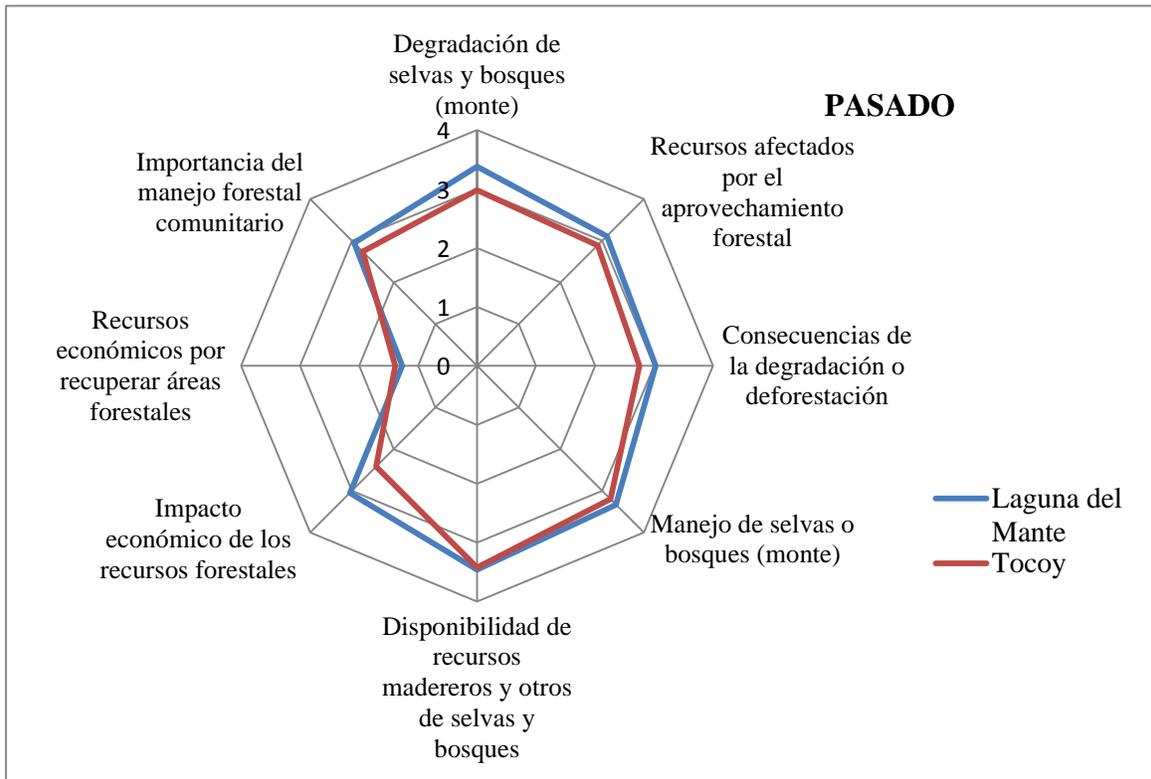


Figura 4. Representación de la percepción de la pérdida y degradación de los recursos forestales (pasado) según los indicadores, en Laguna del Mante y Toco.

#### 4.1.2 Perspectiva del presente mediante indicadores

De acuerdo con la (Tabla 4) y la (Figura 5), los indicadores de los *criterios productivo y ambiental* fueron los que mayor valoración obtuvieron en la autoevaluación del tiempo presente (año 2014) para ambas comunidades. El indicador *manejo de selvas o bosques*, obtuvo el valor más representativo en la autoevaluación de percepciones (3.37 y 3.31). Esto significa que la autoevaluación de las personas referente a sus conocimientos sobre el manejo de los recursos forestales están entre “más o menos a bueno” (Tabla 2). Cabe destacar que en ambas comunidades, en los últimos años se han desarrollado una serie de capacitaciones en cuestiones ambientales, tal es el caso de Laguna del Mante que actualmente tienen una extensa área de selvas bajo conservación (González, 2013) y un centro de capacitación para los pobladores.

Por otro lado, los indicadores “*consecuencias de la degradación o deforestación, recursos afectados por el aprovechamiento forestal y degradación de selvas y bosques*”, son aquellos que presentan los valores más altos para ambas comunidades. Esta situación se relaciona con las conclusiones colectivas de los talleres donde se concluyó que actualmente que existe pérdida de recursos forestales y cuyas consecuencias son la reducción de sus recursos forestales. Las personas indicaron que los remanentes forestales se encuentran en las zonas más altas de la comunidad (sierra) y que muchas veces tal aprovechamiento forestal son consecuencia de personas ajenas a la comunidad, como indicaba el señor Luis Ángel Hernández de Laguna del Mante (21):

*“Se entran a la sierra de la comunidad en donde hay selva y está prohibido tumbar árboles, pero otra gente que no es de la comunidad talan y se llevan la madera y uno no les puede decir nada porque muchas veces tienen armas”*

Actualmente, el indicador de *la importancia del manejo forestal* para ambas comunidades no parece ser del todo alentadora, sus valores están entre “*poco importante a más o menos importante*”, eso se pudo reflejar en el indicador de impacto económico que les deja los recursos forestales, que están categorizados entre “*malos a más o menos*” según (Tabla 2). Asimismo, según el indicador *recursos económicos obtenidos por recuperar áreas forestales* indica que las personas de ambas comunidades no tienen las condiciones económicas para invertir en la recuperación de áreas forestales. De esta manera, pese a la importancia que tienen las selvas y bosques en estas comunidades, los recursos forestales no parecen ser ni siquiera uno de los principales medios de sustento para las personas actualmente. Para el caso de la comunidad Laguna del Mante que tiene un área de 1,947.73 hectáreas bajo pago de servicios ambientales, lo entrevistados se mostraron inconformes por recibir 500 pesos mexicanos al año. Igualmente, el 71% en Laguna del Mante y 81% de las personas de Toco y mencionaron que no podrían pagar cierta cantidad de dinero para asegurar la conservación de sus recursos económicos y que dicha responsabilidad debería ser tomada por los diferentes tipos de gobiernos del país (apéndice 4, pregunta 5).

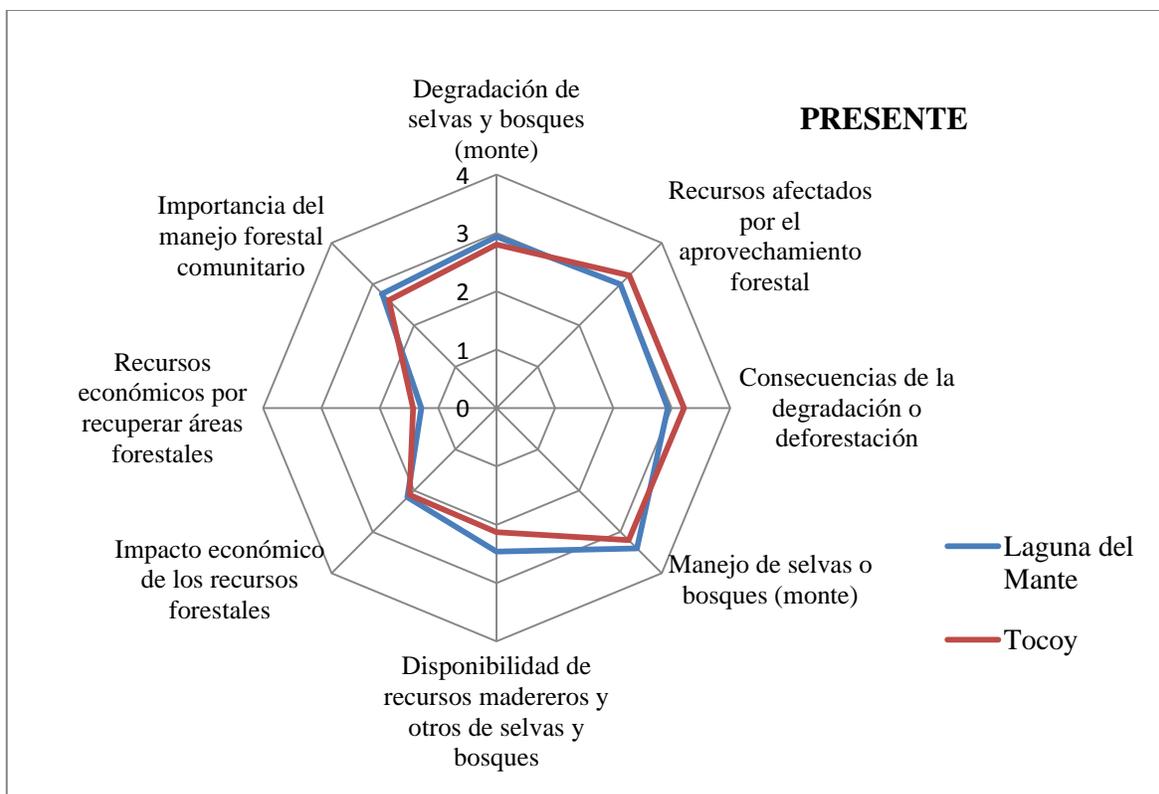


Figura 5. Representación de la percepción de la degradación de los recursos forestales (presente) según los indicadores en Laguna del Mante y Toco.

Tabla. 4. Percepción de la pérdida y degradación de los recursos forestales (presente) en el Ejido Laguna del Mante.

| PRESENTE   |   |  | Laguna del Mante |      |      | Toco     |      |      |
|--|---|--|------------------|------|------|----------|------|------|
| Criterio   | Indicador                                       | Percepción                                 | F*               | V**  | X    | F*       | V**  | X    |
| Ambiental  | Degradación de selvas y bosques (monte)         | Existe poco/mucho monte                    | 21               | 2.58 | 50   | 2.34     |      |      |
|  |   | Existen muchos/pocos árboles grandes       | 21               | 2.53 | 52   | 2.4      |      |      |
|  |   | Existen muchas personas                    | 21               | 4    | 2.94 | 50       | 4.12 | 2.80 |
|  |   | Hay mucha agricultura                      | 21               | 3.53 | 50   | 3.48     |      |      |
|  |   | Hay mucha ganadería                        | 21               | 2.05 | 36   | 1.67     |      |      |
| Recursos afectados por el aprovechamiento forestal       | Las actividades productivas disminuyen el monte | 21   | 3.00             | 3.00 | 47   | 3.21     | 3.21 |      |
| Consecuencias de la degradación forestal o deforestación |   | Existe mucha pérdida del recurso forestal  | 21               | 2.95 | 43   | 3.4      |      |      |
|  |   | Existe deforestación                       | 21               | 3    | 2.93 | 43       | 3.33 | 3.21 |
|  |   | Hay degradación forestal                   | 18               | 2.83 | 46   | 2.91     |      |      |
| <b>Promedio</b>  |   |  | <b>2.9</b>       |      |      | <b>3</b> |      |      |
| Productivo   | Manejo de selvas o bosques (monte)              | Cómo maneja su monte                       | 14               | 3.43 | 44   | 3.23     |      |      |
|  |   | Conocimiento técnico de manejo de su monte | 14               | 3.36 | 3.40 | 44       | 3.07 | 3.20 |

|                 |  |   |    |            |      |    |            |      |
|-----------------|--|---|----|------------|------|----|------------|------|
|                 |  | <i>Producen mucha/poca madera</i>                           | 21 | 2.53       |      | 42 | 2.19       |      |
|                 | Disponibilidad de recursos madereros y otros de selvas y bosques             | <i>Diversidad de especies forestales</i>                    | 21 | 2.47       | 2.46 | 44 | 2.09       | 2.13 |
|                 |  | <i>Producen otros recursos además de la madera</i>          | 21 | 2.37       |      | 42 | 2.1        |      |
| <b>Promedio</b> |  |   |    | <b>2.8</b> |      |    | <b>2.5</b> |      |
| Económico       | Impacto económico de los recursos forestales                                 | <i>Beneficios económicos que obtiene</i>                    | 21 | 2.16       | 2.2  | 47 | 2.11       | 2.11 |
|                 | Recursos económicos por recuperar áreas forestales degradadas o deforestadas | <i>Tiene recursos económicos para recuperar monte</i>       | 21 | 1.11       |      | 46 | 1.02       |      |
|                 |  | <i>Se beneficia económicamente por recuperar monte</i>      | 21 | 1.47       | 1.3  | 32 | 1.84       | 1.43 |
| <b>Promedio</b> |  |   |    | <b>1.6</b> |      |    | <b>1.7</b> |      |
| Social          |  | <i>Nivel de importancia actual de la actividad forestal</i> | 21 | 3.47       |      | 50 | 3.34       |      |
|                 | Importancia del manejo forestal comunitario                                  | <i>Realizan actividades conjuntos de manejo forestal</i>    | 21 | 2.32       | 2.77 | 35 | 1.71       | 2.61 |
|                 |  | <i>Es un medio económico importante y fuente de empleo</i>  | 21 | 2.53       |      | 35 | 2.77       |      |
| <b>Promedio</b> |  |   |    | <b>2.8</b> |      |    | <b>2.6</b> |      |

\*Frecuencia (F)= el número de respuesta sobre percepción de los entrevistados; \*\*Valoración (V)= se refiere al valor promedio codificado de las percepciones de los entrevistados (ver tabla 2); X= es el valor promedio de la los indicadores y Promedio es la valoración de los criterios.

#### 4.1.3 Perspectiva del futuro mediante indicadores

De acuerdo con la (Tabla 5) y la (Figura 6) y a diferencia de la valoración de los indicadores del pasado y el presente, para el futuro, los indicadores del *criterio económico* para ambas comunidades obtuvieron una valoración baja de “*nada o poco a más o menos*” según (Tabla 2). En palabras locales, las personas indicaron que aunque actualmente los ingresos económicos no son buenos, ellos visualizan un incremento de recursos forestales mediante acciones de la comunidad para poder tener un incremento económico y mejor ingreso en el futuro. Generalmente los demás indicadores para el futuro tienen una valoración positiva sobre todo en el indicador de “*manejo de selvas o bosques*” para ambas comunidades.

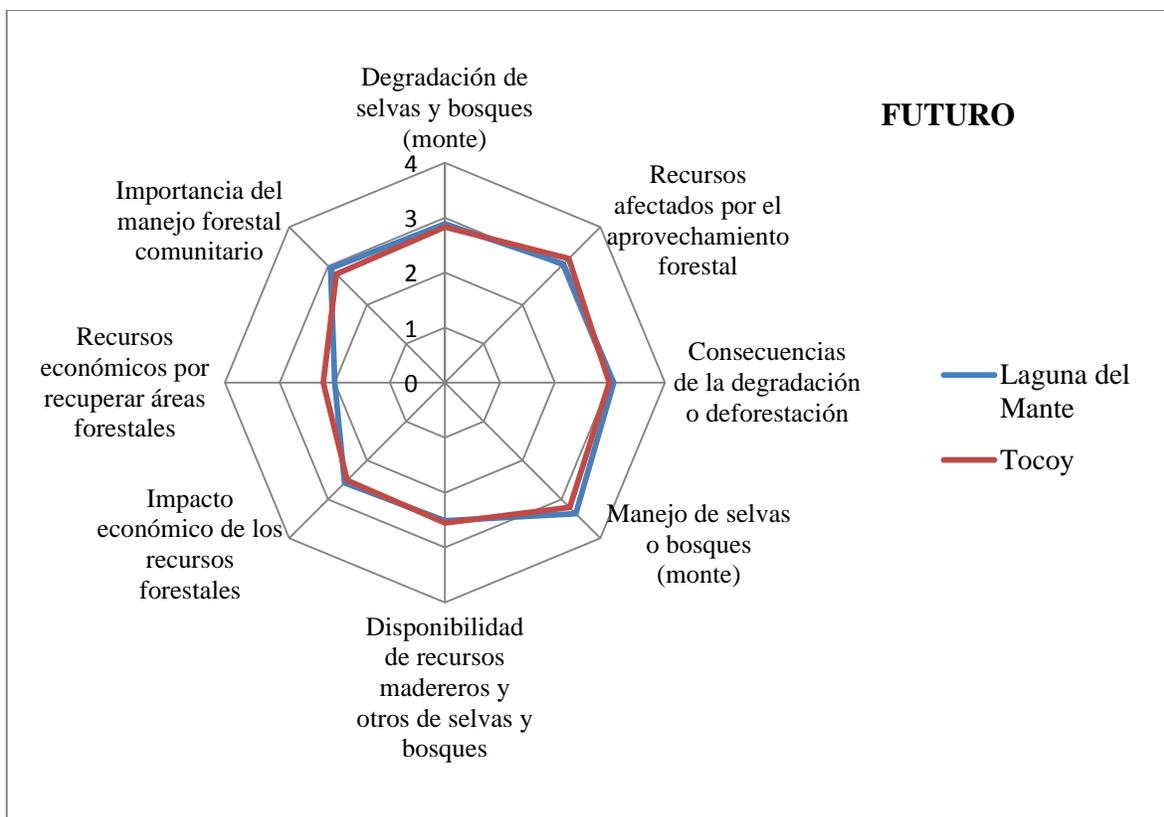


Figura 6. Representación de la percepción de la pérdida y degradación de los recursos forestales (futuro) según los indicadores, en Laguna del Mante y Tocoay.

Tabla. 5. Percepción de la pérdida y degradación de los recursos forestales (futuro) en el Ejido Laguna del Mante.

| FUTURO     |  |  | Laguna del Mante  |             |      | Tocoay |             |      |      |
|------------|--|--|---|-------------|------|--------|-------------|------|------|
| Criterio   | Indicador  | Percepción   | F*  | V**         | X    | F*     | V**         | X    |      |
| Ambiental  | Degradación de selvas y bosques (monte)            | <i>Habrà mucho monte</i>                                 | 21  | 2.63        |      | 51     | 2.41        |      |      |
|            |  | <i>Habràn muchos árboles grandes</i>                     | 21  | 2.63        |      | 51     | 2.41        |      |      |
|            |  | <i>Habrà más personas</i>                                | 21  | 3.89        | 2.89 | 50     | 3.96        | 2.83 |      |
|            |  | <i>Habrà más agricultura</i>                             | 21  | 3.42        |      | 50     | 3.36        |      |      |
|            |  | <i>Habrà más ganadería</i>                               | 21  | 1.89        |      | 33     | 2.00        |      |      |
|            | Recursos afectados por el aprovechamiento forestal | Consecuencias de la degradación forestal o deforestación | <i>Las actividades productivas disminuirán el monte</i> | 21          | 3.05 | 3.1    | 36          | 3.19 | 3.19 |
|            |  |  | <i>Habrà mucha pérdida de monte</i>                     | 21          | 3.26 |        | 34          | 2.88 |      |
|            |  |  | <i>Habrà más deforestación</i>                          | 21          | 3.11 | 3.1    | 34          | 2.97 | 2.99 |
|            |  |  | <i>habrà más degradación forestal</i>                   | 21          | 2.84 |        | 46          | 3.11 |      |
|            | <b>Promedio</b>                                    |  |   | <b>2.97</b> |      |        | <b>2.92</b> |      |      |
| Productivo | Manejo de selvas o bosques (monte)                 | <i>Cómo manejará su monte</i>                            | 16  | 3.44        | 3.37 | 41     | 3.12        | 3.21 |      |

|                 |  |  |             |      |      |             |      |      |
|-----------------|--|--|-------------|------|------|-------------|------|------|
|                 | Conocimiento técnico del manejo forestal                                     | <i>Conocimiento técnico de manejo de su monte</i>            | 17          | 3.29 |      | 45          | 3.29 |      |
|                 |  | <i>Producirán mucha madera</i>                               | 21          | 2.53 |      | 34          | 2.68 |      |
|                 | Disponibilidad de recursos madereros y otros de selvas y bosques             | <i>Diversidad de especies forestales</i>                     | 21          | 2.63 | 2.5  | 33          | 2.42 | 2.55 |
|                 |  | <i>Producirán otros recursos además de la madera</i>         | 21          | 2.37 |      | 35          | 2.54 |      |
| <b>Promedio</b> |  |  | <b>2.85</b> |      |      | <b>2.81</b> |      |      |
| Económico       | Impacto económico de los recursos forestales                                 | <i>Beneficios económicos que obtendrá</i>                    | 21          | 2.58 | 2.6  | 45          | 2.51 | 2.51 |
|                 | Recursos económicos por recuperar áreas forestales degradadas o deforestadas | <i>Desatinará recursos económicos para recuperar monte</i>   | 17          | 1.82 |      | 42          | 1.86 |      |
|                 |  | <i>Beneficios económicos esperados por recuperar monte</i>   | 18          | 2.17 | 2.00 | 44          | 2.55 | 2.21 |
| <b>Promedio</b> |  |  | <b>2.19</b> |      |      | <b>2.30</b> |      |      |
| Social          |  | <i>Nivel de importancia futura de la actividad forestal</i>  | 21          | 3.68 |      | 52          | 3.38 |      |
|                 | Importancia del manejo forestal comunitario                                  | <i>Realizaran actividades conjuntas de manejo forestal</i>   | 21          | 2.47 | 2.94 | 33          | 2.21 | 2.79 |
|                 |  | <i>Será un medio económico importante y fuente de empleo</i> | 21          | 2.68 |      | 35          | 2.77 |      |
| <b>Promedio</b> |  |  | <b>2.95</b> |      |      | <b>2.79</b> |      |      |

\*Frecuencia (F)= el número de respuesta sobre percepción de los entrevistados; \*\*Valoración (V)= se refiere al valor promedio codificado de las percepciones de los entrevistados (ver tabla 2); X= es el valor promedio de la los indicadores y Promedio es la valoración de los criterios.

#### 4.1.4 Evaluación de la percepción local del pasado, presente y futuro en el Ejido Laguna del Mante

De acuerdo a las (Tablas 3, 4 y 5) y la (Figura 7), se puede observar que existen diferencias en las percepciones del *criterio ambiental* por parte de la población referente al pasado, presente y futuro.

Las principales percepciones del pasado que se diferencian del presente y el futuro son referentes a la *superficie de selvas que existían, la abundancia de árboles, la cantidad de personas, la superficie agrícola y ganadera*. Valores por encima de (4) para estas percepciones, es decir, valoración entre “mucho a totalmente” según (Tabla 2), nos indican que en el pasado existía mayor cantidad selvas y abundancia de árboles grandes que en la actualidad, asimismo, la cantidad de personas que vivían y formaban parte del ejido era mucho menor. Cabe destacar que el Ejido Laguna del Mante fue establecido como tal en el año 1974 y que la distribución de tierras fue distribuyéndose paulatinamente y actualmente

cuenta con 2,030 habitantes de los cuales 446 son ejidatarios y la gran mayoría son arrendatarios (INEGI, 2010).

Por otro lado, la percepción que tienen sobre la *superficie agrícola* del pasado es que esta era mucho menor que en el presente. Actualmente la actividad principal del Ejido es la agricultura y en el pasado era más la ganadería la cual disminuyó drásticamente al día de hoy y dejó de ser la actividad principal tal como se lo puede interpretar en la (Figura 7). Esto se puede constatar con la evaluación de cambios de uso de suelo 1976-2011 con cartas de uso de suelo y vegetación del INEGI escala 1:250,000. Este análisis indica que entre 1976 y 2011 la agricultura aumentó de 27 a 7,355 hectáreas, asimismo, los pastizales se redujeron de 6,500 a 3,255 hectáreas, y las selvas de 25,200 a 23,700 hectáreas (Peralta-Rivero et al., 2014).

Las demás percepciones indican que la *cantidad de personas* se incrementará o seguirá igual en el futuro. Asimismo, la *ganadería disminuirá* pero la agricultura aumentará y persiste la percepción de impacto sobre los recursos forestales en mayor o igual proporción que en el presente. De esta manera, se puede incidir en que en Laguna del Mante el proceso actual de sus modos de vida no tiene una tendencia de cambios relevantes para el futuro excepto para la valoración de *superficie de selvas y bosques* las cuales creen que serán ligeramente mayores en el futuro pero que los procesos que causan su pérdida también serán factores importantes a considerar para la conservación de sus áreas forestales. No obstante cabe destacar que en Laguna del Mante ya existe un área de conservación como parte de la Reserva de Biosfera “Sierra del Abra Tanchipa” (González, 2013).

Todas las percepciones de este indicador ambiental se relaciona con el mapeo de percepción participativo y el análisis de cambios de cobertura y uso de suelo (Figura 17 y Figura 20) (Tabla 6) donde se puede apreciar la disminución de selvas, pastizales y el aumento de la agricultura y vegetación secundaria, afirmando de esta manera que el análisis de percepción está estrechamente relacionado a las percepciones de la comunidad.

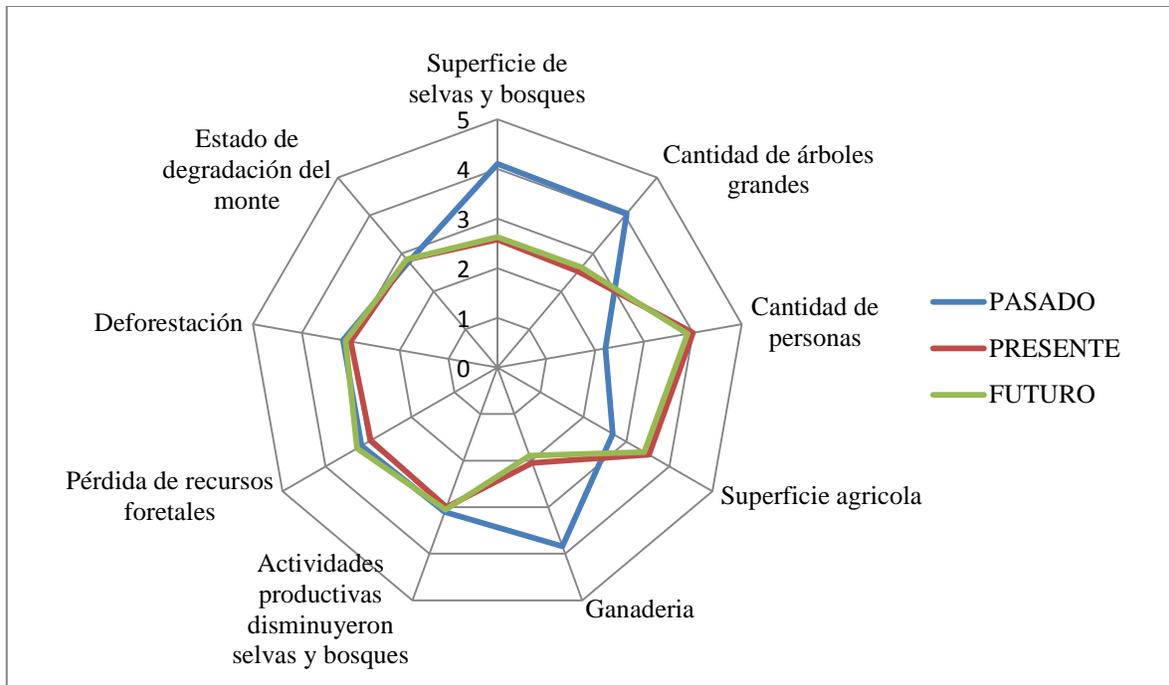


Figura 7. Representación de las percepciones de la degradación de los recursos forestales del criterio ambiental en el Ejido Laguna del Mante.

Respecto a las percepciones del **criterio productivo**, existen claras diferencias entre los tiempos evaluados. De acuerdo a las (Tablas 3, 4 y 5) y la (Figura 8), las percepciones del pasado que se diferencian del presente y del futuro son: *diversidad de especies forestales*, *producción de madera*, y *la producción de otros recursos además de la madera*. Los valores asignados para estas percepciones están entre “más o menos a bueno” según la tabla de valores (Tabla 2), lo cual se diferencia del presente debido a la reducción de la cobertura forestal tal como se indicó en el criterio ambiental y se puede confirmar con los mapas de percepción participativo y el análisis de cambios de cobertura y uso de suelo (Figura 17 y Figura 20).

Por otro lado, excepto “*diversidad de especies forestales*”, las demás percepciones se mantienen con parecida valoración y sugieren que en el futuro *el manejo de selvas y bosques* así como los *conocimientos técnicos* de las personas sobre el manejo forestal tendrán una valoración entre (3) a (4), es decir, de “más o menos a buenos” según su autoevaluación y (Tabla 2).

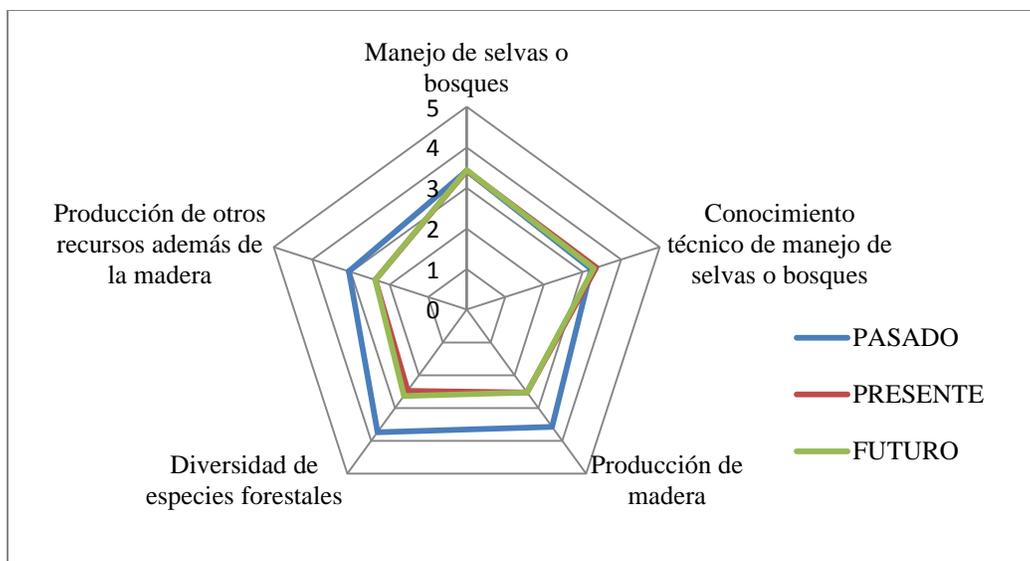


Figura 8. Representación de las percepciones de la degradación de los recursos forestales del criterio productivo en el Ejido Laguna del Mante.

En cuanto a las percepciones del **criterio económico**, también existen diferencias entre los tiempos evaluados. De acuerdo a las (Tablas 3, 4 y 5) y la (Figura 9), la única percepción del pasado que se diferencia del presente y futuro son los “*beneficios económicos obtenidos*”. Esta percepción está relacionada con el aprovechamiento e ingresos económicos derivado de la actividad forestal en la comunidad. Según la autoevaluación de las entrevistas y en la conclusión de los talleres participativos estos indicaron haber obtenidos mejores beneficios en el tiempo pasado que en el presente, ya que actualmente consideran difícil obtener ingresos económicos y por ende la valoración para esta percepción fue “*mala*” según (Tabla 2). Para la perspectiva del futuro, existe mucha expectativa para mejorar ingresos económicos. La valoración para esta percepción “*beneficios económicos obtenidos*” fue de “*mala a más o menos*”, es decir obtuvo un valor de dos hacia tres según (Tabla 2).

Otras percepciones del pasado y presente que cambian en torno al futuro son la *inversión de recursos económicos para recuperar selvas* y los *benéficos económicos obtenidos* por su recuperación. Las expectativas son buenas en el Ejido ya que al tener una área bajo conservación, también tienen la percepción que pueden recuperar áreas degradadas y aumentar su cobertura y mejorar su ingresos mediante proyectos tal como pudo ser plasmado en el mapeo de percepción participativo específicamente en el mapa del futuro (Figura 17).

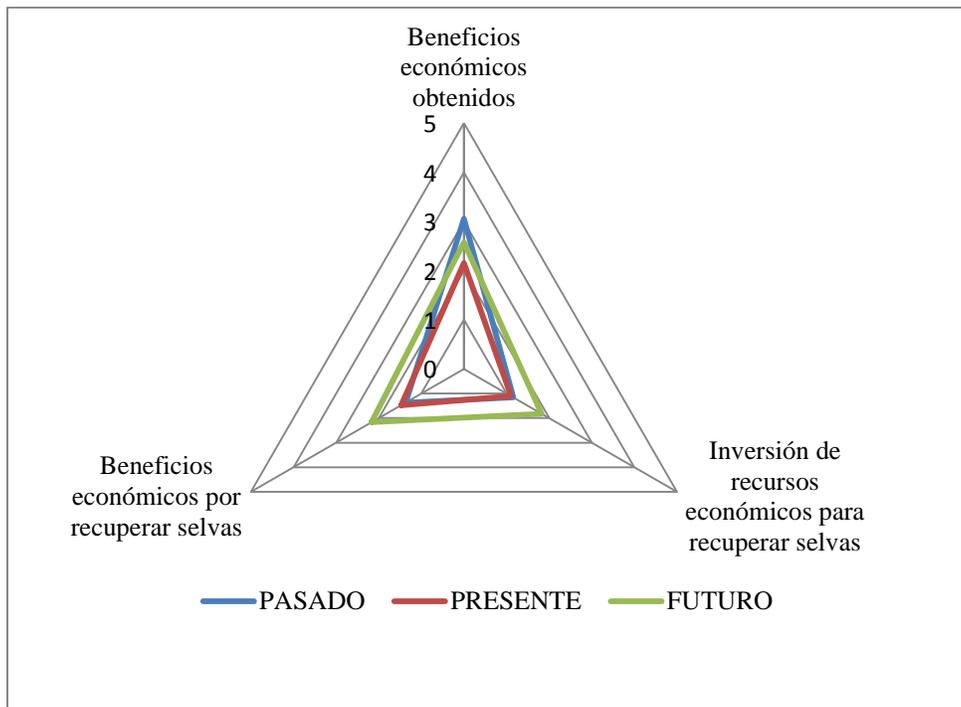


Figura 9. Representación de las percepciones de la degradación de los recursos forestales del económico productivo en el Ejido Laguna del Mante.

Por último, las percepciones del **criterio social** difieren muy poco entre los tiempos evaluados. Según las (Tablas 3, 4 y 5) y la (Figura 10), la percepción “selvas y bosques como un medio económico y fuente de empleo” tuvo una mayor valoración para el tiempo pasado y para el futuro, y actualmente no representa el mejor medio económico relevante ya que está valorado como “poco a más o menos”, es decir con valores entre (2) hacia (3) (Tabla 2). Esto se relaciona con que la agricultura en el ejido es la principal actividad económica según conclusiones de las personas participantes de los talleres y la evaluación de cambios de uso de suelo (Peralta-Rivero et al., 2014) así como se puede observar también en el mapeo de percepción y el propio análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo (Figura 17 y Figura 20) (Tabla 6). Por otro lado, las percepciones *nivel de importancia de la actividad forestal* y *actividades conjuntas de manejo forestal* son valoradas en parecidas circunstancias en el pasado y presente, es decir, entre “más o menos a buena” la primera y entre “poco a más o menos” la segunda, percepción que cambia levemente para el futuro.

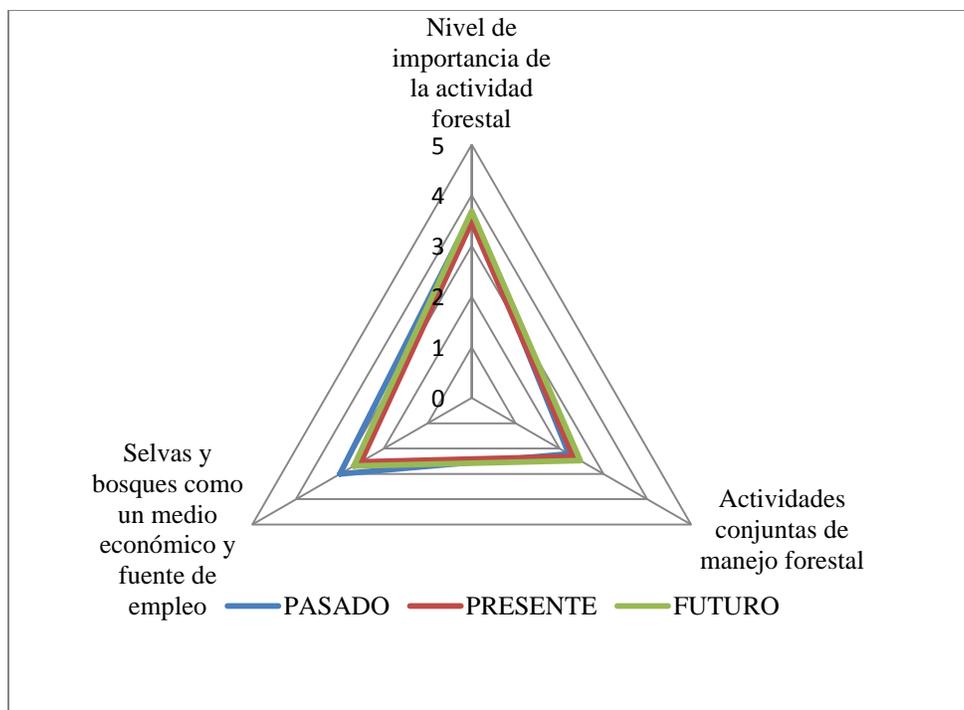


Figura 10. Representación de las percepciones de la degradación de los recursos forestales del criterio social en el Ejido Laguna del Mante.

#### 4.1.5 Evaluación de la percepción local del pasado, presente y futuro en la Comunidad Tocooy

De acuerdo con las (Tablas 3, 4 y 5) y la (Figura 11), existen diferencias en las percepciones del *criterio ambiental* por parte de la población de Tocooy referente al pasado, presente y futuro. Las percepciones del pasado en su mayoría difieren a las del presente. Valores de (4) para las percepciones “*superficie de selvas y bosques, y abundancia de árboles grandes*” según la (Tabla 2) indican que en el pasado la comunidad tenía muchos recursos forestales “selvas y bosques” y abundancia de árboles grandes que indican el buen estado de conservación forestal que existía en la comunidad. Asimismo, *la superficie agrícola y la cantidad de personas* que vivían en esta comunidad era entre “poca a más o menos” que al presente y proyecciones a futuro tuvo una valoración de “mucho” según la autoevaluación de las personas. Sin embargo, cabe destacar que entre el año 1995 al 2010, la cantidad de personas en la Comunidad Tocooy no ha tenido aumento significativo de su población, es decir, entre ese periodo, la población paso de 1,048 a 1,061 habitantes (CONABIO, 2012; 2006; 2001). En cuanto la superficie agrícola, está aumento de 494 a 709 hectáreas entre 1976 y 2011 (Peralta-Rivero et al., 2014) ratificando el aumento de la actividad agrícola. Sin embargo, a una escala de análisis más fina (1:50,000) se pudo

constatar que la agricultura pasó de 77 a 111 hectáreas entre 1973 y 2014, algo muy característico de una agricultura de rotación como la que se práctica en la comunidad Toco (Tabla 8) (Figura 21 y 22).

Las percepciones de *deforestación y pérdida de los recursos forestales* para el presente tienen una valoración de “más o menos a mucho” y nos indica que este proceso se ha acelerado en relación al pasado, tal como se concluyó en los talleres participativos y la autoevaluación, asimismo, se pudo constatar que los tipos de vegetación en la comunidad disminuyeron de 483 a 272 hectáreas (Peralta-Rivero et al., 2014) y se relaciona a nuestro análisis de cambios de cobertura y uso de suelo (Tabla 8) (Figura 21 y 22). De la misma forma, se tiene la percepción de que para el futuro estos proceso de disminución de los remanentes forestales continuaran pero en menor intensidad. Asimismo, se puede apreciar que la percepción de que las *actividades productivas disminuyen las selvas y bosques* mantienen una valoración parecida de “más o menos” para el pasado y presente y las tendencias para el futuro es de un leve aumento. Por otro lado, se puede apreciar que la actividad ganadera no ha sido y en perspectivas futuras no es un factor que pueda afectar la disminución del recurso forestal ya que esta comunidad no tiene a tradición de cría de ganado y se puede reflejar en valores entre “nada a poco” según (Tabla 2), esto se lo ratifica aludiendo a que los pastizales no han jugado un rol importante en los cambios de esta comunidad ya que se han mantenido entre 80 y 77 hectáreas desde 1976 hasta 2011(Peralta-Rivero et al., 2014) y se relaciona a nuestro análisis de cambios de cobertura y uso de suelo en donde se puede apreciar de que tan sólo existe una pequeña superficie de pastizales (Tabla 8) (Figura 21 y Figura 22).

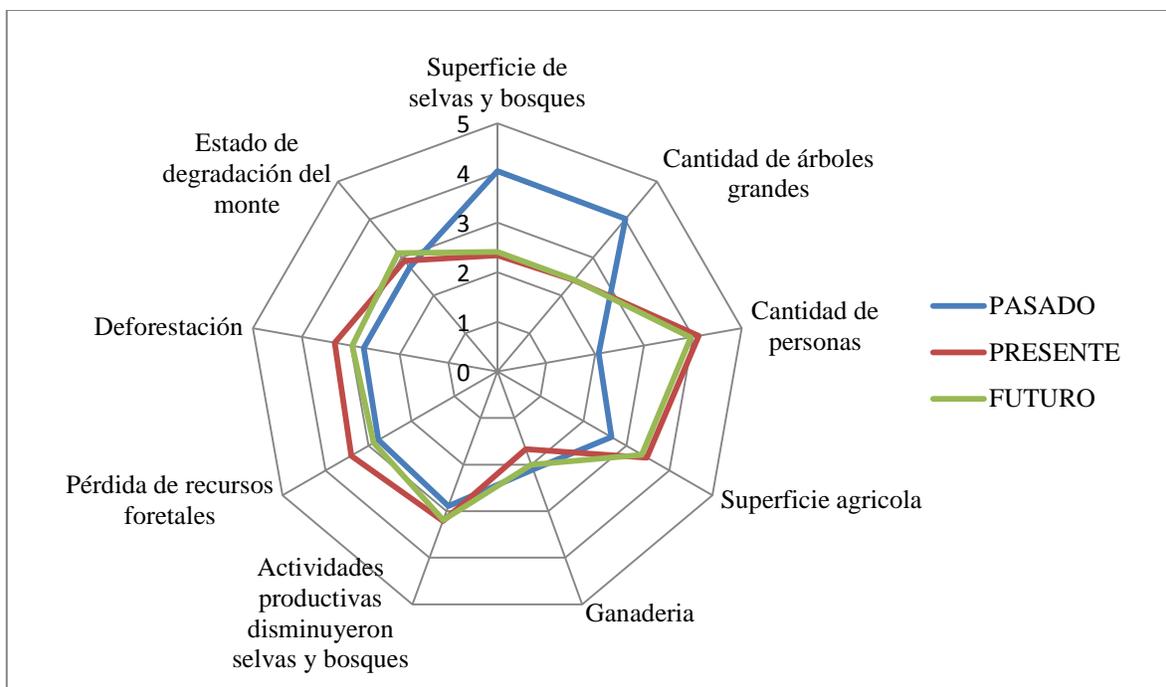


Figura 11. Representación de las percepciones de la pérdida y degradación de los recursos forestales del criterio ambiental en la Comunidad Tocoy.

En relación con las percepciones del **criterio productivo**, la valoración para *diversidad de especies forestales, producción de madera y de otros recursos de las selvas* son claramente diferentes en relación al presente y futuro. Es decir, se aprecia por parte de la población la disminución de los recursos forestales y por ende la *producción de sus derivados*, cuyos argumentos de disminución se los atribuye a los procesos de deforestación y degradación de los recursos forestales evaluados previamente en el *criterio ambiental*. Las (Tablas 3, 4 y 5) y la (Figura 12), también nos indican que la percepción del *manejo de su selvas y conocimiento técnico sobre su manejo* que desarrollan, es de valor “más o menos” (Tabla 2) y según conclusiones de los talleres participativos, ellos mencionaron que el manejo realizado va combinado con las actividades agrícolas de rosa, tumba y quema, que por lo general se trata de aprovechar una pequeña superficie de selva u otro tipo de vegetación para realizar agricultura, cambiando de lugar anualmente cada dos o tres años para que dicha área aprovechada pueda recuperarse con los años y reincidir en su ocupación, algo característico de la agricultura en los trópicos por parte de pequeños productores (Peralta-Rivero., et al., 2013).

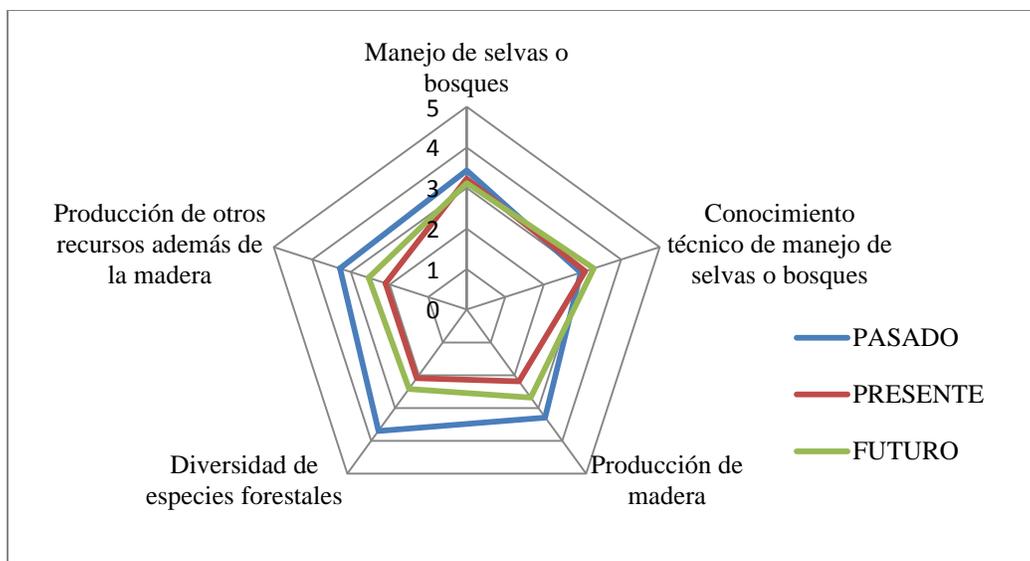


Figura 12. Representación de las percepciones de la pérdida y degradación de los recursos forestales del criterio productivo en la Comunidad Toco.

Referente a las percepciones del **criterio económico**, existen diferencias entre los tiempos analizados. De acuerdo a las (Tablas 3, 4 y 5) y la (Figura 13), tanto en el pasado como en el presente la percepción de *recursos económicos invertidos para recuperar selvas, beneficios económicos obtenidos exclusivamente por recuperar selvas y beneficios económicos que obtuvo por aprovechar las selvas*, tienen un valor entre “nada a poco”, es decir, entre (1) a (2) según la (Tabla 2), indicando de esta manera de que los recursos forestales en la comunidad han sido y son importantes desde el punto de vista del autoconsumo y no de la comercialización y beneficios económicos tal como fue concluido en los talleres participativos. Entre las conclusiones ellos mencionaron como beneficios que obtienen de la selva (madera de construcción de casas rústicas, hojas de palmeras para techos, leña, abono orgánico para huertos etc.). Sin embargo, todas estas percepciones son valorizadas a “más o menos” (3) para el futuro, atribución que fue dada ante posibles proyectos que pudieran acceder y beneficiarse en los próximos años relacionados al manejo forestal.

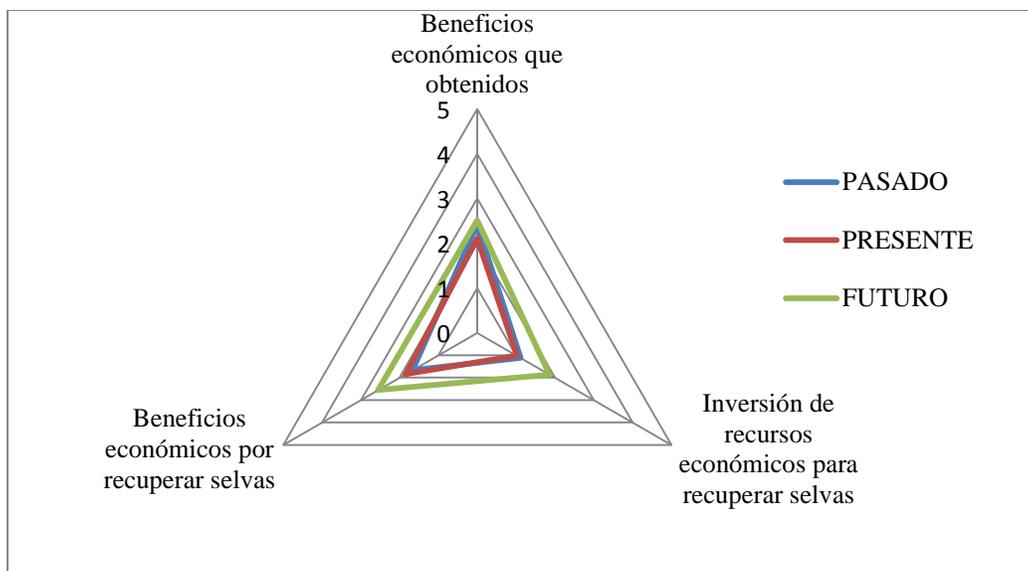


Figura 13. Representación de las percepciones de la pérdida y degradación de los recursos forestales del criterio productivo en la Comunidad Toco.

Finalmente, las percepciones del *criterio social*, difieren levemente entre los tiempos evaluados. Según las (Tablas 3, 4 y 5) y la (Figura 14), la percepción “*nivel de importancia de la actividad forestal*” tuvo una mayor valoración en el pasado, y actualmente tiene una valoración de “más o menos” según (Tabla 2).

La percepción “*selvas y bosques como un medio económico y fuente de empleo*” no presenta grandes diferencias y se mantiene con valores parecidos para los diferentes tiempos evaluados. Llevando este caso a escala nacional, se sabe que la conversión de ecosistemas naturales a tierras para la producción agrícola y ganadera continúa siendo el principal motor de la deforestación y del cambio de uso del suelo en el país (OCDE, 2013). Esto nos hace entender que en México la agricultura y ganadería continúan siendo factores que influyen socialmente en la población y para que las selvas sean la base económica del país, región o comunidad, deben considerarse estos factores para entender la base económica de las poblaciones en todos los niveles.

En cuanto a las “*actividades conjuntas de manejo forestal*”, estas son valoradas en parecidas circunstancias en el pasado y presente, es decir, entre “*más o menos a buena*”. Sin embargo, la percepción cambia para el futuro debido a una pequeña mejora en su valoración, y como concluyeron en los talleres participativos “*las selvas son importantes ya que de ella también depende la productividad de la agricultura y otros beneficios y es*

importante realizar actividades conjuntas en la comunidad”, actualmente está prohibido desmontar sin permiso de la comunidad (*Com. Pers.* Abundio Anaya, presidente del comisariado de la comunidad). Esta situación también se relaciona directamente con lo expuesto anteriormente, las selvas y bosques son relegados a un segundo plano luego de las actividades productivas más importante en la comunidad (la agricultura).

Visto desde ese contexto habrá que hacer una revisión de las políticas actuales en favor de las selvas y bosques como un medio estratégico de sustento para las comunidades. Ya que desde un contexto general, los recursos forestales pareciera ser que son subvalorados por la visión económica que se impone.

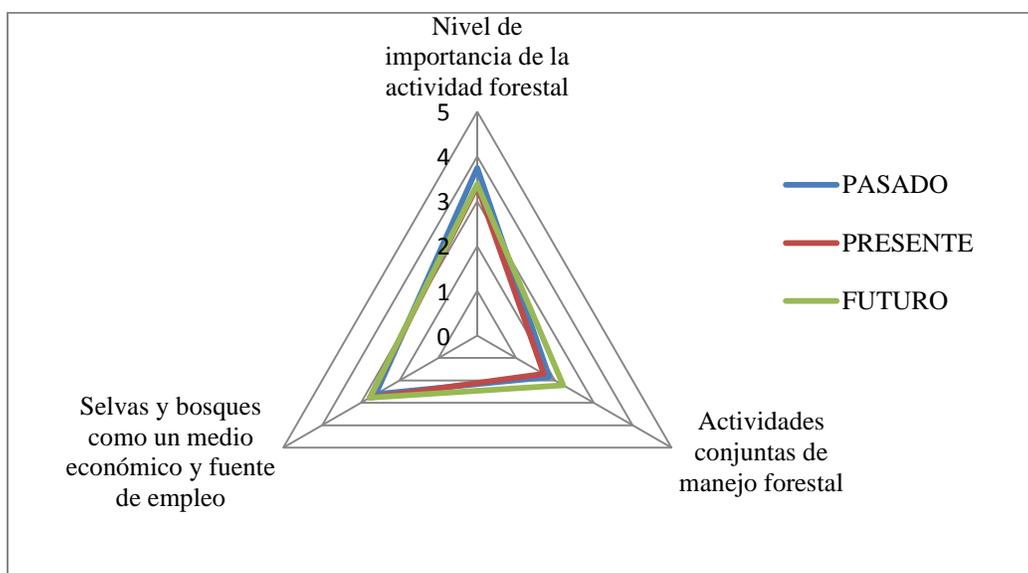


Figura 14. Representación de las percepciones de la pérdida y degradación de los recursos forestales del criterio social en la Comunidad Tocoy.

#### 4.1.6 Evaluación de los criterios del pasado presente y futuro en Laguna del Mante

De acuerdo a las (Tablas 3, 4 y 5) y la (Figura 15), los criterios evaluados para el tiempo pasado han tenido mejor valoración que los del presente y futuro. El *criterio ambiental* obtuvo valores entre “*más o menos a buenos*” según (Tabla 2) ya que en la autoevaluación fue considerada una base importante para sus medios de vida y no sólo en el aspecto ambiental, sino también en el productivo, económico y social.

Para el tiempo presente, se observa una disminución de la valoración en los diferentes criterios evaluados. Está claro que actualmente la comunidad expresa mediante sus percepciones, que la calidad ambiental, productiva, económica y social han disminuido

cuantitativamente y cualitativamente en relación al pasado. Esta situación cambia para el futuro, cuya autoevaluación indica sobre todo que el *criterio económico y social* serán mejores en los siguientes años, atribución que se hace a que en el Ejido se seguirá conservando y reforestando para aumentar la cobertura forestal, y en lo social, se desarrollaran actividades conjuntas, inclusive, actualmente en Laguna de Mante se enseñan a niños educación ambiental sobre la temática en su centro de capacitación creado para tales fines.

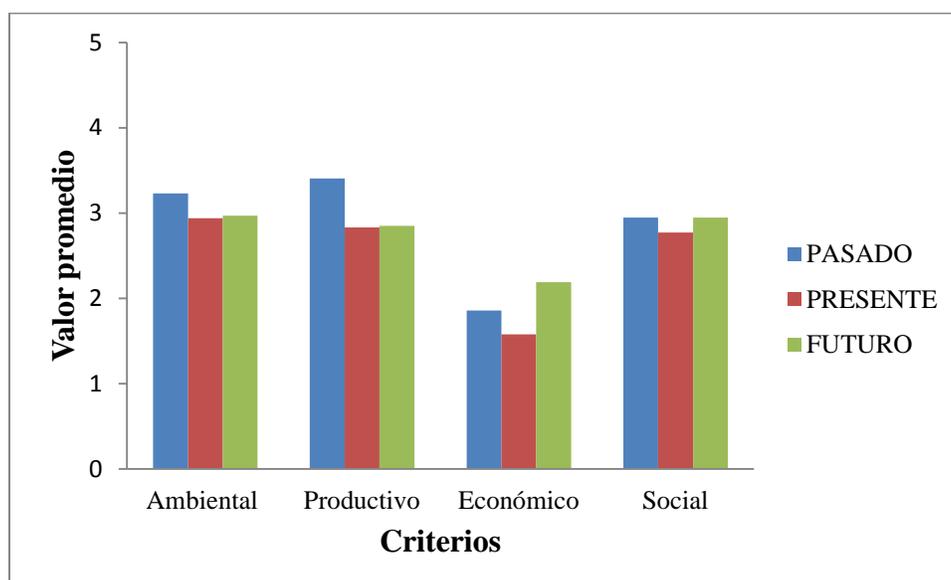


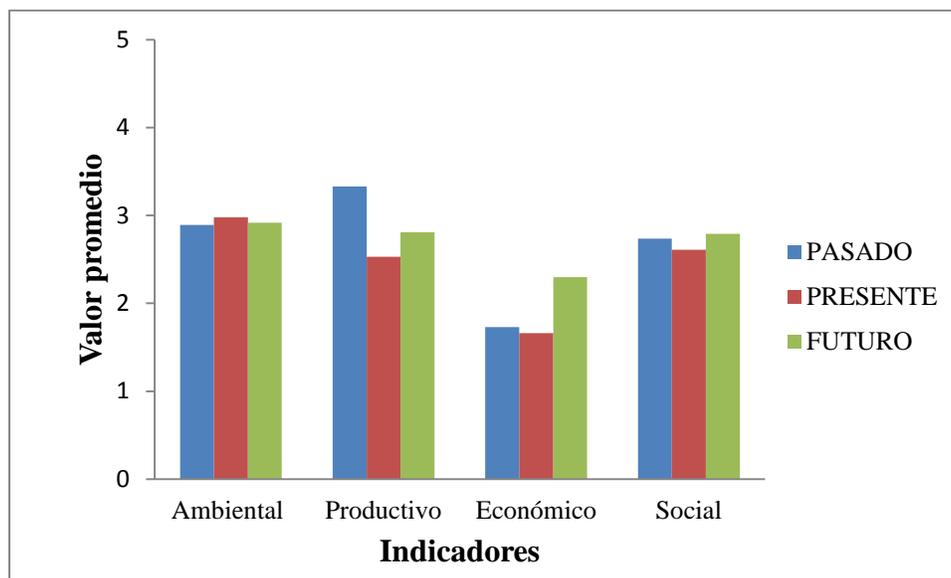
Figura 15. Representación de la evaluación de los criterios sobre la pérdida y degradación de los recursos forestales en el Ejido Laguna del Mante.

#### 4.1.7 Evaluación de los criterios del pasado presente y futuro en Tocooy

En el caso de la Comunidad Tocooy, el *criterio productivo* es el que tiene una mejor valoración (Tablas 3, 4 y 5) (Figura 16). En este criterio se evalúa sobre todo la producción derivada de aprovechar recursos forestales en el pasado y por ende se entiende que existía en términos cualitativos y cuantitativos mayores superficies de selvas, mejores volúmenes de producción e inclusive mejor manejo. Sin embargo, como ya se había mencionado anteriormente, esto no quiere decir que los aspectos económicos eran mejores que los actuales ya que la comunidad paso de tener un nivel de marginación social muy alto a alto entre 1995 al 2000 y se ha mantenido como tal hasta 2010 (CONABIO, 2001; 2006; 2012).

Los criterios evaluados tienen mejor valoración para el futuro en relación a las condiciones actuales, sobre todo esperan de que el *criterio económico* mejore, lo cual atribuyen de que

en algunos años sus selvas serán muy importantes para la generación se recursos económicos y calidad de vida en la comunidad. Valoración que se da en otros contextos de áreas de bosques tropicales por parte de sus habitantes (Henkemans, 2003; Peralta-Rivero et al., 2013).



*Figura 16. Representación de la evaluación de los criterios sobre la pérdida y degradación de los recursos forestales en la Comunidad Tocooy.*

#### **4.2 Mapeo participativo de percepción en Laguna del Mante y Tocooy**

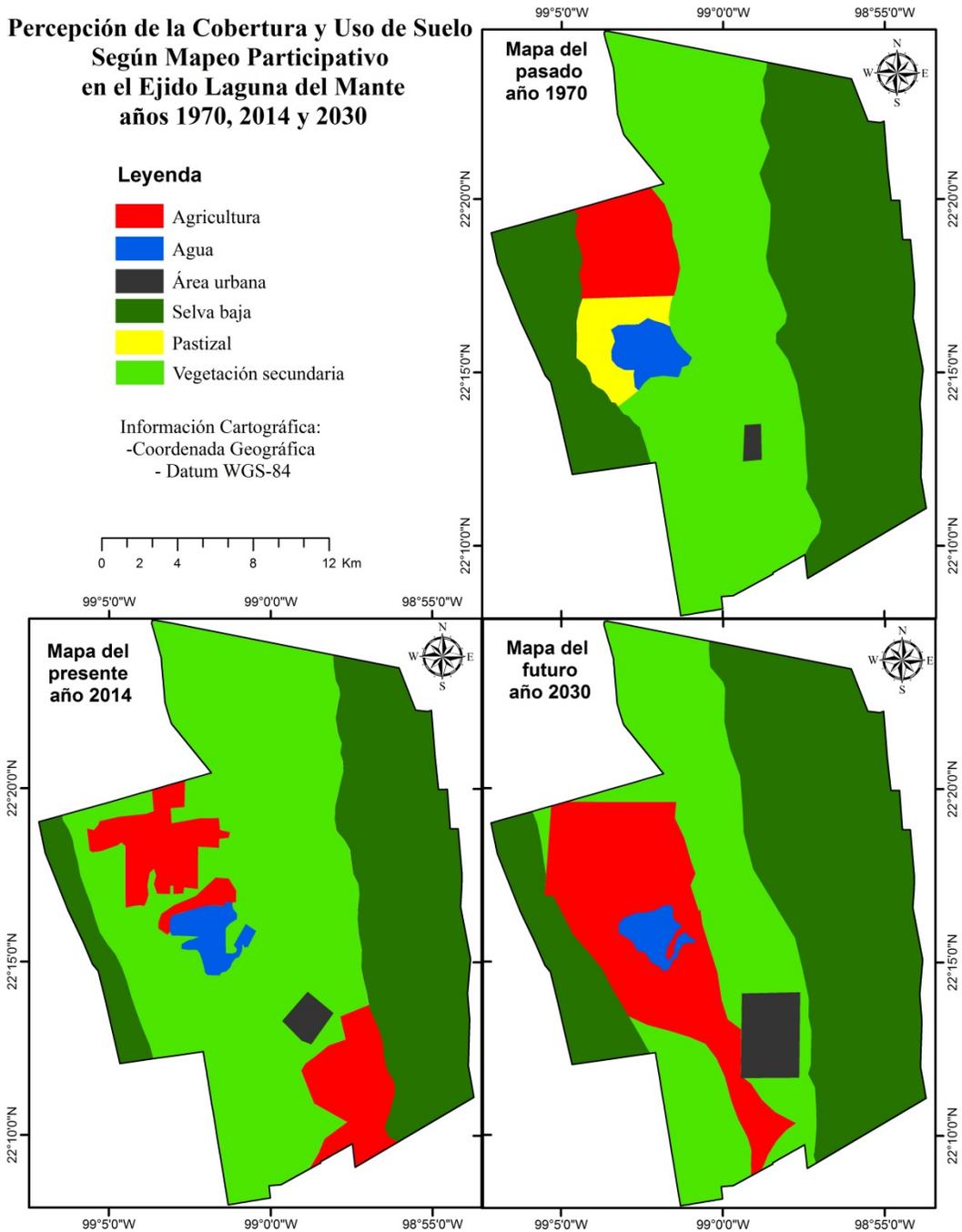
Los mapas elaborados en base al mapeo de percepciones participativo en cada una de las localidades se plasma el conocimiento local de la población en tres momentos: pasado, presente y futuro. En el ejido Laguna del Mante (Figura 17), en el mapa del pasado la población percibe que en los años 70s que en su ejido existía mayor superficie de selvas tanto en el extremo Este como en el Oeste (Sierra). Asimismo, expresaron que existía una cantidad considerable de superficie de pastos y de agricultura junto a la presa de agua.

En el mapa del presente (año 2014) la población mapeo y percibió que su cobertura forestal ha disminuido gradualmente en dirección hacia la sierra al Este y Oeste y que la vegetación secundaria y sobre todo la agricultura ha aumentado considerablemente su superficie, tal como indican los resultados de percepción de los criterios ambiental y productivo discutidos previamente (ver antes Figura 7 y Figura 8).

En el mapa del futuro, los pobladores expresan mediante el mapa del futuro (aproximadamente hasta el año 2030) un aumento considerable de la agricultura en la parte

centro del ejido, atribuyendo a que es esa área existen las condiciones adecuadas para desarrollar actividades agrícolas y porque está será la actividad principal. Asimismo, indicaron un aumento de la cobertura forestal en los siguientes años debido a que los proyectos de conservación y posiblemente de reforestación que se están desarrollando en la comunidad, ayudaran al incremento de estas áreas (Figura 16).

Otras percepciones identificadas en el mapeo de percepción participativo fue el aumento paulatino del área urbana del ejido. Para el futuro se espera que esta localidad aumente considerablemente su superficie debido al aumento de la población (Figura 16).



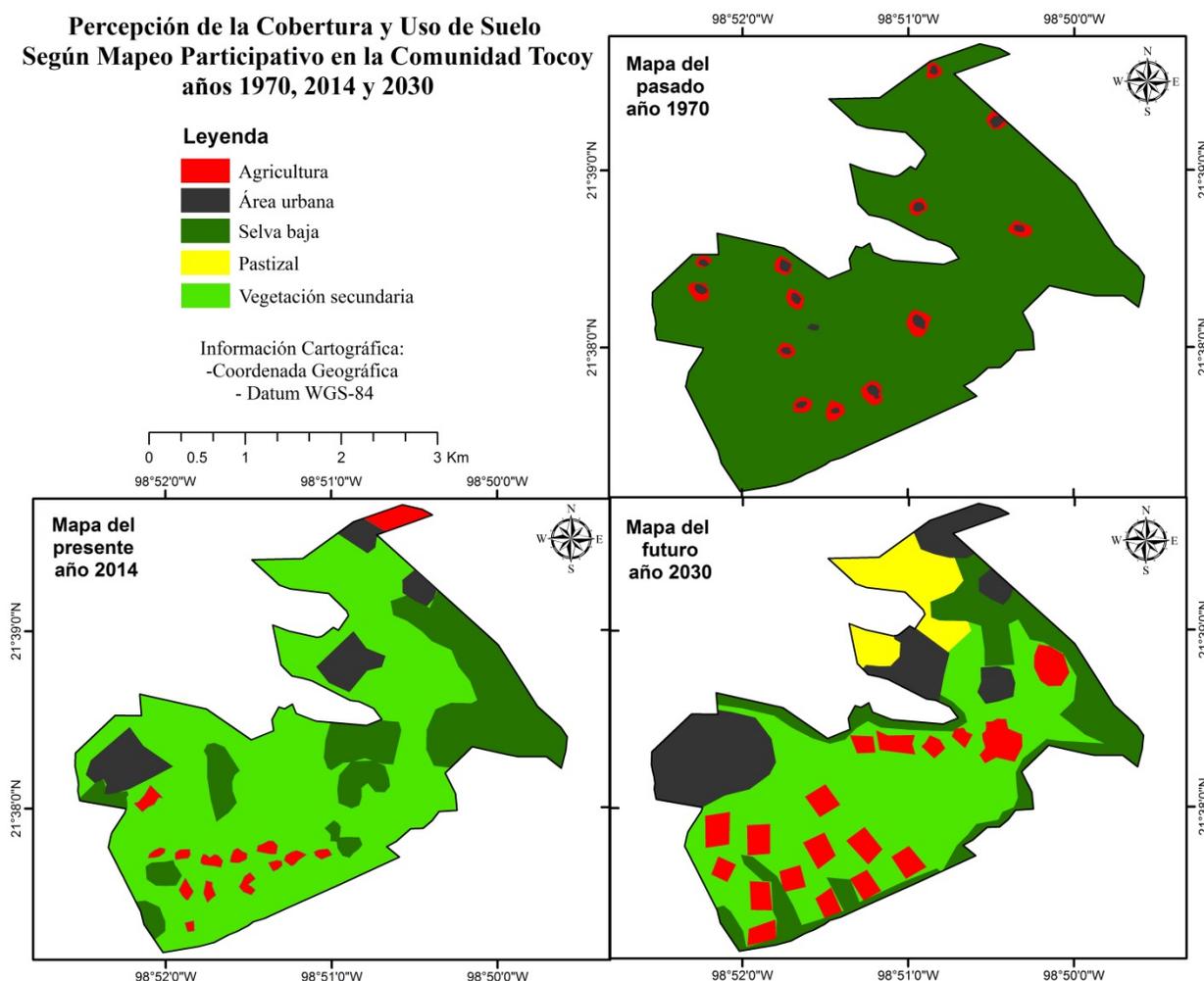
*Figura 17. Representación de la percepción local sobre la cobertura y uso de suelo según mapeo participativo en el Ejido Laguna del Mante.*

Para el caso de la comunidad Tocoy, en el mapa del pasado (años 70s) los pobladores expresaron de que en la comunidad no existía un área urbana como tal. Las familias estaban distribuidas en toda la comunidad y por ende la superficie agrícola estaba ubicada alrededor de las pequeñas viviendas (Figura 18). Los mapas de percepción también indican que en el

pasado existía bastante cobertura forestal tal como se puede confirmar en el análisis de cambios de cobertura y uso de suelo (Tabla 8) (Figura 21 y 22).

El mapa de percepción del presente indica que la cobertura forestal fragmentada con pequeños remanentes sobre las partes más altas de la comunidad, asimismo, es notorio el área urbana en la parte oeste de la comunidad (Figura 18).

Por último, el mapa de percepción del futuro (año 2030), los pobladores expresan que en la comunidad ocurrirán cambios como por ejemplo el aumento del área urbana, aumento de la agricultura y pasto, mayor comunicación por carreteras entre las localidades de la comunidad y la conservación de pequeños remanentes forestales sólo en los límites de la comunidad (Figura 17).



*Figura 18. Representación de la percepción local sobre la cobertura y uso de suelo según mapeo participativo en l Comunidad Toco.*

### 4.3 Cambios de cobertura y uso de suelo

#### 4.3.1 Trayectoria evolutiva de cambios de cobertura y uso de suelo en el Ejido Laguna del Mante

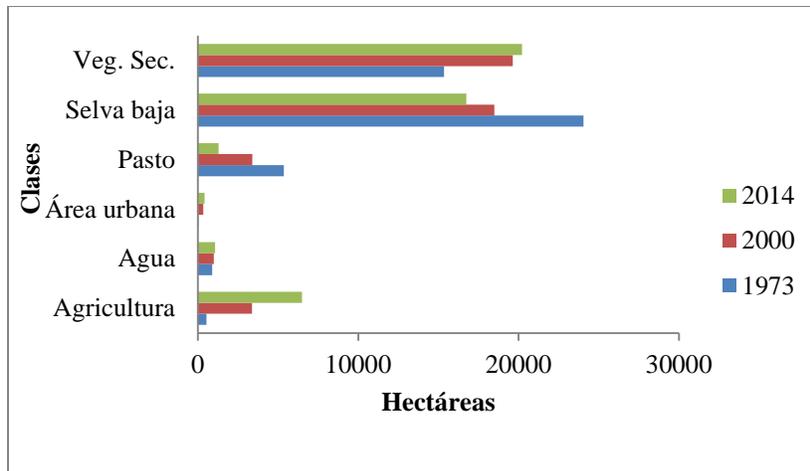
A partir del análisis de la información obtenida, podemos entender la trayectoria evolutiva de la cobertura y uso de suelo en un lapso de tiempo de 41 años, en el Ejido Laguna de Mante (Tabla 6 y 7) (Figura 19 y 20).

*Tabla 6. Cobertura y uso de suelo en el Ejido Laguna del Mante de los años 1973, 2000 y 2014.*

| <b>Laguna de Mante</b> |             |             |             |             |             |             |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                        | <b>1973</b> | <b>2000</b> | <b>2014</b> | <b>1973</b> | <b>2000</b> | <b>2014</b> |
| <b>Clase</b>           | <b>ha</b>   | <b>ha</b>   | <b>ha</b>   | <b>%</b>    | <b>%</b>    | <b>%</b>    |
| Agricultura            | 532.04      | 3,377.37    | 6,493.77    | 1.15        | 7.31        | 14.05       |
| Agua                   | 898.32      | 990.45      | 1,077.41    | 1.94        | 2.14        | 2.33        |
| Área urbana            | 43.20       | 335.16      | 413.71      | 0.09        | 0.73        | 0.90        |
| Pastizal               | 5,358.70    | 3,408.77    | 1,283.62    | 11.59       | 7.38        | 2.78        |
| Selva baja             | 24,040.40   | 18,480.40   | 16,733.31   | 52.02       | 38.83       | 36.21       |
| Vegetación secundaria  | 15,345.47   | 19,631.74   | 20,216.30   | 33.20       | 43.62       | 43.74       |
| <b>Total</b>           | 46,218.13   | 46,218.13   | 46,218.13   | 100         | 100         | 100         |

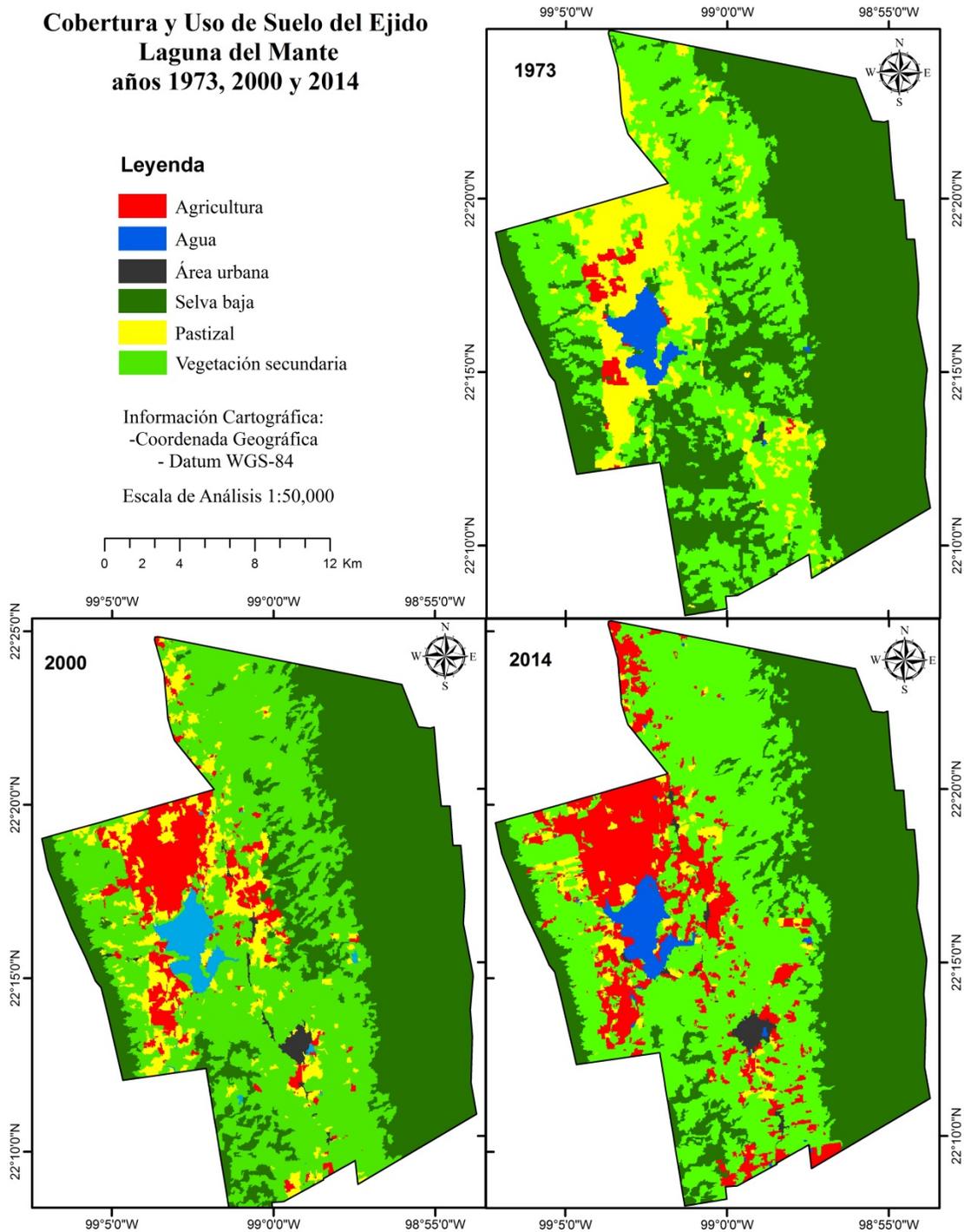
La (Tabla 6) nos indica que en el Ejido Laguna del Mante ha habido un aumento considerable de la agricultura y una disminución paulatina de pastizales. Asimismo, la vegetación secundaria y el área urbana han aumentado de superficie en la trayectoria de los años evaluados. La cobertura “selva baja” ha disminuido considerablemente hasta el año 2000 y entre el periodo 2000-2014, la disminución sólo ha sido de 584.56 hectáreas (Figura 19).

De esta manera podemos inferir de que al igual como ha ocurrido en gran parte de la Región Huasteca de México, la modernización e industrialización de la agricultura, incremento de la ganadería, demanda de madera y sus derivados para el mercado, es una de las principales razones para el aumento considerable de estas coberturas antrópicas y pérdida de coberturas forestales (Aguilar-Robledo, 2001; Quinteros, 2012; Peralta-Rivero et al., 2014).



*Figura 19. Superficies de la cobertura y el uso de suelo en el Ejido Laguna del Mante de los años 1973, 2000 y 2014.*

**Cobertura y Uso de Suelo del Ejido  
Laguna del Mante  
años 1973, 2000 y 2014**



*Figura 20. Mapas de la cobertura y uso de suelo de Ejido Laguna del Mante de los años 1973, 2000 y 2014.*

La (Figura 19) nos ilustra que grandes áreas de pastizales (color amarillo) han sido reemplazadas por áreas agrícolas (color rojo), asimismo el notorio el aumento de la vegetación secundaria y disminución de selvas baja, tal como se demostró en la percepción local de la población de Laguna

de Mante respecto a las percepciones del pasado, presente y futuro del criterio ambiental y los mapas de percepción participativos (ver antes Figura 6 y Figura 16).

En la matriz de tabulación cruzada se puede corroborar que la pérdida o ganancia de coberturas es ascendente para el caso agricultura, agua área urbana y vegetación secundaria que aumentaron su superficies. Por otro lado, presentan tasa de pérdidas las coberturas pastizal (-3.43% anual), y selva baja (-0.88% anual) (Tabla 7).

*Tabla 7. Matriz de tabulación cruzada de cambios de coberturas y uso de suelo entre 1973 y 2014 (en hectáreas) en el Ejido Laguna del Mante.*

|                       |                 | 2014            |               |                 |                  |                       |                  |          |                           |  |
|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|------------------|-----------------------|------------------|----------|---------------------------|--|
| 1973                  | Agricultura     | Agua            | Área urbana   | Pastizal        | Selva baja       | Vegetación secundaria | Total 1973       | Pérdidas | Tasa de pérdida anual (%) |  |
| Agricultura           | <b>431.92</b>   | 14.22           | 0.00          | 17.46           | 0.00             | 68.44                 | <b>532.04</b>    | 100.12   | 6.29                      |  |
| Agua                  | 9.06            | <b>866.52</b>   | 0.63          | 1.98            | 0.99             | 19.14                 | <b>898.32</b>    | 31.80    | 0.44                      |  |
| Área urbana           | 9.72            | 0.45            | <b>32.76</b>  | 0.00            | 0.00             | 0.27                  | <b>43.20</b>     | 10.44    | 5.67                      |  |
| Pastizal              | 2,779.05        | 71.82           | 145.80        | <b>490.44</b>   | 34.47            | 1,837.11              | <b>5,358.70</b>  | 4,868.26 | -3.43                     |  |
| Selva baja            | 824.73          | 51.12           | 23.22         | 149.67          | <b>15,777.56</b> | 7,214.10              | <b>24,040.40</b> | 8,262.84 | -0.88                     |  |
| Vegetación secundaria | 2,439.29        | 73.28           | 211.30        | 624.08          | 920.28           | <b>11,077.24</b>      | <b>15,345.47</b> | 4,268.23 | 0.67                      |  |
| <b>Total 2014</b>     | <b>6,493.77</b> | <b>1,077.41</b> | <b>413.71</b> | <b>1,283.62</b> | <b>16,733.31</b> | <b>20,216.30</b>      |                  |          |                           |  |
| <b>Ganancias</b>      | 6,061.86        | 210.89          | 380.95        | 793.19          | 955.74           | 9,139.06              |                  |          |                           |  |

#### 4.3.2 Trayectoria evolutiva de cambios de cobertura y uso de suelo en la Comunidad Tocooy

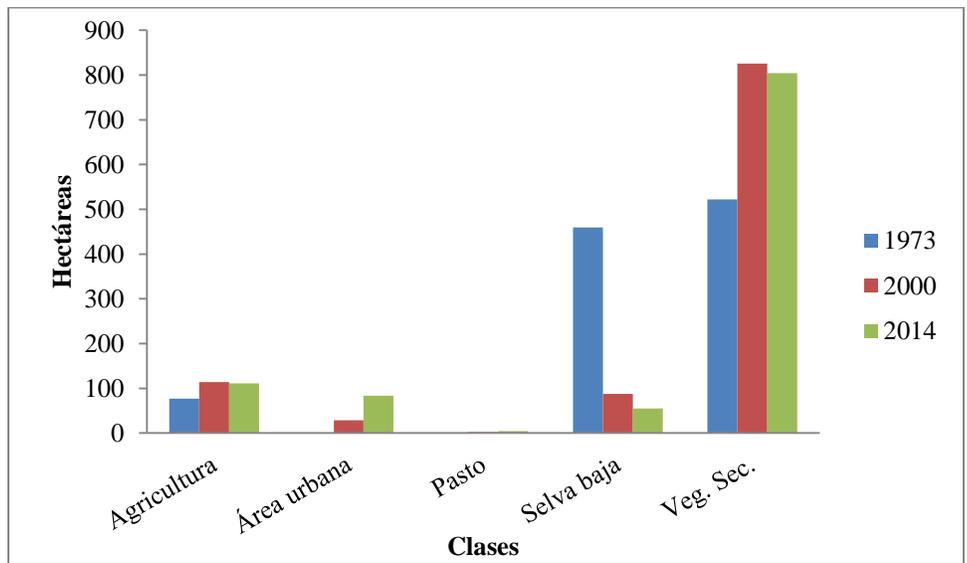
Al cruzar los mapas de los años 1973, 2000 y 2014 de la Comunidad Tocooy podemos entender la trayectoria evolutiva de la cobertura y uso de suelo en un lapso de tiempo de 41 años, (Tabla 8 y 9) (Figura 20 y 21).

*Tabla 8. Cobertura y uso de suelo en la comunidad Tocooy años 1973, 2000 y 2014.*

| Tocooy      |        |        |        |       |       |       |
|-------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
|             | 1973   | 2000   | 2014   | 1973  | 2000  | 2014  |
| Clase       | ha     | ha     | ha     | %     | %     | %     |
| Agricultura | 77.07  | 113.94 | 111.29 | 7.28  | 10.76 | 10.51 |
| Área urbana | 0.00   | 28.71  | 83.46  | 0.00  | 2.71  | 7.88  |
| Pastizal    | 0.00   | 2.32   | 4.28   | 0.00  | 0.22  | 0.40  |
| Selva baja  | 459.49 | 88.06  | 55.22  | 43.40 | 8.32  | 5.22  |

|                       |         |         |         |       |       |       |
|-----------------------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|
| Vegetación secundaria | 522.07  | 825.61  | 804.39  | 49.32 | 77.99 | 75.98 |
| Total                 | 1058.63 | 1058.63 | 1058.63 | 100   | 100   | 100   |

La (Tabla 8) nos indica que las coberturas antrópicas como la agricultura, área urbana, vegetación secundaria y en menor proporción pastizal, han aumentado considerablemente desde 1973. Como consecuencia la superficie de selva baja se ha disminuido hasta sólo un 5.22% del total superficie de la comunidad (Figura 21). De esta manera, al igual que en el Ejido Laguna del Mante y que de la Región Huasteca, el aumento de las actividades productivas han disminuido considerablemente la cobertura forestal (Aguilar-Robledo, 2001; Quinteros, 2012; Peralta-Rivero et al., 2014).

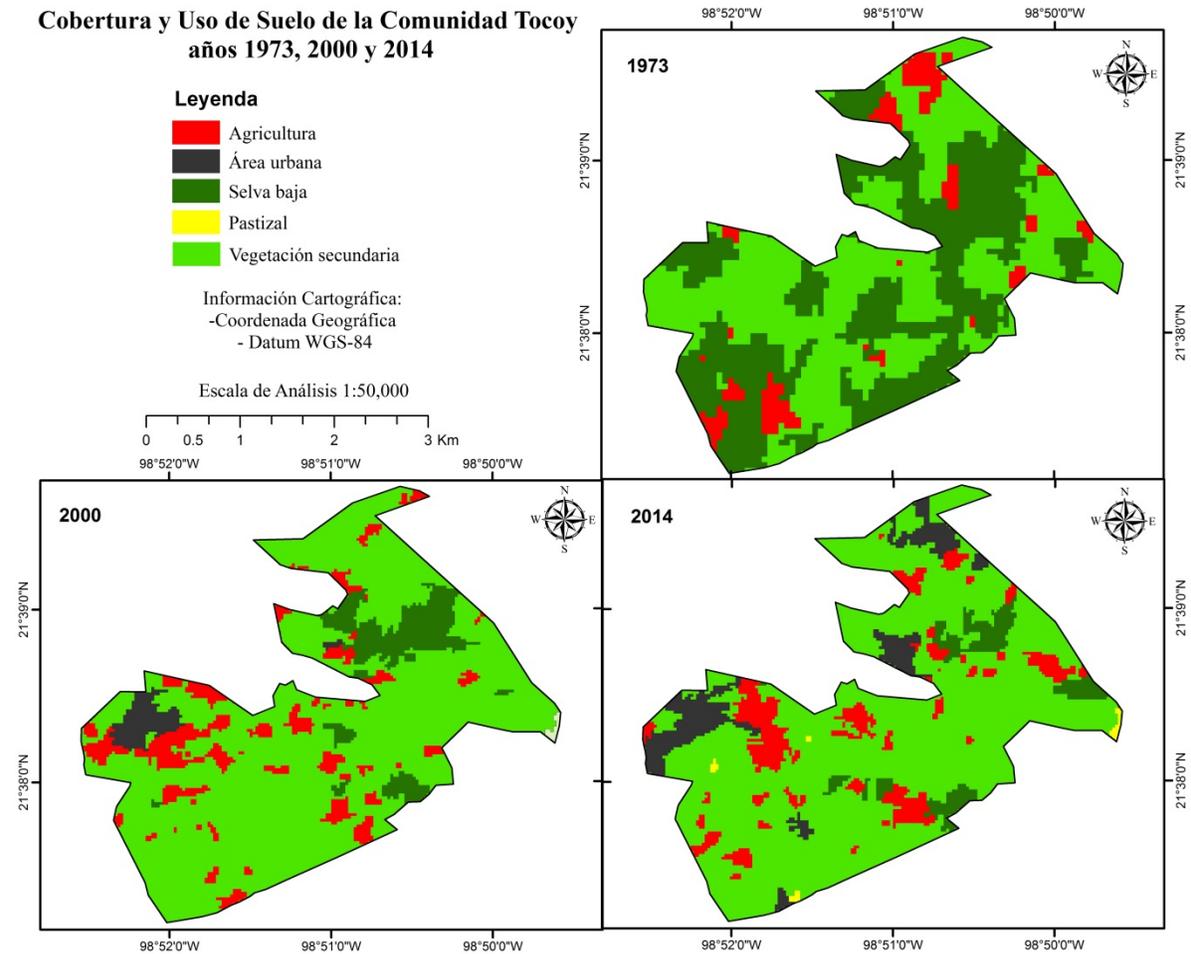


*Figura 21. Superficies de la cobertura y el uso de suelo en la Comunidad Toco y de los años 1973, 2000 y 2014.*

En la Figura 21 se puede notar claramente que la clase selva baja es aquella que disminuyó drásticamente su superficie entre 1973 y 2014 y la vegetación secundaria se mantuvo en condiciones parecidas en el periodo 2000-2014. Por otro lado la clase agricultura mantuvo su superficie de manera parecida sobre todo en el los últimos años, lo cual es característico de comunidades que practican agricultura rotativa de rosa, tumba y quema (Peralta-Rivero et al., 2013).

Asimismo, esta cuantificación de la superficie de clases en la Comunidad Toco y está muy relacionada con la evaluación de la percepción del pasado, presente y futuro del criterio ambiental y los mapas de percepción de cobertura y uso de suelo desarrollados por los pobladores de la comunidad (Ver antes Figura 11 y Figura 18). Sobre todo se puede

interpretar que las percepciones de las personas se sustentan en la pérdida de recursos forestales por las actividades productivas en la comunidad tal como se puede observar en la (Figura 22).



*Figura 22. Mapas de la cobertura y uso de suelo da la Comunidad Toco y de los años 1973, 2000 y 2014.*

La Figura 22 ilustra lo mencionado sobre la agricultura rotativa en la comunidad (áreas de color rojo) desarrollada en diferentes ubicaciones de la comunidad según su análisis evolutivo. Según la (Tabla 9) tan sólo 2.3 hectáreas se ha mantenido como tal entre 1973 y 2014, la superficie restante se ha venido desarrollando en otras áreas de la comunidad. Asimismo, se pude ver la disminución de la clase selva baja con una tasa de deforestación de (-5.04% anual) lo cual es mayor a la tasa de deforestación de la Región Huasteca en aproximadamente -2% anual de su superficie forestal (Peralta-Rivero et al., 2013. Cabe resaltar, que la comunidad es de superficie relativamente pequeña (1,058.53 hectáreas) la

población ejerce más presión sobre las coberturas forestales todos los años para desarrollar sus actividades productivas de agricultura principalmente.

Por otro lado, la superficie del área urbana y pastizal se han venido incrementado sobre todo para el año 2000 y 2014, lo cual se relaciona con lo mencionado por los pobladores de la comunidad, al indicar de que se decidió agruparse en un área como tal para poder acceder a beneficios como la construcción de la escuela y salas de enfermería (*Com. Pers.* Abundio Anaya, Presidente del comisariado de Tocooy).

*Tabla 9. Matriz de tabulación cruzada de cambios de coberturas y uso de suelo entre 1973 y 2014 (en hectáreas) en la Comunidad Tocooy.*

|                       |               | 2014         |             |              |                       |               |               |                           |
|-----------------------|---------------|--------------|-------------|--------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------------------|
| 1973                  | Agricultura   | Área urbana  | Pastizal    | Selva baja   | Vegetación secundaria | Total 1973    | Pérdidas      | Tasa de pérdida anual (%) |
| Agricultura           | <b>2.30</b>   | 9.43         | 0.00        | 5.28         | 60.06                 | <b>77.07</b>  | <b>74.77</b>  | 0.90                      |
| Área urbana           | -             | -            | -           | -            | -                     | -             | -             | -                         |
| Pastizal              | -             | -            | -           | -            | -                     | -             | -             | -                         |
| Selva baja            | 35.86         | 28.89        | 1.48        | <b>36.22</b> | 357.04                | <b>459.49</b> | <b>423.27</b> | -5.04                     |
| Vegetación secundaria | 73.13         | 45.13        | 2.80        | 13.72        | <b>387.29</b>         | <b>522.07</b> | <b>134.78</b> | 1.06                      |
| <b>Total 2014</b>     | <b>111.29</b> | <b>83.46</b> | <b>4.28</b> | <b>55.22</b> | <b>804.39</b>         |               |               |                           |
| <b>Ganancias</b>      | 108.99        | 83.46        | 4.28        | 19.00        | 417.10                |               |               |                           |

## 5. Conclusiones

En el análisis de percepción local de la población existe una relación directa entre el ser humano y su ambiente lo cual se refleja en su conocimiento local en un contexto determinado, es decir, el hombre responde a cierto entorno ambiental, productivo, económico y social en donde percibe su contexto a través del tiempo y construye su espacio de acción, lo que claramente se observa en ambas comunidades para el pasado presente y futuro:

- La población evaluada del Ejido Laguna del Mante y la Comunidad Tocooy, principalmente perciben la pérdida y degradación de sus recursos forestales de acuerdo a su conocimiento local, basado fundamentalmente en las experiencias de sus actividades productivas.

- Existen diferencias entre los criterios evaluados para pasado, presente y futuro, según las percepciones de la población evaluada en ambas comunidades, y las causas que han provocado el proceso de pérdida de recursos forestales y aumento de actividades productivas se reflejan sobre todo en el criterio ambiental y el productivo.
- Las principales percepciones, que se diferencian entre los tiempos evaluados son, disminución de superficie de selvas y su degradación, disminución de la abundancia de árboles, aumento de la superficie agrícola, mayor diversidad de especies forestales, mayor producción de madera, mayor producción de otros recursos forestales, mayor superficie agrícola y cantidad de personas.
- En el Ejido Laguna del Mante las percepciones correspondientes al criterio económico y social indican que los recursos forestales eran considerados de mayor importancia en el pasado y generaban mejores beneficios para la población. Asimismo, no se descarta una mejora para el futuro de estos dos aspectos.
- En la Comunidad Tocooy, los recursos forestales desde el punto de vista económico no han sido un medio que les permita subsanar sus problemas, sin embargo, estos han jugado un papel importante desde el punto de vista del autoconsumo, y las percepciones revelan la intención de mejorar tanto en el aspecto económico como social para el futuro.
- El análisis del mapeo de percepción participativo se mostró bastante adecuado para la interpretación de la pérdida de recursos forestales a escala local y fue un complemento importante para desarrollar la autoevaluación individual de percepción ambiental de la población y el análisis de cambios de uso de suelo en ambas comunidades.
- El análisis de cambios de cobertura y uso de suelo entre 1973 y 2014 demuestra que Laguna del Mante ha perdido aproximadamente 8,262.84 hectáreas de selva y ha aumentado 6,061.86 hectáreas de agricultura, ratificando la veracidad de las percepciones relacionadas al criterio ambiental y productivo.
- En la comunidad Tocooy se perdieron alrededor de 423.27 hectáreas de selva con una tasa de deforestación de 5.04% anualmente, y un aumento de la vegetación secundaria de 417.10 hectáreas para el periodo 1973-2014, revalidando de esta

forma las percepciones de la población la pérdida y degradación de los recursos forestales en la comunidad.

- La construcción de mapas temáticos de uso de suelo y la trayectoria evolutiva de sus cambios para los años estudiados (1973-2000-2014) utilizando técnicas de percepción remota y sistemas de información geográfica, se mostró adecuada para validar el análisis de percepción local sobre la valoración ambiental, productiva, económica y social de los recursos forestal en el Ejido Laguna del Mante y la Comunidad Tocoy.

## **6. Recomendaciones**

La presente metodología de análisis de la percepción local de la población basada en criterios, indicadores, percepciones y apoyadas en mapeo participativo y análisis de CCUS permitió entender los escenarios de pasado presente y futuro sobre el estado de los recursos forestales y la dinámica productiva desarrollada en el área de estudio y debe servir como una herramienta para el desarrollo de estrategias y generación de políticas locales en post de la conservación y manejo de selvas en la Región Huasteca, debido a que es importante conocer la idiosincrasia de los actores locales para que los proyectos forestales a desarrollar, sobre todo en el ámbito rural, no estén destinados al fracaso en su implementación y ejecución de los mismos.

## **Referencias**

- Aguilar-Robledo, M. (2001). Ganadería, tenencia de la tierra, e impacto ambiental en la Huasteca Potosina: los años de la Colonia. In L. Hernández (Ed.), *Historia ambiental de la ganadería en México* (pp. 9-24). Xalapa: Instituto de Ecología-Institut de Recherche pour le Développement.
- Berry, M. W., Flamm, R.O., Hanzen, B.C. & MacIntyre, R.L. (1996). The Land-Use Change and Analysis System (LUCAS) for Evaluating Landscape Management Decisions. *IEEE Computational Science & Engeneering* 3(1): 24-35.
- Braceras, I. (2012). Cartografía participativa: herramienta de empoderamiento y participación por el derecho al territorio. Serie Hegora, *Máster en Desarrollo y Cooperación Internacional*. Número, 2. Pp. 55.

- CEDEM, (2009). Perfil Municipal de San Antonio. Coordinación Estatal para el Desarrollo Municipal. Pp. 12.
- CONABIO, (2012). Grados de marginación a nivel localidad 2010. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONABIO, (2006). Grados de marginación a nivel localidad 2000. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONABIO, (2001). Grados de marginación a nivel localidad 1995. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Cruz, G. (2009). Percepción de la degradación de potreros por productores de dos comunidades aledañas a áreas naturales protegidas del estado de Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de ciencias agronómicas. Villa flores, Chiapas. Pp. 139.
- Cruz, C., Vicens, R., Seabra, V., Balbi, R., Alvarenga, O., Richter, M., Kopke, P., Arnaut, E. & Araújo M. (2007). Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, 5691-5698 pp.
- Erol, I. & Ferrell Jr, W.G. (2003). A methodology for selection problems with multiple, conflicting objectives and both qualitative and quantitative criteria. *International Journal of Production Economics*, 86(3), pp. 187-199.
- FAO, (1996). Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Number 130, 152 pp. Roma.
- Guevara-Hernandez, F., Pinto, R., Rodríguez, L.A., Gómez, H., Ortiz, R., Ibrahim, M., Cruz, G. (2009). Local perceptions of degradation in rangelands from a livestock farming community in Chiapas, México. *Cuban journal of Agriculture Science*, Volume 45, Number 3.

- González, A. (2013). Payments for environmental services in the Huasteca potosina region, Mexico: forest cover impacts at regional level. Thesis of master degree. Cologne University of Applied Science. Pp. 96.
- Henkemans, A. (2003). Tranquilidad y sufrimiento en el bosque, los medios de vida y percepciones de los cambas en el bosque de la Amazonia Boliviana, Serie Científica No 7, Riberalta, Bolivia. pp. 97.
- Hanemann, W Michael. (1994). "Valuing the Environment through Contingent Valuation". *Journal of Economic Perspectives*, 8(4): 19-43.
- INEGI, (2010). Localidades de la República Mexicana 2010. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Kiernan, M.J. 2000. *The Forest Ejidos of Quintana Roo, Mexico. A Case Study for Shifting the Power: Decentralization and Biodiversity Conservation*. Washington D.C. Biodiversity Support Program.
- Lette, Henk, Boo de, Henneleen. *Economic Valuation of Forest and Nature. A Support for effective decision – making*. International Agricultural Centre: 1-69.
- Maceratesi L. (2007). Herramientas participativas para el análisis de información. Segunda edición. EDICPSA. San Salvador, El Salvador. Pp. 30.
- Masera, O., M. Astier y S. López. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de la evaluación MESMIS*. Ciudad de México: Mundi-Prensa-GIRA-Instituto de Ecología unam.
- OCDE, (2013). Evaluación de desempeño ambiental, México 2013 highlights. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. 8 pp.
- Pattie P., M. Núñez & P. Rojas. (2003). Valoración de los bosques tropicales de Bolivia. BOLFOR. Informe Técnico (130). Santa Cruz, Bolivia. pp.44.
- Peralta-Rivero, C., Contreras-Servín, C., Galindo-Mendoza, M.G., Pachicano, M. (2014). Patrones y tasas de cambio de cobertura y uso de suelo en la Región Huasteca (1976-2007). *Percepción Remota y las Ciencias Espaciales*, SELPER 2013. Capítulo México-UASLP. *Investigación, Desarrollo, Aplicaciones y*

- Divulgación*. UASLP-CIACYT, Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria. ISBN: 978-607-9343-25-5. San Luis Potosí, México. Pp 8.
- Peralta-Rivero, C., Contreras, C., Galindo, M.G., Torrico, J.C., Vos, V.A. (2013). Percepción sobre la valoración del bosque y proyectos MDL y REDD en Riberalta, Amazonía Boliviana. *CienciAgro* (2013) 2(4): 441-455.
- Pontius, R. G., E. Shusas and M. McEachern (2004). "Detecting important categorical land changes while accounting for persistence", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, no. 101, pp. 251-268.
- Portney, P.R. (1994). The contingent valuation debate: Why economists should care. *Journal of Economic Perspective* 8: 3-17.
- Portugal G., G. Garcia. 2012. Percepción del territorio y su impacto en el manejo de los recursos naturales en la cuenca alta del Papaloapan en el estado de Oaxaca. Saltillo, Coahuila. pp.19.
- Quinteros, J. (2012). Estudio ambiental y social comparativo del bosque húmedo en base al cambio de uso de suelo entre la Huasteca Potosina, México y la Mata Atlántica, rio de janeiro, Brasil. Tesis de maestría en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, pp. 168.
- Robledo, J. (2005). Diseños de muestreo (II). Nure Investigación No. 12. pp 7.
- Tinoco, Z. & Saenz-Campos, D. (1999). Investigación científica: protocolos de investigación. *Farmacos* 1 (12) 1: 78-101.
- Torrez, M.; K. Paz. 2011. Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar. Boletín electrónico (2), 1-13.
- Salitchev, K. A. (1979). Cartografía. Editorial Pueblo y Educación, MES, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Seto, C., Woodcock, C.E., Song, C., Huang, X., Lu, J. & Kaufmann, K. (2002). Remote sensing. Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TMK. 23(10): 1985–2004.

- SEGOB, (2010). Municipio de Ciudad Valles [WWW Document]. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. URL <http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM24sanluispotosi/municipios/24013a.html> (accessed 7.11.13).
- Tipula, P. (2008). Metodología de mapeo territorial. Comunidades nativas cacataibo. Instituto del bien común. Perú. Pp. 16.
- Velázquez, A., J. F. Mas, J. R. Díaz Gallegos, R. Mayorga Saucedo, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio (2002), “Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México”, *Gaceta Ecológica*, núm. 62, pp. 21-37.
- Weckmüller, R., Slovinsky, N.C. & Vicens, R. (2011). O Uso das Geotecnologias como subsídio à análise da evolução do uso e cobertura do solo: caso do Corredor Ecológico do Muriqui/RJ. Anais da 1ª Jornada de Geotecnologias do Estado do RJ. Rio de Janeiro.
- Zepeda, C., Nemiga, X.A., Lot, A., Madrigal, D. (2012a). Análisis del cambio de uso de suelo en las ciénagas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. Investigaciones geográficas, Boletín del instituto de geografía, UNAM, ISSN 0188-4611, Núm. 58, 2005, pp. 54-65.

*Apéndice 1. Carta descriptiva sobre el mapeo participativo de percepciones sobre la pérdida de recursos forestales aplicados en el ejido Laguna del Mante y la comunidad Toco. Facilitadores: Carmelo Peralta Rivero y Hugo Medina Garza.*

| <b>Etapa</b>   | <b>Tiempo</b> | <b>Responsable</b> | <b>Objetivo</b>  | <b>Metas</b>  | <b>Técnicas y actividades</b>  | <b>Material y equipo</b>  |
|--|---------------|--------------------|--|---|--|---|
| Registro de asistentes                               | 9:00-9:15     | Equipo de trabajo  | Contar con un registro de asistentes   | Se enlistan e identifican a los asistentes al taller  | Registro y elaboración de tarjetas   | Listas, marcadores, tarjetas, bolígrafos  |
| Bienvenida   | 9:15-9:20     | Equipo de trabajo  | Dar la bienvenida  | Se da la bienvenida a los participantes   | Verbal   |   |
| Dinámica de integración                              | 9:20-9:25     | Facilitadores      | Integración  | Los ejidatarios o comunarios entran en confianza  | Cada persona presenta a un compañero   |   |
| Justificación y presentación de objetivos del taller | 9:25-9:45     | Facilitadores      | Justificar la presencia de todos y el alcance que se quiere lograr   | Se tiene claro el motivo de la asistencia al taller y los objetivos   | ¿Por qué estamos aquí asistentes y facilitadores? Reflexión y explicación de los objetivos   | Proyector, documento en power point   |
| Introducción al taller                               | 9:45-9:55     | Facilitadores      | Explicar la dinámica del taller  | Los ejidatarios o comunarios comprenden la dinámica del taller  | Exposición verbal  | Programa del día  |
| Importancia del pasado de bosques y selvas (monte)   | 9:55-10:15    | Facilitadores      | Entender la importancia de eventos de relevancia en el ámbito productivo en los últimos años para consolidar los mapas. Identificar las características más importantes de las actividades forestales y relacionadas a éstas en los últimos años | Se identifican momentos importantes de la comunidad y el sistema productivo y su relación con los recursos naturales. Se identifican programas de ayuda y otros del pasado. Conocer la memoria colectiva del grupo respecto a la actividad forestal | Mediante grupos de discusión de los ejidatarios o comunarios (línea de tiempo de la deforestación u otros). Discusión grupal, presentación | Papelografos, marcadores, tarjetones, papel bond, plumones, cartulinas de colores |
| Importancia de los bosques                           | 10:15-10:30   | Facilitadores      | conocer la importancia de los selvas de la comunidad   | ¿Qué son selvas? Importancia de las selvas  | Presentación   | Laptop y proyector  |
| <b>Descanso</b>                                      |               |                    |  |   |  |   |
| Elaboración de mapa individual                       | 10:45-11:00   | Facilitadores      | Elaborar mapas de parcelas de los personas de la comunidad   | Los personas de la comunidad o el ejido, elaboran un croquis de su parcela y tratan de localizarla en el mapa de la ortofotos e imágenes  | Dibujo Individual  | Lápices, borradores, cartulinas   |
| Elaboración de mapas participativos de la            | 11:00-13:30   | Facilitadores      | Elaborar el mapa del pasado, presente y futuro   | Los ejidatarios y personas de la comunidad elaboran sus mapas del presente  | Se marca sobre imágenes de satélite y ortofotos y se   | Mapas, imágenes de satélite, ortofotos, marcadores, lápices de colores etc.       |

|                                    |             |       |   |   |                          |     |
|------------------------------------|-------------|-------|---|---|--------------------------|-----|
| comunidad                          |             |       |   | pasado y futuro   | dibuja en un papelografo |     |
| Evaluación de mapas                | 13:30-14:30 | Todos | Reconocimiento del área y evaluación de los mapas | Los ejidatarios y comunarios reconocen y evalúan sus mapas y localizan áreas en el mapa | Recorrido de campo       | GPS |
| <b>Refrigerio y fin del evento</b> |             |       |   |   |                          |     |

*Apéndice 2. Proceso del mapeo participativo de percepción en el ejido Laguna del Mante y en la comunidad Toco y.*



## CAPÍTULO IV

### Tasas de Deforestación en la Región Huasteca de México (1976-2011)

Carmelo Peralta-Rivero<sup>1\*</sup>, Carlos Contreras Servín<sup>1</sup>, M. Guadalupe Galindo Mendoza<sup>1</sup>,  
Marcos Algara Siller<sup>2</sup>, Jean François Mas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí-Coordinación para la Innovación y la Aplicación de la Ciencia y la tecnología, México

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma San Luis Potosí, México

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.

\* Autor para correspondencia, [peralta.carmelo@gmail.com](mailto:peralta.carmelo@gmail.com)

Artículo publicado parcialmente en la revista científica *CienciAgro* el año 2014, en versión inglés

#### Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo analizar los cambios temporales de uso y cobertura de suelo en la Región Huasteca de México. Utilizamos información cartográfica de uso de suelo y vegetación para los años 1976, 1993, 2002, 2007 y 2011 con una escala de análisis de 1:250,000 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México. La información cartográfica fue corregida, estandarizada y se cuantificaron y mapearon las principales áreas afectadas por deforestación. Diferentes técnicas de Sistemas de Información Geográfica fueron desarrolladas para demostrar que los cambios de uso y cobertura de suelo ocurrieron en 17.43% de la superficie de la región. La agricultura y el incremento de pasto pueden ser identificadas como las principales actividades humanas que han modificado la cobertura forestal. Los bosques y selvas fueron afectados por la deforestación con tasas de cambios más alta que la tasa promedio a nivel nacional, principalmente para el periodo 1976-2002. Otras alteraciones importantes incluyen un cambio de las coberturas naturales de suelo hacia las coberturas no originales de suelo afectando a un área de 4,874.28 km<sup>2</sup> entre 1976 y 1993, y 2,474.93 km<sup>2</sup> en el periodo 1993-2002. Cambios menores pudieron ser detectados para los periodos 2002-2007 y 2007-2011. El mapeamiento para los años de análisis hizo posible la identificación de los cambios de uso y cobertura de suelo en la Región Huasteca. Las técnicas utilizadas son una herramienta que pueden ser usadas para evaluar impactos negativos en la vegetación y proponer alternativas para el manejo y uso sostenible de los recursos naturales.

**Palabras clave:** Cambios de Uso de Suelo, Deforestación, SIG, Análisis Temporal, Huasteca

#### Abstract

The current study aims to analyze temporal land use and land cover changes in the Huasteca region. We used cartographic information of land use and vegetation for the years 1976, 1993, 2002, 2007, and 2011, with a scale of analysis of 1:250,000 from the National Institute of Statistics and Geography of Mexico. The cartography data was corrected, standardized, and affected areas by deforestation were quantified and mapped. Different techniques of Geographic Information Systems were developed to demonstrate that process of land use and land cover changes have occurred in 17.43% of the region's surface. Agriculture and the increase of pasture could be identified as the main human-induced activities that have led to the modification of the forest covers. The forest and rain forest were affected by deforestation and the rate of change was higher than the national average, mainly in the period 1976-2002. Further important alterations include a change from natural land cover to non-original land cover affecting an area of 4,874.28 km<sup>2</sup> between 1976 and 1993, and 2,474.93 km<sup>2</sup> in the period 1993-2002. Smaller changes could be detected for the periods 2002-2007 and 2007-2011. Mapping for the years of analysis made it possible to identify the land use and land cover changes in the Huasteca region. The techniques used are tools that can be employed to assess the negative impact on the vegetation, and to propose alternatives for the management and sustainable use of natural resources.

**Keywords:** Land Use Change; Deforestation; GIS; Temporal Analysis; Huasteca

## **1. Introducción**

En el siglo XX la actividad humana cambió sustancialmente el paisaje biofísico terrestre, hechos que se atribuye a que la población humana se apodera entre el 20 y el 40% de la productividad primaria neta terrestre del planeta (Ramankutty et al., 2006). Al mismo tiempo, los patrones de consumo a partir del desarrollo de actividades económicas, han influido en la transformación directa de los ecosistemas (Vitouseck et al., 1986; Bassols, 1993; Oliva et al., 2010).

Esto ha generado patrones espaciales diferenciados de los actuales usos del suelo, que en términos generales, se reflejan en la reducción de las áreas con vegetación natural como de los bosques templados y tropicales (López-Blanco, 2005).

Esta presión por convertir por lo general bosques y selvas en tierras para la ganadería y agricultura ha causado tasas anuales de deforestación de hasta 2% para las selvas tropicales en el mundo (Dirzo, & García, 1995; Castillo-Santiago et al., 2007; Pacheco et al., 2009).

Para el caso de la República Mexicana, el 52% de los 1,945,748 km<sup>2</sup> de superficie de contenía bosques, selvas y extensos matorrales con vegetación arbustiva hasta tres metros de altura (Ricker, 2010).

Sin embargo, el Inventario Forestal Nacional del año 2000 registró una pérdida de 36% sólo en cuanto a ecosistemas de bosques y selvas (Ricker, 2010). Según Velázquez et al., (2002), las tasas de deforestación reportadas para México varía entre -0.25 y -1.02% durante el periodo 1976-2000, lo que indica una pérdida de 0.25 y 1.02% de superficie forestal anualmente.

En específico, la Región Huasteca de México, históricamente ha sido conocida por la producción de muchos recursos naturales, sin embargo, la cubierta forestal ha sido modificada de diferentes maneras como resultado de las actividades humanas. En la región confluyen factores biofísicos del paisaje como el clima y la vegetación, y factores antrópicos como la agricultura, ganadería que influye de manera importante para la transformación de los ecosistemas (Algara, 2009). Las alteraciones más importante pueden ser observadas para selvas y bosques (Quinteros, 2012). Asimismo, la modernización de las actividades productivas han acelerado y profundizado estos cambios, es decir, la industrialización ha provocado el incremento de la agricultura, la ganadería, demanda de madera y sus derivados (Aguilar-Robledo, 2001).

Pese a la pérdida de la cobertura forestal en el pasado, existe escasa información cuantificada sobre tasas de deforestación y otros cambios de cobertura y uso de suelo (CCUS) que han ocurrido en esta importante región (Reyes et al., 2006). La Huasteca está ubicada entre las regiones neártica y neotropical, las cuales son ricas en biodiversidad (Mittermeier & Goettsch, 1992). Por esta razón, es muy importante conservar los remanentes de vegetación con el objetivo de conservar a la biodiversidad y asegurar los medios de vida de las personas así como los beneficios y servicios que provee esta región.

La evaluación oportuna y precisa de los patrones de cambios de cobertura y uso de suelo (“deforestación) permite entender cómo operan los procesos de regeneración, sucesión o degradación de los ecosistemas boscosos (Márquez-Linares et al., 2005). Asimismo, este análisis contribuye en la planificación y el diseño de estrategias de gestión, conservación y restauración forestal de una determinada zona afectada por actividades humanas inducidas.

Por esta razón, el presente trabajo tuvo como *objetivo principal* evaluar las tasas de deforestación en la Región Huasteca, para cuantificar y cartografiar las principales áreas afectadas y generar información sobre los recursos forestales y la toma de decisiones para su manejo en cuanto a conservación y restauración de la cobertura forestal.

## **2. Área de estudio**

Para el presente capítulo, la Huasteca es una región que se encuentra compartida por diversas entidades político-administrativas, cada una de ellas se denomina según el Estado de la república a la que pertenece. Así se tiene a la Huasteca Hidalguense, Potosina, Tamaulipeca, Veracruzana, Poblana y Queretana (Figura 1). Está región se encuentra ubicada entre los 22° 16' 00" de Latitud Norte y 98° 30' 00" de Longitud Oeste; cuenta con aproximadamente 65,675.85 km<sup>2</sup> y tiene una población de más de tres millones de habitantes (CONABIO, 2012).

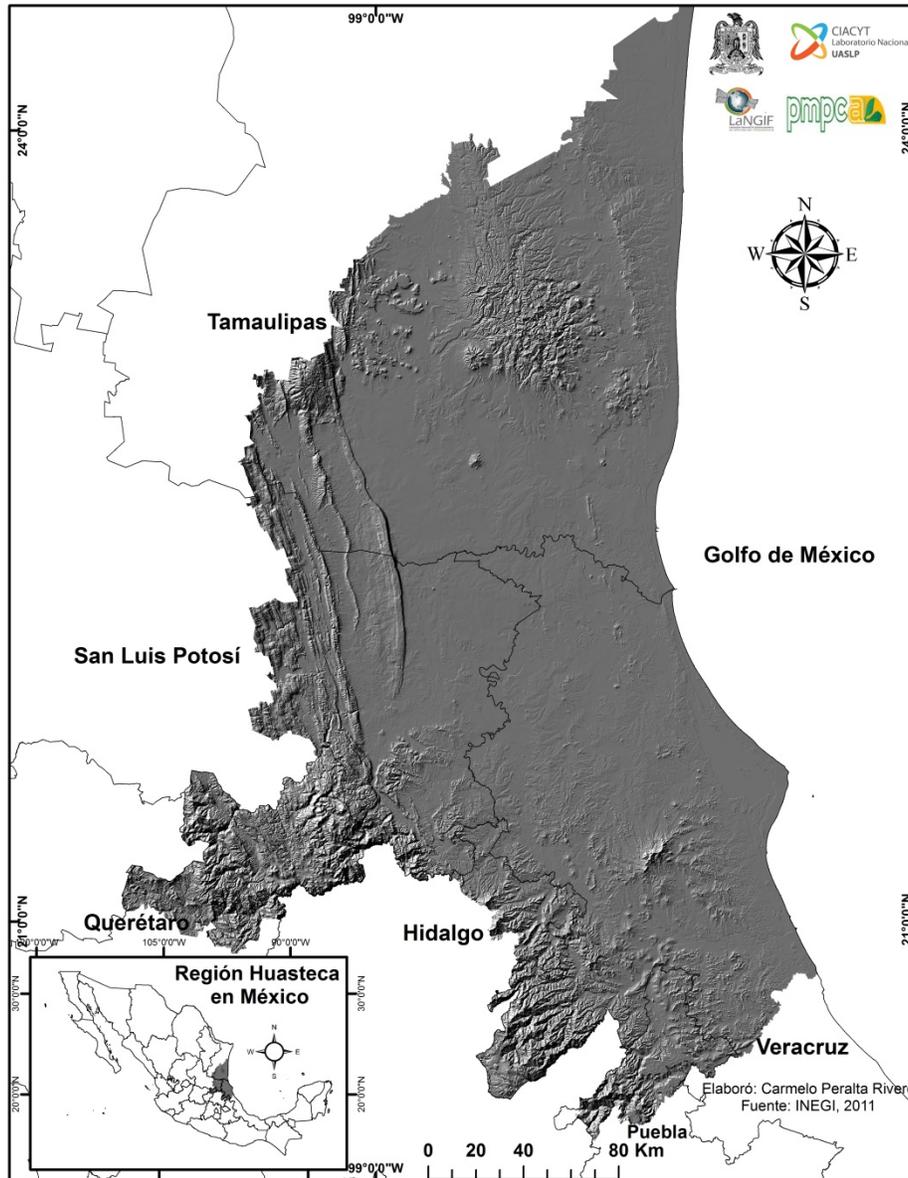


Figura 1. Ubicación del área de estudio: Región Huasteca de México.

### 3. Material

En el análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo se siguió los siguientes pasos:

#### 3.1 Preparación de la base de datos

El enfoque metodológico se basa en el uso de Sistemas de Información Geográfica, el cual permitió analizar los cambios de cobertura y usos de suelo con un razonable grado de efectividad (Klemas, 2001; Velázquez et al. 2002; Berberoglu & Akin, 2009, Weckmüller et al., 2013; Peralta-Rivero et al., 2013). Este método permitió coleccionar, estructurar y

analizar información espacial relevante para el manejo de ambientes tropicales como el de la Región Huasteca (Green et al., 1996; Klemas, 2001).

Con el propósito de analizar los procesos de cambios de cobertura y uso de suelo y deforestación, muchos proyectos de investigación que tratan con grandes áreas, han utilizado cartografía de fuentes oficiales (Velázquez et al., 2002; Rosete-Vergés et al., 2009; Miranda-Aragón et al., 2013). En el caso de la Región Huasteca, fue utilizada la base de datos de uso de suelo y vegetación correspondientes a la serie I (t<sub>1</sub>) (1976), serie II (t<sub>2</sub>) (1993), serie III (t<sub>3</sub>) (2002), serie IV (t<sub>4</sub>) (2007) y serie V (t<sub>5</sub>) (2011) a escala 1:250,000. La información nos fue proporcionada por el directorio general de investigación del Instituto Nacional de Ecología y el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), quienes generaron y realizaron un proceso de validación de la información (INEGI, 2000, 2003, 2004, 2005, 2011, 2013; Velázquez et al., 2002; Niño and Victoria, 2013; Rosete et al., 2014) (Tabla 1).

*Tabla 1. Comparación de métodos e insumos utilizados para el mapeo de usos de suelo y cambios de cobertura y uso de suelo en la Región Huasteca, escala 1: 250,000.*

| <b>Evento</b>                      | <b>Fuente de datos espaciales</b>                             | <b>Resolución especial</b>         | <b>Metodología</b>  | <b>Fecha de datos de campo</b> |
|------------------------------------|---|------------------------------------|---|--------------------------------|
| Serie I (t <sub>1</sub><br>1976)   | Fotografía aérea (años 1986-1986), escala 1:50,000 y 1:80,000 | Grano de emulsión, escala de vuelo | Tecnología analógica. Equipos óptico – mecánicos. Transferido a formato digital por digitalización manual y de barrido. | (1968) 1971-1986               |
| Serie II (t <sub>2</sub><br>1993)  | Landsat TM 5, año 1993  | 30 m/pixel                         | Tecnología analógica. Equipos óptico – mecánicos. Transferido a formato digital por digitalización manual y de barrido. | 1993-1998                      |
| Serie III (t <sub>3</sub><br>2002) | Landsat ETM, año 2002   | 27.5 y 30 m/pixel                  | Tecnología digital: plataforma PC y software SIG.   | 2002-2004                      |
| Serie IV (t <sub>4</sub><br>2007)  | SPOT, años 2007 y 2008  | 10 m/pixel                         | Tecnología digital: plataforma PC y software SIG.   | 2007-2008                      |
| Serie V (t <sub>5</sub><br>2011)   | Landsat TM y ETM  | 30 m/pixel                         | Tecnología digital: plataforma PC y software SIG.   | 2011-2014                      |

Fuente: Velázquez et al. (2002); INEGI (2003; 2004; 2005; 2011; 2013); Niño and Victoria (2013); Rosete et al. (2014).

Para obtener la base de datos de la región de estudio, las cartas de uso de suelo y vegetación fueron unidas y proyectadas al sistema de coordenadas UTM WGS-84. Esto permitió una mejor sobreposición de los polígonos, y por último, se realizó un corte del área a analizar.

Posteriormente, se realizó una estandarización (Apéndice 1) de las clases de cobertura y uso de suelo para todas las categorías, y se establecieron las siguientes: agricultura, agua, área urbana, bosque, matorral, otros tipos de vegetación, pasto, selva, sin vegetación y vegetación secundaria (Figura 2).

Asimismo, con el fin de realizar un análisis del efecto de las actividades antrópicas sobre las coberturas y usos de suelo de la región, las diferentes clases estandarizadas fueron reclasificadas como coberturas naturales, coberturas no originales, agua y área urbana (Weckmüller et al., 2011; Peralta et al., 2013) (Figura 2) (Apéndice 1). La estandarización de clases consistió en etiquetar polígonos digitalizados previamente clasificados en diferentes clases madres (p. ej. bosque, pastizal, agricultura) de modos que pudieran ser comparados entre las diferentes series expuestas en la tabla uno. Esto se lo realizó porque las diferentes cartografías (serie I to serie V) fueron desarrolladas bajo varios metodologías y sistemas de clasificación de uso y cobertura de suelo.

Asimismo, las diferentes clases estandarizadas fueron reclasificadas como coberturas naturales, coberturas no originales, agua y área urbana, con el objeto de analizar el efecto de las actividades inducidas acerca de los cambios de cobertura y usos de suelo en la región. (Figure 2) (Apéndice 1).

### **3.2 Análisis de los procesos de cambios de cobertura y uso de suelo**

Para obtener las estadísticas y cartografía de los cambios de cobertura y usos de suelo, se realizó una sobreposición de las fuentes cartográficas estandarizadas y reclasificadas de las series  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  y  $t_5$ . Esta parte del análisis permitió generar una cartografía que expresa la magnitud y distribución espacial de la dinámica de cambios de cobertura y usos de suelo en la Región Huasteca.

Para describir la dinámica de los cambios de las coberturas forestales, fue desarrollado un modelo de los procesos de deforestación, y a partir del mismo se calcularon las tasas de cambios de acuerdo a la ecuación utilizada por la FAO (1996) (ecuación 1). Esta tasa expresa el cambio en porcentaje de la superficie al inicio de cada año. Asimismo, para todas las demás clases estandarizadas se utilizó el mismo procedimiento, de tal manera que los resultados describen las transiciones de todas las coberturas y usos de suelo.

$$\delta_n = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^{1/n} - 1 \quad (1)$$

Donde  $\delta$  es la tasa de cambio (para expresar en porcentaje hay que multiplicar por 100);  $S_1$  es la superficie en la fecha 1;  $S_2$  es la superficie en la fecha 2; y  $n$  es el número de años entre las dos fechas.

Esta tasa expresa cambios en términos de porcentaje de la cobertura forestal al principio de cada año. El mismo procedimiento fue utilizado para cada una de las coberturas o clases estandarizadas, de tal manera que los resultados reflejan todas las transiciones respecto a la cobertura y uso de suelo.

Asimismo, se distinguieron aquellas coberturas que sufrieron transiciones sistemáticas significativas de aquéllas que lo hicieron de forma aleatoria. Se identificó las señales dominantes de cambios de uso y los indicios de cambios, así como las ganancias y pérdidas brutas, con el fin de obtener los cambios totales que sufrieron las categorías (Pontius et al., 2004). Para ello, se construyó una matriz de tabulación cruzada o matriz de cambios que resulta de cruzar los mapas de las fechas en cuestión (tiempo uno y tiempo 2). En dicha matriz las filas representan las categorías del mapa en el tiempo 1 ( $T1$ ) y las columnas las categorías del mapa en el tiempo 2 ( $T2$ ). Asimismo, agregamos una columna más para representar la tasa de deforestación o CCUS para las diferentes clases (Tabla 2).

Tabla 2. Matriz de tabulación cruzada para dos mapas de diferentes fechas.

| Tiempo 1 | Tiempo 2                          |                   |                   |       |                   | 6               | 7                                | 8                     |
|----------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------|
|          | 1                                 | 2                 | 3                 | 4     | 5                 |                 |                                  |                       |
| 1        |                                   | <i>Clase 1</i>    | <i>Clase 2</i>    | ..... | <i>Clase n</i>    | <i>Total T1</i> | <i>Pérdidas (L<sub>ij</sub>)</i> | <i>Tasa de cambio</i> |
| 2        | <i>Clase 1</i>                    | $P_{11}$          | $P_{12}$          | ..... | $P_{1n}$          | $P_{1+}$        | $P_{1+} - P_{11}$                | %                     |
| 3        | <i>Clase 2</i>                    | $P_{21}$          | $P_{22}$          | ..... | $P_{2n}$          | $P_{2+}$        | $P_{2+} - P_{22}$                | %                     |
| 4        | .....                             | .....             | .....             | ..... | .....             | .....           | .....                            | %                     |
| 5        | <i>Clase n</i>                    | $P_{n1}$          | $P_{n2}$          | ..... | $P_{nn}$          | $P_{n+}$        | $P_{n+} - P_{nn}$                | %                     |
| 6        | <i>Total T2</i>                   | $P_{+1}$          | $P_{+2}$          | ..... | $P_{+n}$          | $P$             |                                  |                       |
| 7        | <i>Ganancias (G<sub>ij</sub>)</i> | $P_{+1} - P_{11}$ | $P_{+2} - P_{22}$ | ..... | $P_{+n} - P_{nn}$ |                 |                                  |                       |

Fuente: basado en Pontius et al. (2004) y FAO (1996).

Finalmente, para estimar las áreas que fueron sujetas a regeneración natural de la vegetación (1976-2011), las coberturas que alcanzaron el estrato de cobertura forestal primaria fue cuantificada y mapeada como regeneración natural (Tabla 3).

Tabla 3. Ejemplos de la dinámica de los cambios de cobertura y uso de suelo, y la identificación de la regeneración natural.

| <b>Series I<br/>(1976)</b> | <b>Series II<br/>(1993)</b> | <b>Series III<br/>(2002)</b> | <b>Series IV<br/>(2007)</b> | <b>Series V<br/>(2011)</b> | <b>Process</b>                     | <b>Cambios de coberturas<br/>y usos de suelo</b>                        |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|---|
| Vegetación secundaria      | Vegetación secundaria       | Vegetación secundaria        | Bosque                      | Bosque                     | Regeneración natural               | Coberturas no originales que cambiaron a coberturas naturales 2002-2007 |
| Pastizal                   | Vegetación secundaria       | Vegetación secundaria        | Vegetación secundaria       | Selva                      | Regeneración natural               | Coberturas no originales que cambiaron a coberturas naturales 2007-2011 |
| Bosque                     | Bosque                      | Bosque                       | Agriculture                 | Pastizal                   | Deforestado                        | Coberturas naturales que cambiaron a coberturas no originales 2002-2007 |
| Selva                      | Agricultura                 | Pastizal                     | Pastizal                    | Área urbana                | Deforestado                        | Coberturas naturales que cambiaron a coberturas no originales 1976-1993 |
| Vegetación secundaria      | Vegetación secundaria       | Pastizal                     | Pastizal                    | Agricultura                | Bajo actividades humanas inducidas | Coberturas no originales mantenidas entre 1976-2011                     |

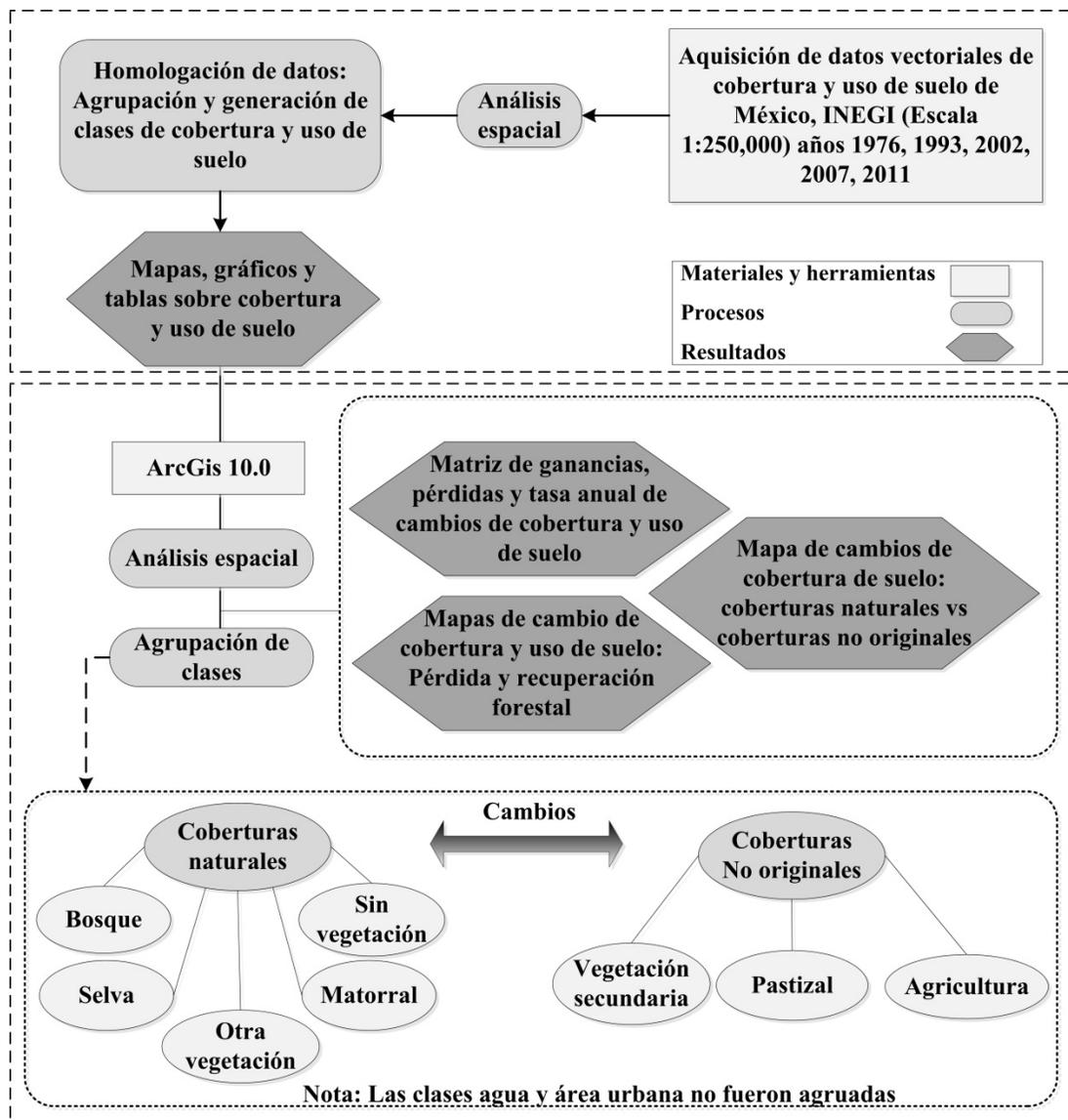


Figura 2. Flujograma de las etapas desarrolladas en el análisis de cambios de cobertura y uso de suelo.

## 4. Resultados

### 4.1 Cobertura y uso de suelo

A partir del análisis de la información obtenida, podemos entender la dinámica de la cobertura y uso del suelo en un lapso de tiempo de 35 años para la Región Huasteca (Apéndice 2) (Figura 3 y Figura 4).

El apéndice 2 indica que las mayores áreas mapeadas y cuantificadas fueron la agricultura y los pastizales que en conjunto abarcan alrededor del 60% de la superficie de la Región Huasteca hasta el 2011, siendo la agricultura la que ha aumentado alrededor en un 50% en el lapso de 35 años (1976-2011). En el caso de los pastizales, los datos demuestran que

hasta el año 1993 tenían la mayor superficie en la Huasteca, sin embargo, en el periodo 1993-2011 ha habido una reducción considerable de su cobertura (Figure 3).

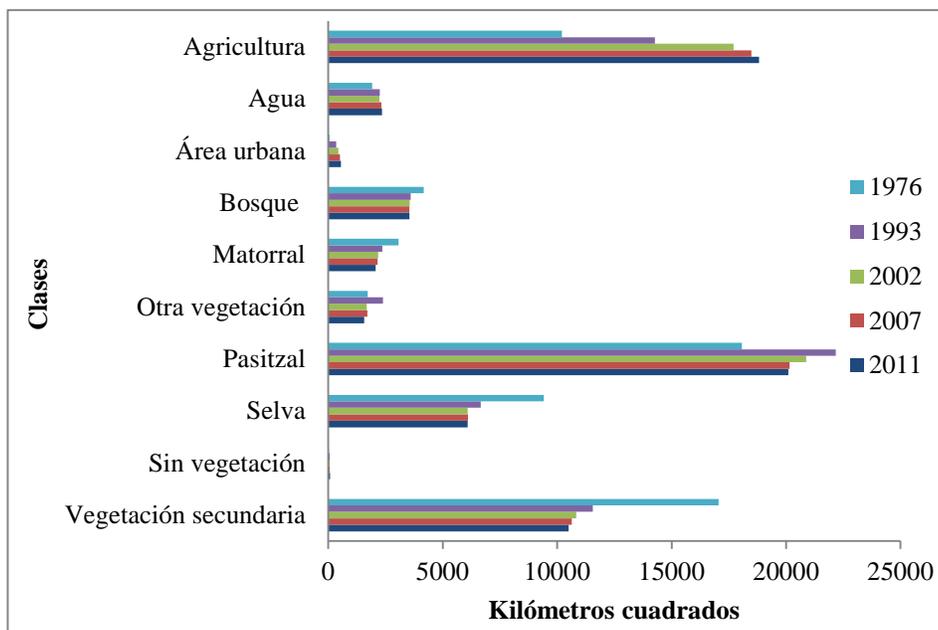


Figura 3. Cuantificación de las áreas de acuerdo a la clase y año de clasificación (1976, 1993, 2002, 2007, 2011).

# Cobertura y Uso de Suelo en la Región Huasteca

## Legenda

- |   |   |
|---|---|
|  Agricultura |  Otra vegetación       |
|  Agua        |  Pastizal              |
|  Área urbana |  Selva                 |
|  Bosque      |  Sin vegetación        |
|  Matorral    |  Vegetación secundaria |

Información cartográfica:  
 -Coordenadas geográficas  
 -Datum WGS-84

Escala de análisis: 1:250,000

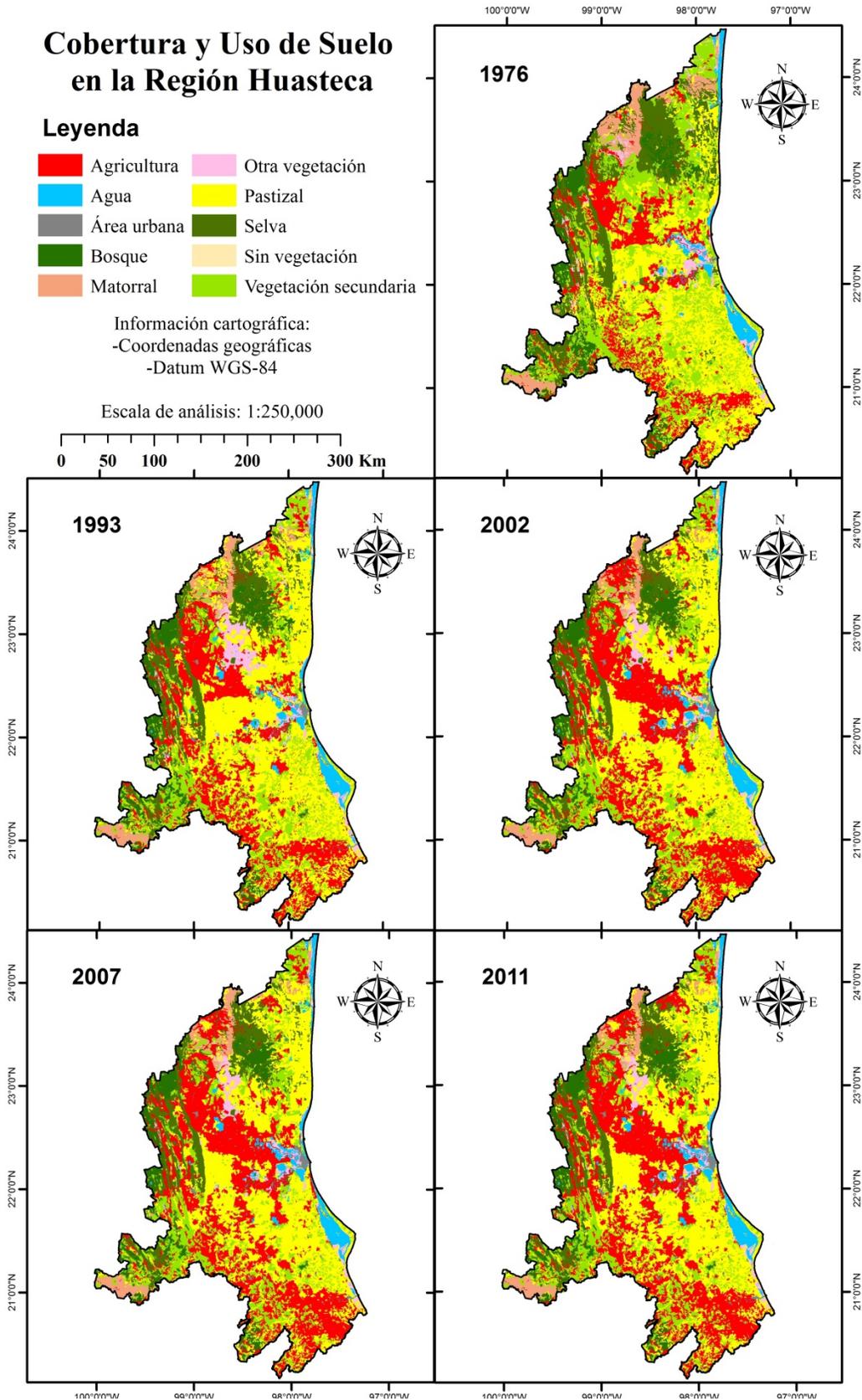
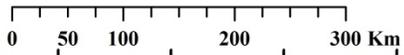


Figura 4. Cobertura y uso de suelo en la Región Huasteca (1976-2011).

## 4.2 Cambios de cobertura y uso del suelo

De acuerdo con los cálculos desarrollados, las estadísticas más confiables en el análisis de cambios de cobertura y usos de suelo para los años de análisis, corresponden a las coberturas vegetales, en tanto las menos confiables aparentan ser la clase agua y área urbana, las mismas que aparentan pequeñas imprecisiones en las transiciones entre los datos de los diferentes años. No obstante, el cruce entre  $t_1-t_2$ ,  $t_2-t_3$ ,  $t_3-t_4$  y  $t_4-t_5$ , aportaron evidencias de cambios razonables de CCUS tomando en cuenta la dinámica propia de los ecosistemas evaluados.

Los principales cambios ocurridos entre  $t_1-t_2$  fueron en incremento de la agricultura (1.99%) así como una tasa alta de deforestación para bosques (-0.86%) y selvas (-2.01%). Aquí se debe notar la alta tasa de pérdida de vegetación y un incremento considerable de las actividades humanas inducidas. Asimismo, el área urbana se incrementó en un 11.82% para este periodo, y las áreas sin vegetación, aunque su tasa de crecimiento fue de 6.33%, su ganancia en este periodo fue de tan sólo 56.03 km<sup>2</sup> (Figura 5 y Figura 6) (Apéndice 3).

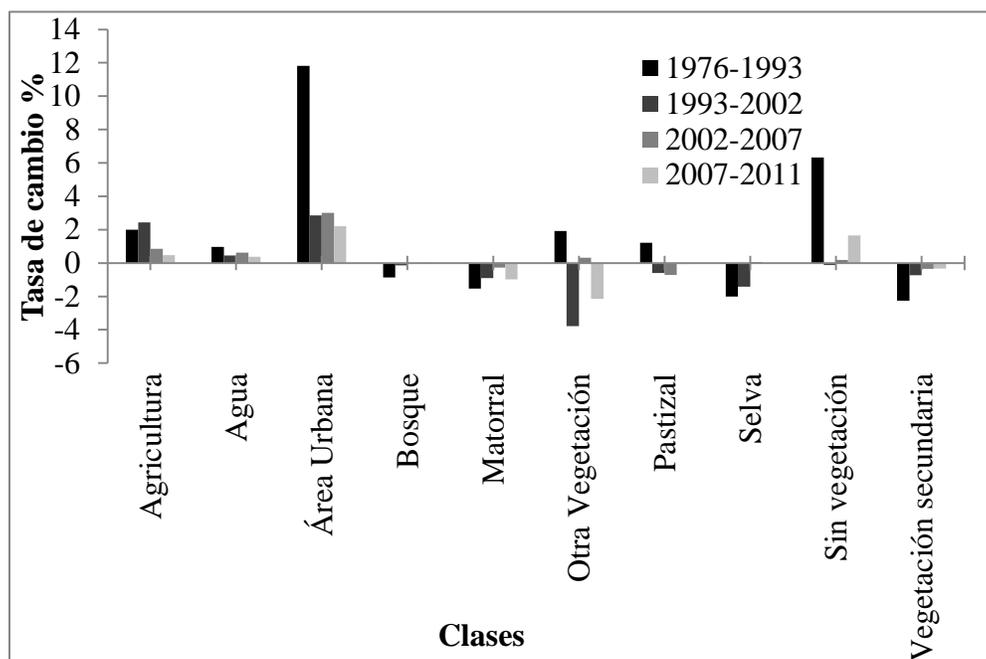


Figura 5. Tasa anual de cambio de cobertura y uso de suelo en la Región Huasteca en diferentes periodos de análisis.

Para el periodo 1993-2002 ( $t_2-t_3$ ), la superficie de las diferentes clases de cobertura y uso de suelo sufrieron pérdidas, excepto la agricultura, agua y área urbana. La mayor tasa de

pérdida forestal fueron para otros tipos de vegetación (-3.78%) y selva (-1.41%) (Figura 5 y Figura 6) (Apéndice 4).

Entre 2002 y 2007 ( $t_3-t_4$ ), tanto la tasa de pérdidas y ganancias de coberturas y usos de suelo, fue mucho menor a los anteriores periodos analizados. Se puede observar que las clases selva y otra vegetación tuvieron una ganancia de 249.55 km<sup>2</sup> y 236.55 km<sup>2</sup> respectivamente. Asimismo, el área urbana tuvo una tasa anual de incremento de 3.01%, y la agricultura con un 0.86% (Figura 5 y Figura 6) (Apéndice 5).

Finalmente, entre 2007 y 2011 ( $t_4-t_5$ ) la clase que sufrió cambios fue otra vegetación con una tasa de pérdida de -2.13%. En el caso de la clase selva, hubo una tasa de deforestación de -0.05% y para la clase bosque, una tasa positiva de 0.02% (Figura 5 y Figura 6) (Apéndice 6).

Hay que destacar que en los dos últimos periodos de análisis ( $t_3-t_4$  y  $t_4-t_5$ ) la tasa de deforestación para las principales clases de cobertura forestal “bosques y selvas” fue reduciéndose. No obstante, la pérdida de la cobertura forestal entre 1976 y 2011 fue de 1,324.9 km<sup>2</sup> para bosques y 4,545.71 km<sup>2</sup> para selvas y ocurrió principalmente en Tamulipas, San Luis Potosí y Querétaro (Figura 7). Por otro lado, la regeneración natural de la coberturas no originales hacia coberturas forestales alcanzaron los 731.11 km<sup>2</sup> de bosque y 1,252.72 km<sup>2</sup> para selvas (Apéndice 3, 4, 5 y 6).

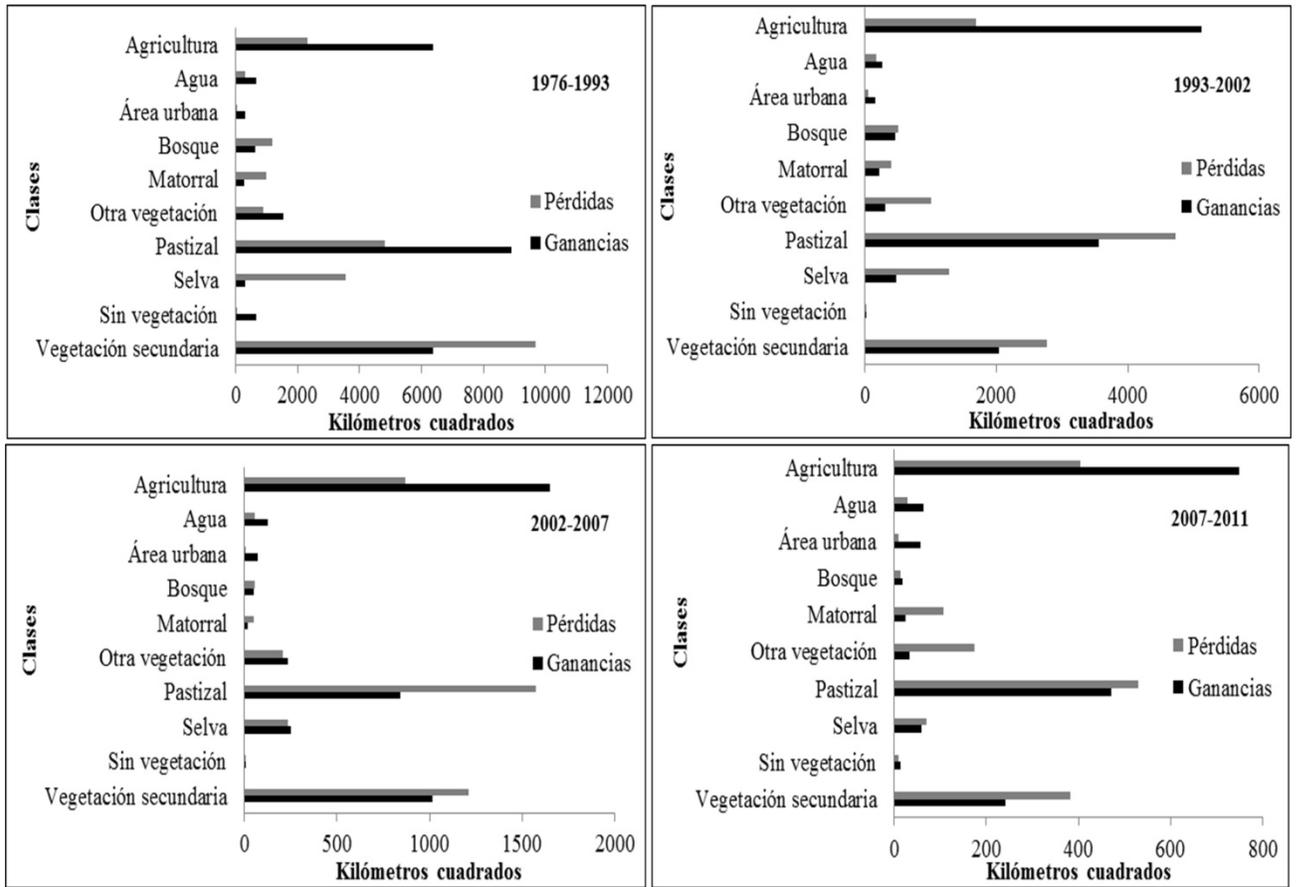


Figura 6. Pérdidas y ganancias de coberturas y usos de suelo en la región Huasteca en diferentes periodos de análisis.

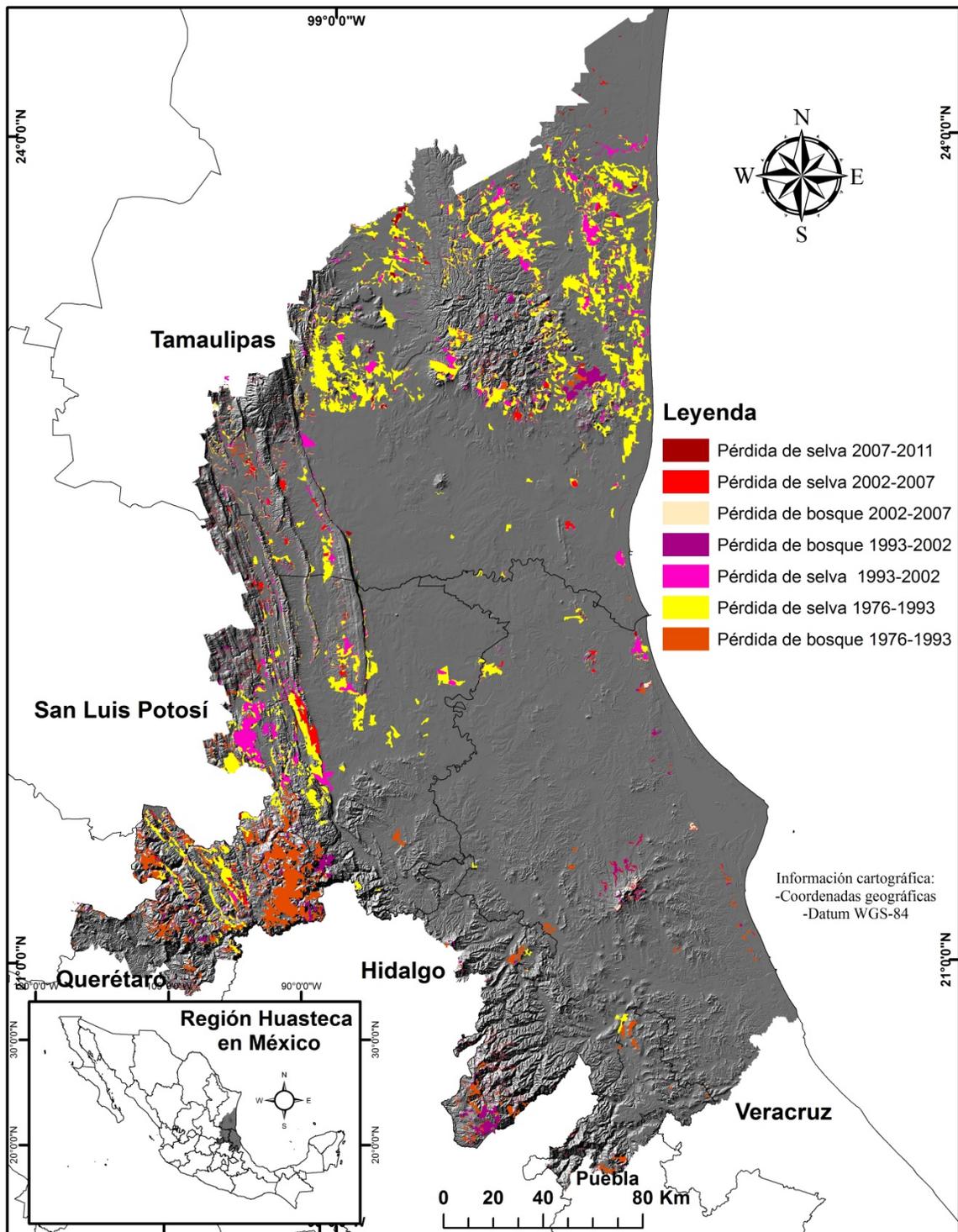


Figura 7. Cobertura forestal deforestada en la región Huasteca en el periodo 1976-2011.

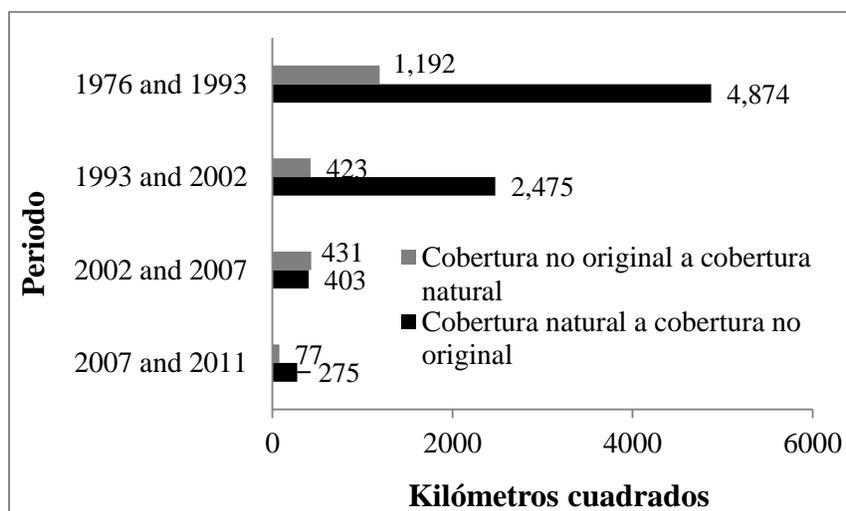
#### 4.3 Cambios generales de cobertura y uso del suelo

Al cruzar los datos (1976, 1993, 2002, 2007 y 2011) se puede observar que la presión de las actividades antrópicas sobre las coberturas naturales (bosque, selva, otra vegetación, matorral y sin vegetación), han aumentado exponencialmente lo cual se traduce en un aumento de las coberturas no originales como la vegetación secundaria, pasto y agricultura. No obstante, en la Región Huasteca aún se han conservado hasta el año 2011 alrededor de 11,022.63 km<sup>2</sup> de coberturas naturales originales lo cual representa 16.78% de la superficie de la región (Tabla 4). Al mismo tiempo, los cambios totales en cobertura y usos de suelo alcanzaron el 17.43% o 11,446.75 km<sup>2</sup> como se demuestran en detalle en la (Tabla 4).

*Tabla 4. Evolución del estado y cambios de las coberturas de suelo agrupadas y mantenidas en la Región Huasteca, periodo 1976-2011.*

| <b>Estado de las coberturas de suelo</b>              | <b>km<sup>2</sup></b> | <b>%</b>      |
|---|-----------------------|---------------|
| Coberturas naturales mantenidas entre 1976 y 2011     | 11,022.63             | 16.78         |
| Coberturas no originales mantenidas entre 1976 y 2011 | 41,143.28             | 62.65         |
| Área urbana mantenida entre 1976 y 2011               | 46.94                 | 0.07          |
| Aguas mantenidas entre 1976 y 2011                    | 1,472.40              | 2.24          |
| Cambios en las coberturas entre 1976 y 2011           | 11,446.75             | 17.43         |
| Error   | 543.84                | 0.83          |
|   | <b>65,675.85</b>      | <b>100.00</b> |

Los principales cambios ocurridos con respecto a las coberturas naturales, las cuales pasaron a coberturas no originales, se realizaron entre 1976 y 1993 alcanzando un área de 4,874.28 km<sup>2</sup>. De la misma forma, entre 1993 y 2002, fueron 2,474.93 km<sup>2</sup> los que sufrieron dichas alteraciones, y finalmente, 677.63 km<sup>2</sup> en el periodo 2002-2011. A pesar de la pérdida de cobertura natural, 2,122.81 km<sup>2</sup> de cobertura no original paso a cobertura natural entre 1976 y 2011 (regeneración natural) (Tabla 5) (Figura 8 y Figura 9).



*Figura 8. Cambios de coberturas no originales y coberturas naturales en la Región Huasteca entre 1976 y 2011.*

Los cambios de coberturas naturales hacia coberturas no originales representan el 12.22% de la superficie del área de estudio, y los cambios de coberturas no originales a coberturas naturales alcanzaron el 3.23%. Otros cambios ocurridos en pequeñas proporciones estuvieron relacionados con el incremento y decrecimiento de cuerpos de agua y área urbana en los diferentes periodos de análisis, y en suma representan el 1.98% (Tabla 5).

Finalmente, los datos analizados sobre cobertura y uso de suelo de los diferentes años muestran un pequeño grado de imprecisión con respecto a las transiciones o evolución de los cambios, fenómeno que también ha ocurrido en otros estudios de esta temática. En este caso, el error encontrado fue de 543.84 km<sup>2</sup> o 0.83% para toda la superficie de la Región Huasteca, y se refiere principalmente a las inconsistencias que presentan las cartas originales de cobertura y uso de suelo con respecto a su clasificación tomando en cuenta la dinámica individual de los diferentes ecosistemas de las coberturas y usos de suelo, así como el problema de sobreposición entre las diferentes cartas mencionadas.

*Tabla 5. Cambios de cobertura de suelo de las clases reclasificadas para la Región Huasteca, años 1976, 1993, 2002, 2007 y 2011.*

| <b>Cambios en las coberturas</b>  | <b>km<sup>2</sup></b> | <b>%</b> |
|---|-----------------------|----------|
| Aguas mantenidas entre 1976 y 2011*   | 1,472.40              | 2.24     |
| Aguas que cambiaron a Coberturas No Originales entre 1976 y 1993                | 76.24                 | 0.12     |
| Aguas que cambiaron a Coberturas No Originales entre 1993 y 2002                | 39.27                 | 0.06     |
| Aguas que cambiaron a Coberturas Naturales entre 1976 y 1993                    | 90.63                 | 0.14     |
| Aguas que cambiaron a Coberturas Naturales entre 1993 y 2002                    | 40.06                 | 0.06     |
| Aguas que cambiaron a Coberturas Naturales entre 2007 y 2011                    | 6.46                  | 0.01     |
| Coberturas Naturales que cambiaron a Coberturas No Originales entre 1976 y 1993 | 4,874.28              | 7.42     |
| Coberturas Naturales que cambiaron a Coberturas No Originales entre 1993 y 2002 | 2,474.93              | 3.77     |
| Coberturas Naturales que cambiaron a Coberturas No Originales entre 2002 y 2007 | 402.91                | 0.61     |
| Coberturas Naturales que cambiaron a Coberturas No Originales entre 2007 y 2011 | 274.92                | 0.42     |
| Coberturas Naturales que cambiaron a Agua entre 1976 y 1993                     | 208.18                | 0.32     |
| Coberturas Naturales que cambiaron a Agua entre 2002 y 2007                     | 59.69                 | 0.09     |
| Coberturas Naturales que cambiaron a Agua entre 2007 y 2011                     | 46.94                 | 0.07     |
| Área Urbana mantenida entre 1976 y 2011*  | 26.32                 | 0.04     |
| Coberturas Naturales que cambiaron a Área Urbana entre 1976 y 1993              | 14.4                  | 0.02     |
| Coberturas Naturales que cambiaron a Área Urbana entre 1993 y 2002              | 18.41                 | 0.03     |
| Coberturas Naturales que cambiaron a Área Urbana entre 2002 y 2007              | 2.2                   | 0.00     |
| Coberturas Naturales que cambiaron a Área Urbana entre 2007 y 2011              | 1.5                   | 0.00     |
| Coberturas No Originales que cambiaron a Agua entre 1976 y 1993                 | 234.14                | 0.36     |

|   |                  |               |
|---|------------------|---------------|
| Coberturas No Originales que cambiaron a Agua entre 1993 y 2002                 | 106.01           | 0.16          |
| Coberturas No Originales que cambiaron a Agua entre 2002 y 2007                 | 41.56            | 0.06          |
| Coberturas No Originales que cambiaron a Agua entre 2007 y 2011                 | 4.53             | 0.01          |
| Coberturas No Originales que cambiaron a Coberturas Naturales entre 1976 y 1993 | 1,191.84         | 1.81          |
| Coberturas No Originales que cambiaron a Coberturas Naturales entre 1993 y 2002 | 423.15           | 0.64          |
| Coberturas No Originales que cambiaron a Coberturas Naturales entre 2002 y 2007 | 430.94           | 0.66          |
| Coberturas No Originales que cambiaron a Coberturas Naturales entre 2007 y 2011 | 76.88            | 0.12          |
| Coberturas No Originales que cambiaron a Área Urbana entre 1976 y 1993          | 210.42           | 0.32          |
| Coberturas No Originales que cambiaron a Área Urbana entre 1993 y 2002          | 6.2              | 0.01          |
| Coberturas No Originales que cambiaron a Área Urbana entre 2002 y 2007          | 62.93            | 0.10          |
| Coberturas No Originales que cambiaron a Área Urbana entre 2007 y 2011          | 47.76            | 0.07          |
| Coberturas No Originales mantenidas entre 1976 y 2011*                          | 41,143.28        | 62.65         |
| Coberturas Naturales mantenidas entre 1976 y 2011*                              | 11,022.63        | 16.78         |
| Error   | 543.84           | 0.83          |
|   | <b>65,675.85</b> | <b>100.00</b> |

\* Coberturas de suelo agrupadas que no cambiaron su cobertura y uso de suelo entre 1976 hasta el año 2011.

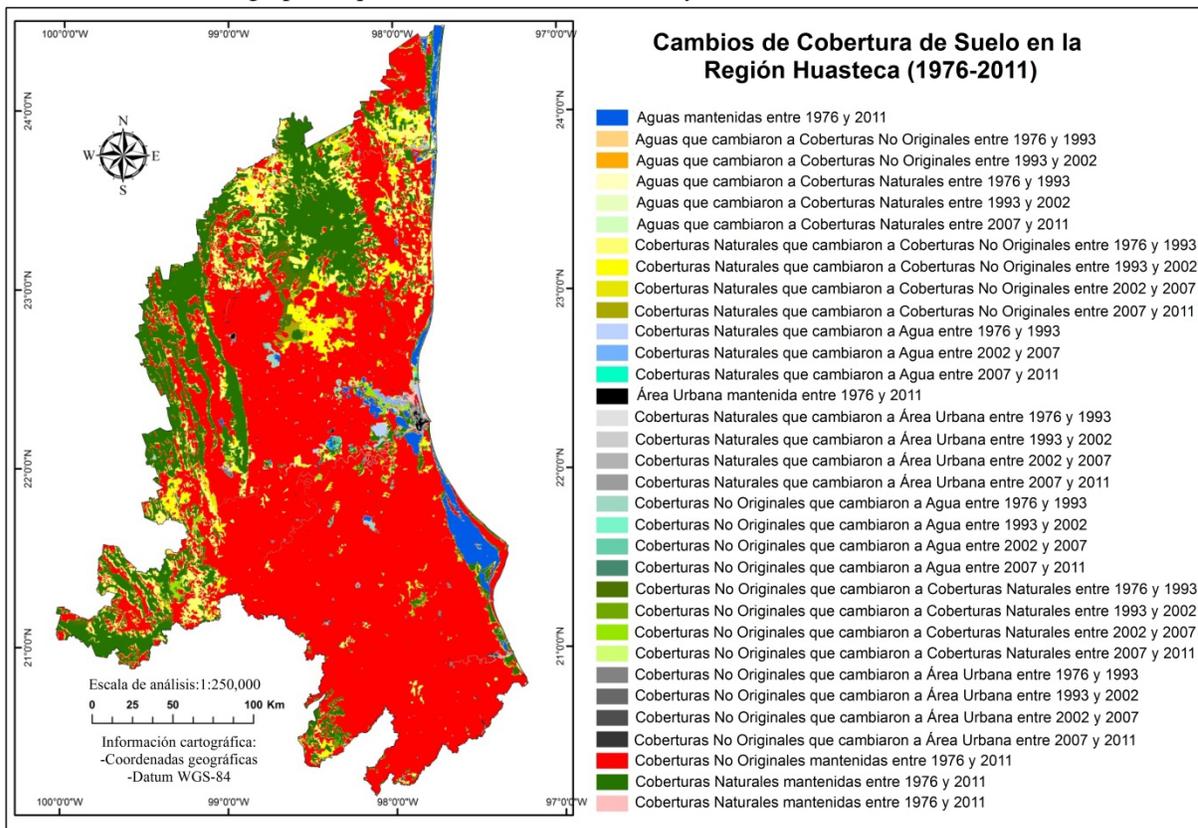


Figura 9. Dinámica de los cambios de las coberturas de suelo de las clases agrupadas para la Región Huasteca, periodo 1976-2011.

## 5. Discusión

La Huasteca era una región cuya superficie estaba cubierta por coberturas naturales con un bajo impacto y grado de transformación de sus ecosistemas (Instituto de geografía, 1992a, 1992b). Pero con el tiempo, la modernización agrícola, su industrialización y la demanda de productos forestales maderables y sus derivados, han tenido participación importante en el aumento considerable de los tipos de coberturas de suelo que se desarrollan bajo actividades inducidas por el ser humano (Robledo-Aguilar, 2001).

Los datos obtenidos demuestran que para los años estudiados, la cobertura forestal en particular (selva, bosque y matorrales), redujeron su superficie tal como se afirmó en los estudios de Reyes et al. (2006) y Quinteros (2012) desarrollados en parte de la región Huasteca.

La tasa de deforestación más alta para la Huasteca fue -2.01% para el periodo 1976-1993, y se debe resaltar que esta es más elevada que la tasa de deforestación registrada para México, (-0.25% y -1.02%) entre 1976 y 2000 de acuerdo con Velázquez et al. (2002), y (-0.76%) según Mas et al. (2009). Sólo en el Estado de Veracruz la tasa de deforestación fue mayor entre 1993 y 2002 (-2.2%) en relación a la Huasteca, mientras que los demás Estados de la República Mexicana presentan una tasa de cambio más baja de sus coberturas forestales según lo estimado por Céspedes-Flores & Moreno-Sánchez (2010). Igualmente, de acuerdo con Rosete-Vergés et al. (2014), la tasa de deforestación para selvas y bosques en México ha sido entre -0.08% y -0.41% respectivamente entre 1976 y 2007, y es más baja que nuestra estimación para la Huasteca en los primeros dos periodos de análisis (1976-1993 y 1993-2002). En los dos últimos periodos de análisis, se encontró que la cobertura forestal redujo su tasa de deforestación, tendencia que fue calculada para toda la República Mexicana por Mas et al. (2009).

Algunas de las consecuencias de la deforestación en la Huasteca están relacionadas con las políticas gubernamentales. En la década de los setenta del siglo pasado, por ejemplo el gobierno Mexicano puso en marcha el proyecto de irrigación “Pujal Coy” el cual causó la transformación de extensas áreas forestales a otros usos en una gran parte de la Huasteca. De acuerdo con Reyes et al. (2006), la tasa de deforestación fue de 5% para la cobertura forestal primaria y hasta el 11% para la vegetación secundaria entre 1976 y 2000. Otro proyecto con características similares fue el Programa Nacional de Desmonte (PRONADE) entre 1972 y 1983. Este fue un programa del gobierno Mexicano que intentó desmontar un

total de 24,598,797 hectáreas (12% del país), principalmente de selvas alta perennifolia y caducifolias, con el objetivo de convertir el uso de suelo a pasto para la ganadería (Moreno, 2011). Ambos proyectos incluían extensas áreas de la Región Huasteca (Aguilar-Robledo, 1992).

Sin embargo, hasta 1976 la Región Huasteca aún conservaba aproximadamente el 34.21% de su cobertura de suelo original. No obstante, los cambios totales ocurridos alcanzaron el 17.43% o 11,446.75 km<sup>2</sup> de la región entre 1976 y 2011, y los remanentes principales de coberturas naturales (16,78 % o 11,022.63 km<sup>2</sup>) se encuentran localizados principalmente en las tierras altas (Sierra Madre Oriental) de la Huasteca. Sin embargo, aunque los remanentes forestales están localizados en tierras de mayor elevación, esto no es una garantía para su conservación. Sahagún (2012) argumenta que entre 1989 y 2005 la tasa de deforestación para selvas en la Sierra Madre Oriental (en San Luis Potosí) fue de -0.42% más alta que la tasa promedio de deforestación en México previamente discutida. Asimismo, Ibarra (2008) demostró que en la “Sierra del Abra de Tanchipa”, un área natural protegida en la Región Huasteca, fue modificada y deteriorada por las actividades humanas inducidas entre 1973 y 2005.

Basado en esta discusión, hay que destacar que la Región Huasteca es el puente entre la región Neártica y Neotropical ricas en biodiversidad, y se deben desarrollar muchas acciones para lograr la conservación de esta área con el fin de asegurar la supervivencia de la biodiversidad, los medios de vida de las personas que habitan estas tierras, y todos los beneficios y servicios ambientales directos e indirectos que esta región nos proporciona.

## **6. Conclusiones**

Los mapas de cambios de cobertura y uso del suelo para el periodo estudiado (1976-2011) utilizando técnicas de Sistemas de Información Geográfica, se mostró adecuada para la evaluación y análisis de los cambios ocurridos en la Región Huasteca, ya que fueron capaces de identificar los fenómenos de deforestación y pérdidas de coberturas naturales de suelo.

Además, las técnicas de Sistemas de Información Geográfica empleadas permitieron detectar los errores en la clasificación de la cobertura y uso de suelo, producto de las diferentes metodologías utilizadas en la producción de la cartografía original, y el

porcentaje de error detectado en relación con los cambios en el uso del suelo fue de 0,83 % o 543,84 km<sup>2</sup> para toda la Huasteca.

El análisis mediante la matriz de tabulación cruzada nos permitió identificar que las clases agricultura y pasto son aquellas que han modificado considerablemente el paisaje biofísico en la Región Huasteca, sobre todo en el periodo 1976-1993. Las tasas de deforestación para selvas, bosques, matorrales y otros tipos de vegetación fueron superior a la tasa de deforestación nacional de México reportada por otros autores, y tan sólo se pudo apreciar un retroceso en este proceso en el periodo 2002-2011.

El análisis donde se midió el cambio de coberturas de suelo reagrupando las clases a coberturas naturales y no originales, nos permitió conocer que las coberturas no originales se incrementaron en 8,027.04 km<sup>2</sup>, y sólo se regeneraron hacia coberturas naturales 2,122.81 km<sup>2</sup> en el mismo lapso de 35 años.

Asimismo, los Sistemas de Información Geográfica nos permitió conocer que 62.65% (41,143.28 km<sup>2</sup>) de la superficie de la Región Huasteca ya había sido modificada por actividades antrópicas antes del año 1976, y desde 1976 hasta el año 2011 los cambios afectaron a 17.43% (11,446.75 km<sup>2</sup>) del área evaluada.

La pérdida de cobertura forestal más importante en la Región Huasteca fue de alrededor de 1,324.90 km<sup>2</sup> para bosques y 4,545.71 km<sup>2</sup> de para selvas entre 1976 y 2011, y la regeneración natural de coberturas no originales a forestales fue de 731.11 km<sup>2</sup> para bosques y 1,252.72 km<sup>2</sup> para selvas. En otras palabras, sólo 33.79% del área afectada por la deforestación se ha recuperado por regeneración natural, y el restante ha sido mantenido para otros usos.

Por último, la deforestación en la Región Huasteca para el periodo analizado ha estado relacionada directamente con el aumento de la coberturas no originales como la agricultura y pastizales, producto del aumento de las actividades antrópicas que predominan en el área evaluada.

## **Referencias**

Aguilar-Robledo, M. 1992. La reganaderización del Pujal-Coy 1a. y 2a. Etapa (Los avatares de un proyecto regional). pp. 56-82. En: L. Fuentes (Ed). Cambios de uso de suelo agrícola en México. Instituto de Geografía, UNAM, pp.211.

- Aguilar-Robledo, M. 2001. Ganadería, tenencia de la tierra, e impacto ambiental en la Huasteca Potosina: los años de la Colonia. En L. Hernández (Ed.). Historia ambiental de la ganadería en México. Instituto de Ecología-Institut de Recherche pour le Développement. Xalapa, pp. 9-24.
- Algara, M. 2009. Propuesta metodológica para medir el impacto del fenómeno de la sequía en la Huasteca Potosina y propuesta general de manejo. Tesis de doctorado en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, pp. 158.
- Bassols, B. Á. 1993. Geografía económica de México. Trillas: Teoría, Fenómenos Generales, Análisis Regional, Editorial Trillas, pp.448.
- Berberoglu, S. and A. Akin. 2009. Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11, 46-53.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2008.06.002>
- Castillo-Santiago, M. A., A. Hellier, R. Tipper and B.H.J. De Jong. 2007. Carbon emissions from land use change: An analysis of causal factors in Chiapas, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12, 1213-1235.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s11027-006-9060-7>
- Céspedes-Flores, S. and E. Moreno-Sánchez. 2010. Estimación del valor de pérdida de recurso forestal y su relación con la deforestación en las entidades federativas de México. *Investigación Ambiental*, 2, 5-13.
- CONABIO, 2012. Distribución de la población en México por municipio, 2010, escala: 1:250000. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.: Datos estadísticos del 2010, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- Dirzo, R. & García, M. (1992). Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in southeast Mexico. *Conservation Biology*, 6: 84-90.
- FAO, 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Roma: FAO, pp.154.

- Green, E. P., P. J. Mumby, A. J. Edwards and C. D. Clark. 1996. A review of remote sensing for the assessment and management of tropical coastal resources. *Coastal Management*, 24, 1-40. <http://dx.doi.org/10.1080/08920759609362279>
- Ibarra Zapata, E. 2008. "Análisis Geográfico para la Conservación de la Naturaleza. Estudio de Caso Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Sierra Abra de Tanchipa, Ciudad Valles y Tamuin, San Luis Potosí". Tesis de licenciatura en geografía, Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, UASLP. pp. 131.
- Instituto Nacional de Geografía, 1992a. *Influencia Humana sobre el medio ambiente uno. Época precolonial, época colonial, época de porfiriato*. Ciudad de México. Mapas a escala 1:8,000,000.
- Instituto Nacional de Geografía, 1992b. *Influencia Humana sobre el medio ambiente dos. Época actual*. Ciudad de México. Mapas a escala 1:4,000,000.
- INEGI, 2000. *Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación: Escala 1:250,000 (vectorial)*. Serie I. DGG-INEGI. México.
- INEGI, 2003. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie I (1968-1986)*, escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI, 2004. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie II (Reestructurada) (1993)*, escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI, 2005. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie III (2002)*, escala 1:250,000 (Continuo Nacional). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI, 2007. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV (2007)*, escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI, 2013. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011)*, escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Klemas, V. 2001. Remote sensing of landscape-level coastal environmental indicators. *Environmental Management*, 27, 47-57.
- López Blanco, J. 2005. *Sistemas de información geográfica en estudios de geomorfología ambiental y recursos naturales*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Mas, J. F., A. Velázquez and S. Couturier. 2009. La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental*, 1, 23-39.
- Márquez-Linares, M. A., E. J. Treviño and E. Jurado. 2005. Reemplazo de áreas arboladas por chaparrales y comunidades herbáceas en el período 1970-2000 en una Microcuenca de Durango, México. *Investigaciones Geográficas*, 58, 54-65.
- Miranda-Aragón, L., E. J. Treviño-Garza, J. Jiménez-Pérez, O. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle, M. Pompa-García and C. A. Aguirre-Salado. 2013. Tasas de deforestación en San Luis Potosí, México (1993-2007). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 2, 201-215.
- <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.06.044>
- Mittermeier, R. and C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. Pp. 63-73. En: J. Sarukhán & Dirzo R. (compiladores). México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO. Ciudad de México.
- Moreno, A. 2011. Efectos ambientales del Programa Nacional de Desmonte, México, 1972-1982. Tesis de maestría en ciencias ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. pp. 119.
- Niño M. and E. Victoria. 2013. Información de usos del suelo y vegetación escala 1:250,000, SERIE V (Conjunto Nacional).
- [http://langif.uaslp.mx/selper/documentos/CD\\_SELPER\\_2013/MEMORIAS\\_SELPER\\_PDF/Estudios\\_Tematicos/ID\\_008.pdf](http://langif.uaslp.mx/selper/documentos/CD_SELPER_2013/MEMORIAS_SELPER_PDF/Estudios_Tematicos/ID_008.pdf)
- Oliva, V. E., J. López., J. Caballero and M. A. Martínez. 2010. Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla. *Investigaciones Geográficas*, 72, 23-38.
- Pacheco, P., E. Ormachea, P. Cronkleton, M. Albornoz, and L. Paye. 2009. Trayectorias y tendencias de la economía extractiva en el norte amazónico de Bolivia. La Paz: CIFOR-CEDLA, pp. 52.
- Peralta-Rivero, C., C. Contreras, M. G. Galindo, J. C. Torrico and V. A. Vos. 2013. Cambios de Uso del Suelo, y Proyectos Forestales MDL y REDD en Riberalta, Amazonía Boliviana. *CienciAgro*, 4, 403-420.

- Pontius, R. G., Shusas E. & McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101, 251-268. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Quinteros, J. (2012). Estudio ambiental y social comparativo del bosque húmedo en base al cambio de uso de suelo entre la Huasteca Potosina, México y la Mata Atlántica, rio de janeiro, Brasil. Tesis de maestría en ciencias ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. pp. 168.
- Ramankutty, N., L. Graumlinch, F. Achard, D. Alves, A. Chhabra, R. S. DeFries, J. A Foley, H. Geist, R. A. Houghton, K. Goldewijk, E. F. Lambin, A. Millington, K. Rasmussen, R. S. Reid and B. L. Turner. 2006. Global land-cover change: Recent progress, remaining challenges. In E. F. Lambin, & H. Geist (Eds.), *Land-use and land-change. Local processes and global impacts*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 9-40.
- Reyes, H., R. M. Aguilar, R. J. Aguirre y I. Trejo (2006), “Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México. 1973-2000”, *Investigaciones Geográficas*, 59, 26-42.
- Ricker, M. 2010. La cobertura forestal y la problemática de la deforestación en México (pp. 1-6). Mexico City: Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. <file:///J:/MARTIN%20FILES/MARTIN'S%20PDFS/PÁGINA%20AGOSTO%202010/webCoverForDefor.htm>
- Rosete-Vergés, F., J. L. Pérez-Damián And G. Bocco. 2009. Contribución al análisis de cambios de uso del suelo y vegetación (1978-2000) en la península de Baja California, México. *Investigación Ambiental, Ciencia y Política Pública*, 1, 70-82.
- Rosete-Vergés, F., J. L. Pérez-Damián, M. Villalobos-Delgado, E. N. Navarro-Salas, E. Salinas-Chávez y R. Remond-Noa. 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques*, 20, 21-35.
- Sahagún, F. J. 2012. Dinámica espacio-temporal de las transformaciones en la cobertura vegetal y en el cambio de uso de suelo en la sierra madre oriental de San Luis Potosí y sus efectos potenciales sobre la distribución de la avifauna. Tesis de doctorado en

ciencias ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. pp. 178.

Vitousek, P., P. Ehrlich, A. Ehrlich, and P. Matson. 1986. Human appropriation of the products of photosynthesis. *BioScience*, 36, 368-374.

<http://dx.doi.org/10.2307/1310258>

Velázquez, A., J. F. Mas, J. R. Díaz, R. Mayorga, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra, and J. L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México. *Gaceta Ecológica*, 62, 21-37.

Weckmüller, R., N. C. Slovisnsky e R. Vicens. 2013. Análise multitemporal como subsídio à identificação da trajetória evolutiva do uso e cobertura da terra no Corredor Ecológico do Muriqui/RJ. *Revista Brasileira de Cartografia* 65(3): 467-477.

Zepeda, C., X. A. Nemiga, A. Lot and D. Madrigal. 2012. Análisis del cambio de uso de suelo en las ciénagas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. *Investigaciones geográficas*, 58, 54-65.

## APÉNDICES

*Apéndice 1. Clasificación y reclasificación de las clases de cobertura y uso de suelo empleados en el análisis de cambio de cobertura y uso de suelo para la Región Huasteca.*

| <b>Reclasificación de las coberturas</b> | <b>Clases originales de cobertura y usos de suelo</b> | <b>Estatus de las coberturas</b>  |
|--|---|-----------------------------------|
| 1. Agricultura                           | Agricultura de humedad                                | Coberturas de suelo no originales |
|  | Agricultura de riego                                  |                                   |
|  | Agricultura de temporal                               |                                   |
| 2. Agua                                  | Cuerpos de agua                                       | Agua                              |
|  | Acuicultura   | Coberturas de suelo no originales |
| 3. Área urbana                           | Zona urbana   | Área urbana                       |
|  | Asentamientos humanos                                 |                                   |
| 4. Bosque                                | Bosque de encino                                      | Cobertura de suelo natural        |
|  | Bosque de encino-pino                                 |                                   |
|  | Bosque de pino  |                                   |
|  | Bosque de pino-encino                                 |                                   |
|  | Bosque de táscate                                     |                                   |
| 5. Matorral                              | Bosque mesófilo de montaña                            | Cobertura de suelo natural        |
|  | Matorral crasicaule                                   |                                   |
|  | Matorral desértico microfilo                          |                                   |
|  | Matorral desértico roseto-filo                        |                                   |
|  | Matorral espinoso tamaulipeco                         |                                   |
| 6. Otra vegetación                       | Matorral submontano                                   | Cobertura de suelo natural        |
|  | Chaparral   |                                   |
|  | Mezquital   |                                   |
|  | Palmar  |                                   |
|  | Vegetación de dunas costeras                          |                                   |
|  | Vegetación de galería                                 |                                   |
|  | Bosque de mezquite                                    |                                   |
|  | Palmar nativo   |                                   |
|  | Manglar   |                                   |
|  | Selva de galería                                      |                                   |
|  | Bosque de galería                                     |                                   |
| Tular                                    |   |                                   |
| Vegetación halófila                      |   |                                   |
| popal                                    |   |                                   |
| 7. Pastizal                              | Pastizal cultivado                                    | Coberturas de suelo no originales |
|  | Pastizal halófilo                                     | Cobertura de suelo natural        |
|  | Pastizal inducido                                     | Coberturas de suelo no originales |

|                           |  |                                   |
|---------------------------|--|-----------------------------------|
|                           | Selva alta perennifolia  |                                   |
|                           | Selva alta subperennifolia   |                                   |
|                           | Selva baja caducifolia   |                                   |
| 8. Selva                  | Selva baja espinosa caducifolia  | Cobertura de suelo natural        |
|                           | Selva baja subcaducifolia  |                                   |
|                           | Selva mediana subcaducifolia   |                                   |
|                           | Selva mediana subperennifolia  |                                   |
| 9. Sin vegetación         | Sin vegetación aparente  | Cobertura de suelo natural        |
|                           | Bosque cultivado   |                                   |
|                           | Palmar inducido  |                                   |
| 10. Vegetación secundaria | Cuarenta y cinco tipos de vegetación secundaria (arbórea, arbustiva y herbácea). | Coberturas de suelo no originales |

*Apéndice 2. Cuantificación de las áreas de acuerdo a la clase y al año de clasificación.*

|                       | 1976             | 1993             | 2002             | 2007             | 2011             | 1976          | 1993          | 2002          | 2007          | 2011          |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Clases                | km <sup>2</sup>  | %             | %             | %             | %             | %             |
| Agricultura           | 10,206.76        | 14,265.25        | 17,701.80        | 18,477.82        | 18,823.19        | 15.54         | 21.72         | 26.95         | 28.13         | 28.66         |
| Agua                  | 1,911.56         | 2,245.01         | 2,242.83         | 2,313.97         | 2,348.13         | 2.91          | 3.42          | 3.42          | 3.52          | 3.58          |
| Área urbana           | 51.39            | 351.03           | 438.64           | 508.87           | 555.66           | 0.08          | 0.53          | 0.67          | 0.77          | 0.85          |
| Bosque                | 4,165.14         | 3,598.73         | 3,553.75         | 3,548.43         | 3,550.75         | 6.34          | 5.48          | 5.41          | 5.40          | 5.41          |
| Matorral              | 3,064.50         | 2,360.94         | 2,177.06         | 2,148.29         | 2,065.26         | 4.67          | 3.59          | 3.31          | 3.27          | 3.14          |
| Otra vegetación       | 1,726.66         | 2,385.14         | 1,686.28         | 1,713.34         | 1,571.82         | 2.63          | 3.63          | 2.57          | 2.61          | 2.39          |
| Pastizal              | 18,067.40        | 22,169.03        | 20,882.93        | 20,148.85        | 20,092.07        | 27.51         | 33.76         | 31.80         | 30.68         | 30.59         |
| Selva                 | 9,410.23         | 6,665.79         | 6,088.87         | 6,102.92         | 6,091.66         | 14.33         | 10.15         | 9.27          | 9.29          | 9.28          |
| Sin vegetación        | 25.51            | 72.36            | 71.24            | 71.90            | 76.77            | 0.04          | 0.11          | 0.11          | 0.11          | 0.12          |
| Vegetación secundaria | 17,046.70        | 11,562.57        | 10,832.44        | 10,641.45        | 10,500.53        | 25.96         | 17.61         | 16.49         | 16.20         | 15.99         |
|                       | <b>65,675.85</b> | <b>65,675.85</b> | <b>65,675.85</b> | <b>65,675.85</b> | <b>65,675.85</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> |

Apéndice 3. Matriz de tabulación cruzada o de cambios entre  $t_1$  y  $t_2$  (datos en  $km^2$ ).

| 1993                  |                  |                 |               |                 |                 |                 |                  |                 |                |                       |                  |          |                     |
|-----------------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|------------------|----------|---------------------|
| 1976                  | Agricultura      | Agua            | Área urbana   | Bosque          | Matorral        | Otra vegetación | Pastizal         | Selva           | Sin vegetación | Vegetación secundaria | Total 1976       | Pérdida  | Tasa de pérdida (%) |
| Agricultura           | <b>7,901.13</b>  | 98.60           | 103.12        | 94.48           | 30.49           | 362.92          | 761.07           | 136.26          | 3.65           | 715.04                | <b>10,206.76</b> | 2,305.63 | 1.99                |
| Agua                  | 37.85            | <b>1,602.29</b> | 0.00          | 0.14            | 6.30            | 154.86          | 70.37            | 4.82            | 22.76          | 12.17                 | <b>1,911.57</b>  | 309.28   | 0.97                |
| Área urbana           | 0.58             | 1.28            | <b>48.33</b>  | 0               | 0               | 0.31            | 0.87             | 0               | 0.01           | 0                     | <b>51.39</b>     | 3.06     | 11.82               |
| Bosque                | 168.69           | 0.71            | 1.23          | <b>2,968.13</b> | 27.54           | 9.57            | 166.44           | 138.25          | 0              | 684.60                | <b>4,165.14</b>  | 1,197.01 | -0.86               |
| Matorral              | 136.14           | 7.37            | 1.71          | 5.43            | <b>2,077.65</b> | 13.28           | 634.57           | 49.94           | 0              | 138.40                | <b>3,064.50</b>  | 986.85   | -1.52               |
| Otra vegetación       | 166.78           | 259.82          | 8.02          | 5.11            | 24.93           | <b>843.03</b>   | 311.93           | 41.69           | 14.41          | 50.94                 | <b>1,726.67</b>  | 883.63   | 1.92                |
| Pastizal              | 2,238.15         | 149.35          | 106.30        | 58.48           | 18.91           | 236.94          | <b>13,259.08</b> | 155.47          | 5.11           | 1,839.61              | <b>18,067.40</b> | 4,808.32 | 1.21                |
| Selva                 | 684.77           | 25.30           | 9.30          | 187.12          | 62.40           | 50.51           | 1,774.82         | <b>5874.45</b>  | 2.02           | 739.55                | <b>9,410.23</b>  | 3,535.78 | -2.01               |
| Sin vegetación        | 0                | 2.61            | 0.22          | 0               | 0               | 3.49            | 0.68             | 0               | <b>16.34</b>   | 2.16                  | <b>25.51</b>     | 9.17     | 6.33                |
| Vegetación secundaria | 2,931.15         | 105.61          | 64.87         | 279.85          | 112.72          | 710.22          | 5,189.22         | 264.90          | 8.07           | <b>7,380.08</b>       | <b>17,046.69</b> | 9,666.61 | -2.26               |
| <b>Total 1993</b>     | <b>14,265.25</b> | <b>2,252.95</b> | <b>343.09</b> | <b>3,598.73</b> | <b>2,360.94</b> | <b>2,385.14</b> | <b>22,169.03</b> | <b>6,665.79</b> | <b>72.37</b>   | <b>11,562.56</b>      |                  |          |                     |
| <b>Ganancia</b>       | 6,364.12         | 650.66          | 294.76        | 630.60          | 283.28          | 1,542.11        | 8,909.96         | 791.34          | 56.03          | 4,182.48              |                  |          |                     |

Apéndice 4. Matriz de tabulación cruzada o de cambios entre  $t_2$  y  $t_3$  (datos en  $km^2$ ).

| 2002                  |                  |                 |               |                 |                 |                 |                  |                 |                |                       |                  |          |                     |
|-----------------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|------------------|----------|---------------------|
| 1993                  | Agricultura      | Agua            | Área urbana   | Bosque          | Matorral        | Otra vegetación | Pastizal         | Selva           | Sin vegetación | Vegetación secundaria | Total 1993       | Pérdida  | Tasa de pérdida (%) |
| Agricultura           | <b>12,579.24</b> | 49.44           | 45.32         | 67.39           | 41.76           | 81.43           | 807.98           | 154.83          | 0.03           | 437.85                | <b>14,265.25</b> | 1,686.01 | 2.43                |
| Agua                  | 60.94            | <b>2,071.78</b> | 0.00          | 0.81            | 2.85            | 77.61           | 0.00             | 0.00            | 10.26          | 20.78                 | <b>2,245.01</b>  | 173.24   | 0.45                |
| Área urbana           | 43.30            | 6.81            | <b>295.17</b> | 0.00            | 0.42            | 2.36            | 0.00             | 0.00            | 0.00           | 2.96                  | <b>351.03</b>    | 55.85    | 2.85                |
| Bosque                | 70.40            | 0.80            | 1.32          | <b>3,088.95</b> | 5.91            | 2.75            | 114.60           | 77.81           | 0.00           | 236.19                | <b>3,598.73</b>  | 509.78   | -0.14               |
| Matorral              | 140.56           | 8.35            | 0.51          | 4.35            | <b>1,959.26</b> | 24.84           | 136.88           | 53.92           | 0.00           | 32.27                 | <b>2,360.94</b>  | 401.68   | -0.90               |
| Otra vegetación       | 132.94           | 74.12           | 9.72          | 1.42            | 16.85           | <b>1,374.88</b> | 555.19           | 66.76           | 2.80           | 150.46                | <b>2,385.14</b>  | 1,010.27 | -3.78               |
| Pastizal              | 3,547.92         | 94.99           | 60.44         | 68.45           | 84.87           | 81.43           | <b>17,436.16</b> | 0.00            | 0.96           | 793.81                | <b>22,169.03</b> | 4,732.87 | -0.60               |
| Selva                 | 232.08           | 9.66            | 13.17         | 199.76          | 35.59           | 14.17           | 420.05           | <b>5,382.64</b> | 1.15           | 357.51                | <b>6,665.79</b>  | 1,283.15 | -1.41               |
| Sin vegetación        | 0.00             | 3.43            | 2.05          | 0.00            | 0.00            | 4.72            | 2.43             | 0.00            | <b>54.40</b>   | 5.34                  | <b>72.36</b>     | 17.96    | -0.12               |
| Vegetación secundaria | 894.40           | 17.94           | 24.27         | 122.08          | 29.56           | 22.11           | 1,523.69         | 131.24          | 2.02           | <b>8,795.27</b>       | <b>11,562.57</b> | 2,767.31 | -0.72               |
| <b>Total 2002</b>     | <b>17,701.79</b> | <b>2,337.30</b> | <b>451.98</b> | <b>3,553.21</b> | <b>2,177.06</b> | <b>1,686.29</b> | <b>20,996.98</b> | <b>5867.19</b>  | <b>71.61</b>   | <b>10,832.44</b>      |                  |          |                     |
| <b>Ganancia</b>       | 5,122.55         | 265.53          | 156.80        | 464.26          | 217.80          | 311.41          | 3,560.82         | 484.55          | 17.21          | 2,037.17              |                  |          |                     |

Apéndice 5. Matriz de tabulación cruzada o de cambios entre  $t_3$  y  $t_4$  (datos en  $km^2$ ).

| 2007                  |                  |                 |               |                 |                 |                 |                  |                 |                |                       |                  |          |                     |
|-----------------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|------------------|----------|---------------------|
| 2002                  | Agricultura      | Agua            | Área urbana   | Bosque          | Matorral        | Otra vegetación | Pastizal         | Selva           | Sin vegetación | Vegetación secundaria | Total 2002       | Pérdida  | Tasa de pérdida (%) |
| Agricultura           | <b>16,829.65</b> | 19.07           | 32.79         | 9.47            | 0.85            | 24.18           | 351.08           | 77.46           | 0.55           | 356.71                | <b>17,701.80</b> | 872.15   | 0.86                |
| Agua                  | 1.16             | <b>2,184.40</b> | 0.00          | 0.00            | 2.22            | 46.30           | 5.81             | 1.55            | 0.14           | 1.26                  | <b>2,242.84</b>  | 58.44    | 0.63                |
| Área urbana           | 0.70             | 0.12            | <b>437.41</b> | 0.02            | 0.00            | 0.00            | 0.36             | 0.00            | 0.00           | 0.03                  | <b>438.64</b>    | 1.23     | 3.01                |
| Bosque                | 14.91            | 0.00            | 0.00          | <b>3,496.50</b> | 0.57            | 3.43            | 19.01            | 4.08            | 0.00           | 15.24                 | <b>3,553.75</b>  | 57.25    | -0.03               |
| Matorral              | 12.60            | 0.11            | 0.45          | 0.53            | <b>2,128.25</b> | 0.82            | 30.71            | 0.03            | 0.00           | 3.56                  | <b>2,177.06</b>  | 48.82    | -0.27               |
| Otra vegetación       | 77.09            | 71.71           | 3.02          | 0.00            | 0.11            | <b>1,476.80</b> | 25.51            | 3.83            | 0.68           | 27.54                 | <b>1,686.29</b>  | 209.49   | 0.32                |
| Pastizal              | 757.71           | 37.04           | 26.80         | 13.74           | 15.46           | 143.84          | <b>19,306.69</b> | 55.46           | 1.49           | 524.69                | <b>20,882.93</b> | 1,576.24 | -0.71               |
| Selva                 | 64.79            | 0.91            | 0.00          | 22.36           | 0.00            | 0.06            | 58.45            | <b>5,853.37</b> | 0.61           | 88.34                 | <b>6,088.87</b>  | 235.51   | 0.05                |
| Sin vegetación        | 0.11             | 0.00            | 0.00          | 0.00            | 0.00            | 2.80            | 0.07             | 0.46            | <b>67.16</b>   | 0.64                  | <b>71.24</b>     | 4.08     | 0.18                |
| Vegetación secundaria | 719.22           | 0.51            | 8.39          | 5.82            | 0.83            | 15.12           | 351.16           | 106.68          | 1.28           | <b>9,623.43</b>       | <b>10,832.44</b> | 1,209.00 | -0.36               |
| <b>Total 2007</b>     | <b>18,477.93</b> | <b>2,313.87</b> | <b>508.87</b> | <b>3,548.43</b> | <b>2,148.29</b> | <b>1,713.35</b> | <b>2,0148.85</b> | <b>6,102.92</b> | <b>71.90</b>   | <b>10,641.45</b>      |                  |          |                     |
| <b>Ganancia</b>       | 1,648.28         | 129.47          | 71.46         | 51.93           | 20.04           | 236.55          | 842.16           | 249.55          | 4.74           | 1,018.02              |                  |          |                     |

Apéndice 6. Matriz de tabulación cruzada o de cambios entre  $t_4$  y  $t_5$  (datos en  $km^2$ ).

| 2011                  |                 |                |               |                |                |                 |                 |                |                |                       |                 |         |                     |
|-----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------|---------|---------------------|
| 2007                  | Agricultura     | Agua           | Área urbana   | Bosque         | Matorral       | Otra vegetación | Pastizal        | Selva          | Sin vegetación | Vegetación secundaria | Total 2007      | Pérdida | Tasa de pérdida (%) |
| Agricultura           | <b>18074.27</b> | 7.39           | 36.92         | 0.66           | 1.51           | 0.07            | 199.59          | 18.70          | 0.16           | 138.55                | <b>18477.82</b> | 403.55  | 0.46                |
| Agua                  | 7.80            | <b>2284.98</b> | 0.00          | 0.00           | 0.00           | 7.11            | 4.75            | 0.00           | 8.39           | 0.96                  | <b>2313.98</b>  | 29.00   | 0.37                |
| Área urbana           | 3.07            | 0.27           | <b>499.34</b> | 0.00           | 0.00           | 2.91            | 3.29            | 0.00           | 0.00           | 0.00                  | <b>508.87</b>   | 9.53    | 2.21                |
| Bosque                | 4.69            | 0.00           | 0.00          | <b>3533.82</b> | 0.17           | 0.00            | 3.51            | 0.36           | 0.00           | 5.89                  | <b>3548.43</b>  | 14.61   | 0.02                |
| Matorral              | 49.07           | 0.86           | 0.00          | 5.18           | <b>2041.10</b> | 0.00            | 16.20           | 7.45           | 0.00           | 28.43                 | <b>2148.29</b>  | 107.19  | -0.98               |
| Otra vegetación       | 116.67          | 28.67          | 0.45          | 0.00           | 0.00           | <b>1538.92</b>  | 17.94           | 9.06           | 0.98           | 0.65                  | <b>1713.34</b>  | 174.42  | -2.13               |
| Pastizal              | 380.81          | 14.14          | 15.77         | 1.97           | 19.84          | 19.02           | <b>19620.02</b> | 16.94          | 2.99           | 57.35                 | <b>20148.85</b> | 528.83  | -0.07               |
| Selva                 | 35.57           | 0.16           | 1.84          | 1.89           | 1.18           | 3.73            | 17.42           | <b>6032.89</b> | 0.39           | 7.85                  | <b>6102.92</b>  | 70.03   | -0.05               |
| Sin vegetación        | 0.00            | 5.82           | 0.00          | 0.00           | 0.00           | 0.00            | 0.08            | 0.00           | <b>63.51</b>   | 2.48                  | <b>71.89</b>    | 8.38    | 1.65                |
| Vegetación secundaria | 151.25          | 6.27           | 1.09          | 7.24           | 1.46           | 0.06            | 209.27          | 6.08           | 0.36           | <b>10258.37</b>       | <b>10641.45</b> | 383.08  | -0.33               |
| <b>Total 2011</b>     | <b>18823.19</b> | <b>2348.56</b> | <b>555.43</b> | <b>3550.75</b> | <b>2065.26</b> | <b>1571.81</b>  | <b>20092.07</b> | <b>6091.47</b> | <b>76.77</b>   | <b>10500.52</b>       |                 |         |                     |
| <b>Ganancia</b>       | 748.93          | 63.59          | 56.09         | 16.93          | 24.16          | 32.89           | 472.05          | 58.58          | 13.26          | 242.16                |                 |         |                     |

## CAPITULO V

### **Escenarios Futuros de Cambios de Cobertura y Uso de Suelo y Deforestación en la Región Huasteca de México**

#### **Scenarios of Futures Land Cover and Land Use Changes and Deforestation in the Mexican Huasteca Region**

Carmelo Peralta-Rivero<sup>1\*</sup>, Jean François Mas<sup>2</sup>, M. Guadalupe Galindo<sup>1</sup>, Carlos Contreras-Servín<sup>1</sup>, Marcos Algara Siller<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma San Luis Potosí / Coordinación para la Innovación y la Aplicación de la Ciencia y la tecnología, México

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>3</sup> Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma San Luis Potosí / Facultad de Ingeniería, Ingeniería ambiental, Universidad Autónoma San Luis Potosí, México

\* Autor para correspondencia, [peralta.carmelo@gmail.com](mailto:peralta.carmelo@gmail.com)

### **Resumen**

La región Huasteca está localizada en un área de transición entre las ecoregiones neártica y neotropical y conserva los últimos remanentes forestales del noreste de México ricos en biodiversidad, los mimos que en las últimas décadas han desaparecido por procesos de deforestación el cual es un problema complejo de resolver. El objetivo principal del presente trabajo fue modelar escenarios futuros de cambios de cobertura y uso de suelo y deforestación en la Región Huasteca. Para ello se realizó una clasificación de imágenes de satélite Landsat para un período de 14 años (2000-2014), se determinó la dinámica de CCUS y en base a ello y otras variables ambientales y socioeconómicas se realizaron escenarios futuros de CCUS y deforestación directa para el 2020, 2025 y 2030. Las principales CCUS en el periodo 2000-2014 fue el aumento de la superficie agrícola, matorrales, área urbana, área sin vegetación y vegetación secundaria, y con la disminución de pastizal y selvas, siendo la tasa de cambio anual de esta de última de -0.97%. Se estimó que las áreas con probabilidades más altas a la deforestación son la región Huasteca de Tamaulipas y Querétaro. Entre los principales CCUS futuros, se estima que hasta el 2030 se habrán incremento 319,960 ha de superficie agrícola con una tasa de cambio anual de cambio de 1.6% y se habrán perdido 196,088 ha de selvas, con una tasa de cambio de -0.94%. El proceso de simulación permitió identificar áreas vulnerables a posibles procesos de CCUS y deforestación y debe de servir como información relevante para la toma decisiones futuras en el aspecto social, económico y ambiental sobre esta región.

**Palabras Clave:** CCUS, Deforestación, Modelos de CCUS, DINAMICA EGO, Huasteca

### **Abstract**

The Huasteca region is located in a transition area between the Nearctic and Neotropical ecoregions and it conserves the last forest remnants of the northeast of Mexico, rich in biodiversity, but that in recent decades have disappeared by deforestation which is a complex problem to solve. The main objective of this work was to model future scenarios of land cover and land use changes and deforestation in the Huasteca region. For that, a classification of Landsat satellite images for a period of 14 years (2000-2014) was performed, the dynamics of CCUS was determined and based on this and other environmental and socioeconomic variables, future LCLUC scenarios and direct deforestation for 2020, 2025 and 2030 were developed. The main LULCC for the period 2000-2014 was the increase of agricultural surface, scrubs, urban area, the area without vegetation and secondary vegetation, and with the decline of pasture and rainforest, with an annual rate of change of of -0.97% for the last one. It was estimated that areas with higher probabilities of deforestation are the Huasteca region of Tamaulipas and Queretaro. Among the main future LULCC, it is estimated that by 2030, the agriculture surface will have increased to 319,960 ha with an annual rate of change of 1.6% and

196,088 ha of rainforest will have lost with an annual rate of change of -0.94%. The simulation process allowed to identify vulnerable areas and possible LULCC and deforestation processes and this should serve as relevant information for making future decisions in the social, economic and environmental aspects of this region.

**Key words:** LCLUC, Deforestation, LCLUC Models, DINAMICA EGO, Huasteca

## **1. Introducción**

Los bosques, el clima, el cambio climático y la mitigación del cambio climático están inextricablemente ligados (Goodman & Herold, 2014). Los ecosistemas terrestres juegan un rol importante en la mitigación del cambio climático a través de la remoción del carbono de la atmósfera. No obstante, los bosques tropicales vienen sufriendo altos niveles de deforestación siendo que estos contienen la densidad más alta de carbono en el mundo debido a que albergar 470 Gt C, los cuales son removidos y emitidos (entre 1.1-1.4 Gt C/año) por causas de deforestación y otros procesos de cambios de cobertura y usos de suelo (CCUS) como la agricultura y la ganadería (Goodman & Herold, 2014).

Estos CCUS son por lo general la remoción de la cobertura nativa por procesos naturales y antrópicos cuyos usos difiere de los originales y mayormente tienen fines económicos. Su análisis a través del tiempo permite la evaluación de las condiciones pasadas y actuales de los recursos naturales de una determinada área, cuyos resultados puede ser utilizado para identificar problemas ambientales y desarrollar una serie de estrategias principalmente para la conservación y restauración de las coberturas vegetales, y así generar bienes y servicios ambientales a escala local, regional, y global.

A nivel mundial, los CCUS y en particular la deforestación, es una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad, emisiones de gases de efecto invernadero y erosión de suelos (Mas & Flamenco, 2011).

Aunque en México las tasas de deforestación han disminuido en los últimos años, estas tasas son más altas en algunas regiones en donde existen bosques o selvas tropicales como es el caso de la región Huasteca (Peralta-Rivero et al., 2014a).

Una de las herramientas que permite la detección de este fenómeno, es el modelado ambiental de los CCUS, el cual contribuye en la planeación para el manejo sustentable de ecosistemas y es muy útil para el desarrollo de estrategias en pro de la conservación. El análisis y modelado de los CCUS mediante sistemas de información geográfica (SIG), permiten identificar las áreas más susceptibles a cambiar y nos ayudan a comprender los

procesos que llevan a los cambios y también permiten realizar proyecciones basadas en diferentes escenarios (Xiang & Clarke 2003, Mas & Flamenco, 2011).

Visto de esta manera, el modelado de cambios de cobertura nos permite entender las relaciones cambios-causas (deforestación), permite predecir la localización de las áreas más susceptibles a ser deforestadas y es una herramienta de apoyo para el diseño de políticas ambientales (Lambin, 1994).

Para elaborar el modelado, en este trabajo se utiliza el programa DINAMICA EGO, el cual es un programa de modelación ambiental que ha sido aplicado en numerosos estudios, incluyendo modelados de procesos de deforestación tropical, cambios de cobertura de suelo, y otros (Soares-Filho, 2009; Mas & Flamenco, 2011; Sahagún-Sánchez et al., 2011).

Por lo mencionado el objetivo principal de este trabajo fue simular escenarios futuros de cambios de cobertura y uso de suelo y deforestación en la Región Huasteca hasta el año 2030.

## **2. Área de estudio**

La región Huasteca se encuentra compartida por diversas entidades político-administrativas de los estados de Hidalgo, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Puebla y Querétaro (Figura 1). Esta región se encuentra ubicada entre los 22° 16' 00" de Latitud Norte y 98° 30' 00" de Longitud Oeste. Cuenta con aproximadamente 65,675 km<sup>2</sup> que equivale a 3.33% de la superficie de México, y cuenta con una población aproximada de 3,456,903 habitantes (CONABIO, 2012c).

La Huasteca abarca a la subprovincia fisiográfica de las Llanuras y Lomeríos en las tierras bajas, el Carso Huasteco y la Sierra Plegada, ambas sobre la Sierra Madre Oriental al igual que las Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato y la Sierra de Tamaulipas (INEGI, 2010 c). Las principales geoformas son bajadas, cañones, llanura, lomerío, meseta, playa y barra y sierra y valle (INEGI, 2010d). Los tipos de suelos más representativos son el Cambisol y Xerosol (INIFAP, 1995).

Esta región, al contar mayormente con climas cálidos y semiáridos, genera que el rango de temperatura en la mayoría de los municipios oscile entre 22 a 24 °C y 24 a 26 °C (Vidal-Zepeda, 1990a). Los municipios del Norte de la Región Huasteca, sobre todo la Huasteca Tamaulipeca, es la que registra las menores precipitaciones media anual (400 a 1200 mm).

Los municipios con rangos altos de precipitación son aquellos situados cerca de la sierra en la Huasteca Potosina o al Sur de la Huasteca Veracruzana (Vidal-Zepeda, 1990b). Asimismo, en esta se delimitan tres zonas bien diferenciadas en la entidad, por un lado, hacia lo zona norte, se encuentra la región hidrológica (25) de San Fernando-Soto la Marina, al centro se encuentra la región hidrológica (26) de El Pánuco que alberga ríos importantes como el Río Santa María, el Moctezuma y el Tampaón. Por otro lado, se presentan hacia el Sur Región Hidrológica (27) denominada Norte de Veracruz. Igualmente, en la región se presentan diversos afluentes de ríos como río Pánuco, Tamuín y Soto la Marina entre algunos (INEGI, 2010e; 2010f).

Debido a la gran variación climática en la región, ésta presenta ecosistemas que van desde remanentes de bosques y selva, matorrales, mezquitales, vegetación halófila y pastizales entre otros. Principalmente los pastos y la agricultura han cambiado el paisaje boscoso de esta región debido al aumento de las actividades agrícolas y pecuarias, y éstas representan más del 60% del área total de cobertura y uso de suelo de la Huasteca (Peralta-Rivero et al., 2014). De esta forma, esta región es predominante ganadera, también posee un importante potencial agrícola como productora de caña de azúcar, café, mangos y cítricos (Cabrera, 2002) lo cual ha llevado a cambios importantes en la cobertura y uso del suelo. La Huasteca Veracruzana es aquella que mantiene la mayor población ocupada en toda la región con más de 385 mil personas y la Huasteca Queretana es aquella que menos habitantes ocupados alberga (CONABIO, 2010a, 2010b, 2012d).

En la actividad industrial, la Huasteca Tamaulipeca es aquella que destaca entre las demás a poseer 78,148 habitantes trabajando en este rubro hasta el 2010 (CONABIO, 2012d). Asimismo, en la actividad comercial son más de 158 mil habitantes trabajando en este sector y principalmente se encuentran en la Huasteca Veracruzana y Tamaulipeca. La población ocupada en el sector de la Agricultura, ganadería, caza y pesca, la Huasteca Veracruzana y Potosina destacan en este rubro. Aunque se puede ver una disminución para el año 2010, esto se debe a que en el último censo general de población de México, no se consideró la caza y pesca como ocupación (CONABIO, 2010a, 2010b, 2012d). Del mismo modo, son los municipios de la Huasteca Veracruzana quienes tienen mayor número de cabezas de ganado bovino y superficie agrícola por municipio (Censo Agropecuario, 2007).

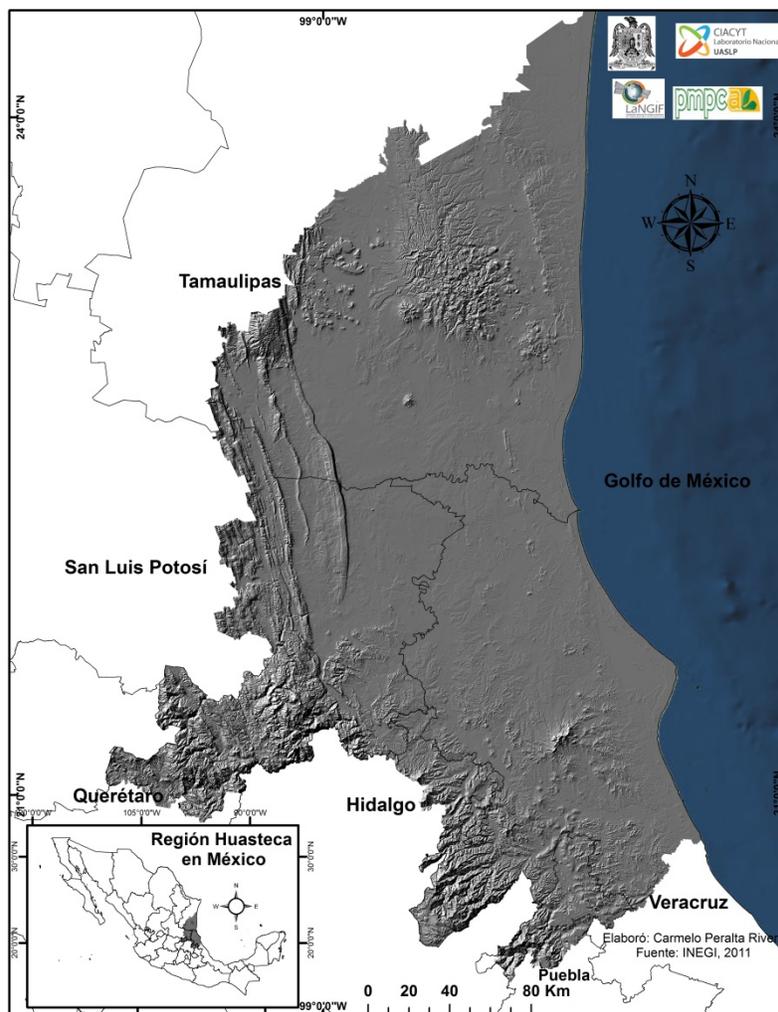
En la región, la tenencia de la tierra está dominada principalmente por la propiedad privada en 37.19%, los ejidos en 32.30%, la pequeña propiedad en 6.59%, las comunidades en 2.66% y otros áreas en 21.27% (RAN, 2014).

Por otro lado, el grado de marginación social es de alto, muy alto y corresponde principalmente a los municipios y localidades de la Región Huasteca Sur de San Luis Potosí, y las Huastecas Queretana, Hidalguense, Poblana y el Sur de la Huasteca Veracruzana (CONABIO, 2012a, 2012b).

En la zona existe una red de caminos muy desarrollada y en constante crecimiento, con carreteras federales, estatales y la vía férrea que se clasifican como las principales vías de comunicación y que unen prácticamente todas las cabeceras municipales (INEGI, 2010a, 2010b). Esta situación ha permitido el desarrollo de actividades de explotación de distintos recursos y la apertura de nuevas áreas para fines agropecuarios cuyo efecto es la deforestación y otros cambios de uso de suelo (Peralta-Rivero, et al., 2014a; 2014b).

No obstante, en esta región se encuentran alrededor de 17 ANPs, y cinco sitios Ramsar importantes para la conservación de la biodiversidad (CONANP, 2012; 2014; Bezaury-Creel et al. 2009a, 2009b).

Asimismo, esta región está localizada entre la región neártica y neotropical por lo que es rica en biodiversidad (Mittermeier & Goettsch, 1992), en ella confluyen un número importante de especies animales y vegetales de ambos orígenes (Sahagún et al., 2011) y existen niveles altos de diversidad, riqueza y endemismo de diversos taxa (Navarro et al., 2004). Entre el 10 y el 25% de las especies presentes son endémicas o se encuentran consideradas como importantes para su conservación (Sahagún-Sánchez et al., 2009; 2011, Luna et al., 2004). Por lo anterior esta región es considerada como un área prioritaria para lo conservación de recursos naturales (Loa et al., 2009). En total se han identificado más de 2,500 plantas vasculares para la zona y la fauna asociada a las coberturas presentes incluye alrededor de 532 especies de aves, 207 especies de anfibios y reptiles y más de 200 especies de mamíferos, incluidos felinos medianos y grandes como el jaguar (*Panthera onca*) (Villordo, 2009; Sahagún-Sánchez et al., 2011).



*Figura 1. Ubicación de la Región Huasteca de México.*

### **3. Materiales**

Se realizó el mapeo de la cobertura y uso de suelo mediante una clasificación supervisada orientada a objetos desarrollada en el software eCognition Developer 8.7, con base en una segmentación de imágenes de satélite LandSat Thematic Mapper (TM) y Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) del año 2000 e imágenes de satélite LandSat 8 Operational Land Imager (OLI) del 2014 (Tabla 1), según criterios de heterogeneidad (scale) y descriptores (features) (Cruz et al., 2007; Weckmüller et al., 2013).

Esta clasificación se basó mediante el conocimiento previo del área de estudio (clases de cobertura del suelo) e identificación de campos de entrenamiento que permitieron extraer estadísticas representativas para las clases detectadas realizando finalmente una evaluación en campo. Para la jerarquización de la clasificación, que tiene como resultado diferentes

niveles de clases relacionadas entre sí, en función de una topología definida, se utilizó el algoritmo *multiresolution segmentation*, con parámetros de escala de 12, criterios de forma de un 20% y 80% de compacidad tanto para imágenes Landsat TM, ETM+ y OLI.

La clasificación orientada a objetos a través de la segmentación multiresolución tiene la ventaja de que se obtiene mejores resultados en relación los métodos basados en clasificación por píxeles, lo que permite tener mayor precisión en la clasificación de la cobertura de suelo y se adecua mejor a estudios ecológicos del paisaje (Brunett & Blaschke, 2003; Lang & Langake, 2005; Lang et al., 2006; Gao, 2008).

La segmentación se realizó a partir de las bandas azul, verde, rojo, infrarrojo cercano, infrarrojo medio e infrarrojo lejano o térmico del espectro electromagnético. Todo este proceso ayudó a diferenciar y definir las clases espectrales y por consiguiente las clases temáticas: agua, área urbana, agricultura, bosque y/o selvas, pastizales, matorrales, vegetación secundaria y áreas sin vegetación. La definición de clases, así como la selección de muestras que representaron cada una de las clases, se basó en el conocimiento previo del área de estudio y se dio énfasis exclusivamente al modelaje *fuzzy*, es decir, sobre descriptores espectrales que apoyados en la selección de áreas de entrenamiento (50 muestras por clase) proporcionó un grado de participación (pertinencia) de un objeto para todas las clases definidas en la leyenda sobre las imágenes de satélite, cuyos valores inclusive pueden ser insertados en nuevos contextos de clasificación (Cruz et al., 2007).

Posterior a la clasificación se obtuvieron mapas parciales de cobertura y uso del suelo, lo cuales fueron llevados al software ArgGis 9.3 donde se eliminaron polígonos cuya área es < 4 hectáreas, para reconocer una escala de análisis en la cartografía de 1:50,000, de acuerdo con el concepto de área mínima mapeable (Salitchev, 1979; Priego et al., 2008). Asimismo, se realizó una edición manual con verificación de las imágenes analizadas con el objetivo de corregir algunas inconsistencias.

Después, para describir la dinámica de los cambios de las coberturas, se calcularon las tasas de cambios de acuerdo con la ecuación 1 establecida por la FAO (1996). Esta tasa expresa el porcentaje de cambio en la superficie al inicio de cada año. Los resultados describen las transiciones de todas las coberturas y usos de suelo.

$$\delta_n = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^{1/n} - 1 \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde  $\delta$  es la tasa de cambio (para expresar en porcentaje hay que multiplicar por 100);  $S_1$  es la superficie del tiempo 1;  $S_2$  es la superficie del tiempo 2; y  $n$  es el número de años entre las dos fechas.

Finalmente, se realizó una evaluación temática de fiabilidad para los mapas de cobertura y uso de suelo del año 2000 y 2014. Para ello se utilizaron puntos del muestreo sistemático del inventario nacional forestal (IFN) y de suelos para la República Mexicana 2004-2009 con información adicional del segundo ciclo de inventario 2009-2014.

Para la evaluación del año 2000, en total se utilizaron 319 puntos de muestreo del IFN de las coberturas selva, bosque, vegetación secundaria, matorral, agricultura, y complementada con 96 puntos más, adquiridos con Google Earth en donde se incluyó a la cobertura de agua, área urbana y áreas sin vegetación. Los puntos adicionales se los obtuvieron marcando sitios de muestreo cada 5 kilómetros de distancia, esto siguiendo el patrón de distribución de los puntos de referencia que presenta el muestreo sistemático del IFN. De esta manera se atendió a obtener al menos 10 puntos de referencias para las categorías que no presenta el IFN.

Para la evaluación del 2014, los puntos de muestreo fueron verificados nuevamente sobreponiéndolos sobre la cobertura de suelo con Google Earth para el 2014, de esta forma pudimos ver si la cobertura de suelo cambió luego de que se hizo el muestreo, por lo que decidimos excluir algunos puntos de muestreo del análisis por la no coincidencia con la cobertura original de muestreo. En total se evaluó la fiabilidad del mapa del 2014 con 365 puntos de muestreo.

Para este análisis se utilizó la herramienta de evaluación de la exactitud de mapas temáticos desarrollada por Mas et al. (2014) en DINAMICA EGO, y se determinó la fiabilidad general de los mapas temáticos generado en este trabajo.

*Tabla 1. Serie de imágenes Landsat (Path/Row) de 2000 y 2014 para la región Huasteca. Datos disponibles en el sitio web U.S. Geological Survey. <http://glovis.usgs.gov>.*

| Región   | Path/Row | Sensor | Fecha de las imágenes |
|----------|----------|--------|-----------------------|
| Huasteca | P25R045  | ETM+   | 06/09/2000            |
|          | P25R046  |        | 06/09/2000            |
|          | P26R043  |        | 18/12/2000            |
|          | P26R044  |        | 18/12/2000            |
|          | P26R046  |        | 21/03/2000            |

|  |         |     |            |
|--|---------|-----|------------|
|  | P27R043 |     | 26/11/2001 |
|  | P27R044 |     | 09/12/2000 |
|  | P27R045 |     | 16/11/2001 |
|  | P26R045 | TM  | 02/10/2000 |
|  | P25R045 | OLI | 14/04/2014 |
|  | P25R046 |     | 14/04/2014 |
|  | P26R043 |     | 15/01/2014 |
|  | P26R044 |     | 15/01/2014 |
|  | P26R045 |     | 18/04/2013 |
|  | P26R046 |     | 31/01/2014 |
|  | P27R043 |     | 22/01/2014 |
|  | P27R044 |     | 22/01/2014 |
|  | P27R045 |     | 12/04/2014 |

Por otro lado, los insumos utilizados para el modelado de cambios de cobertura y uso de suelo fueron variables biofísicas y socioeconómicas tales como el modelo digital de elevación, la pendiente, distancias a caminos, distancia a poblaciones, distancia a rasgos hidrográficos, tenencia de la tierra, distancia euclidiana a cada tipo de cambio de cobertura y uso de suelo, tipo de tenencia de la tierra, tipo de suelo (edafología) y distancia a ciertos puntos de calor con probabilidad mayor al 80% (probables incendios forestales). Algunas de estas variables (Tabla 2) fueron calculadas en el programa DINAMICA EGO.

*Tabla 2. Insumos cartográficos utilizados para el modelado de cambios de cobertura y uso de suelo en la Huasteca.*

| <b>Insumo Cartográfico</b>       | <b>Descripción</b>   | <b>Fuente</b>  | <b>Escala y/o resolución</b>   |
|----------------------------------|--|--|--|
| Mapa de cobertura y uso de suelo | Mapas de CUS para 2000 y 2014, ocho categorías                             | Elaboración propia   | Escala del trabajo 1:50,000, rasterizado a pixeles de 100 m                |
| Modelo digital de elevación      | Recorte del continuo mexicano de elevación                                 | INEGI  | Basado en mapas topográficos 1:50,000 pixeles de 15 m, rasterizado a 100 m |
| Pendiente                        | Pendiente en grados obtenidos a partir del MDE (calculado en DINAMICA EGO) | INEGI  | Basado en mapas topográficos 1:50,000 pixeles de 15 m, rasterizado a 100 m |
| Distancia a caminos              | Distancia euclidiana a carreteras (calculado en DINAMICA EGO)              | Mapa de Red Nacional de Caminos INEGI  | 1:50,000, rasterizado a pixeles de 100 m                                   |
| Distancia a poblaciones          | Distancia euclidiana a poblaciones (calculado en DINAMICA EGO)             | Mapa INEGI: poblados rurales y urbanos ubicados a partir del censo general de población y vivienda | Rasterizado a pixeles de 100 m   |

|                                  |   | 2010   |   |
|----------------------------------|---|--|---|
| Distancia a rasgos hidrográficos | Distancia a corrientes y cuerpos de agua (calculado en DINAMICA EGO)          | INEGI  | 1:1,250,000, rasterizado a pixeles de 100 m                               |
| Áreas protegidas                 | Polígonos de áreas naturales protegidas y sitios Ramsar                       | CONANP   | 1:250,000 rasterizado a pixeles de 100 m                                  |
| Tenencia de la tierra            | Categorías de propiedad de los terrenos                                       | Registro agrario nacional  | Basado en un archivo de datos vectoriales, rasterizado a pixeles de 100 m |
| Distancia a ciertos CUS          | Distancia euclidiana cada tipo de CUS del año anterior                        | Elaboración propia   | Pixeles de 100 m  |
| Edafología                       | Polígonos de los tipos de suelo   | Mapa de tipos de suelo INIFAP  | Mapa 1:250,000 rasterizado a 100 m  |
| Puntos de calor (incendios)      | Distancia euclidiana a ciertos puntos de incendio (calculado en DINAMICA EGO) | Puntos de calor obtenidos de MCD14DL:<br>MODIS/Aqua+Terra Thermal Anomalies/Fire locations 1km FIRMS<br>V005 NRT (Vector data) | Rasterizado a pixeles de 100 m  |

Fuente: elaboración propia.

Para realizar la simulación de escenarios futuros de CCUS se utilizó el programa DINAMICA EGO, el cual anteriormente ha sido empleado en varios estudios sobre esta temática (Soares-Filho et al., 2002). Este software se basa en algoritmos de autómatas celulares y pesos de evidencia de distintas variables biofísicas y socioeconómicas que son los principales factores causales de la transformación en las coberturas y el uso de suelo en la región. DINAMICA EGO considera los fenómenos espaciales y temporales enlazados a los procesos de cambio a través del tiempo, y es implementado para diferentes estudios la deforestación (Soares-Filho et al., 2002, 2004, 2006; Reyes et al., 2009, Mas & Flamenco, 2011; Sahagún-Sánchez et al., 2011). El modelo de CCUS requiere de una organización y estructuración de base de datos cartográficos multi-temporal de tipo raster con la información sobre el uso de suelo, a partir de la cual se estiman las tasas de transición en las diferentes fechas (Mas & Flamenco, 2011).

De esta manera, para el modelado se eligieron variables biofísicas y socioeconómicas, que pueden tener influencia sobre los cambios y se determinaron los pesos de evidencia para cada una de ellas. Las variables seleccionadas fueron homologadas a formato raster misma

georreferencia, tamaño de pixel (100m x 100m) todo esto en el software R 3.2.2., y posteriormente fueron exportadas a DINAMICA EGO para realizar el modelo de CCUS.

#### **4. Métodos**

Se interpretaron imágenes Landsat tomando como base la reclasificación de clases de cobertura y uso de suelo elaborada por Peralta-Rivero et al. (2014) con base a cartografía del INEGI. Asimismo, se justifica la simplificación de solo ocho clases de acuerdo a Anderson (1976), quien especifica que al realizar una clasificación a nivel interestatal o estatal (caso del presente trabajo), las imágenes Landsat son aceptables para este nivel de interpretación debido a que se pueden diferenciar clases espectrales para una escala regional, pero no a nivel local o de mucho detalle.

Por otro lado, el proceso de modelación se basa en el análisis de los CCUS del pasado que permite evaluar las tasas de cambio entre los diferentes tipos de coberturas y uso del suelo y la relación especial entre la localización de estos cambios y variables explicativas que influyen la distribución espacial de los cambios. Con base en este análisis, se pueden identificar las áreas propensas o de probabilidad de cambios y se pueden elaborar mapas prospectivos de cobertura y uso de suelo. Un modelo basado en un escenario tendencial utiliza los mismos patrones de cambio que los observados en el periodo anterior (Mas & Flamenco, 2011).

El producto derivado de las simulaciones facilitan la proyección de escenarios sobre las posibles consecuencias ecológicas y socioeconómicas de las transformaciones en los paisajes y son de gran ayuda para el ordenamiento y la planeación territorial, y una herramienta valiosa para la toma de decisiones sobre alternativas de manejo o aprovechamiento (Soares-Filho *et al.*, 2002; Sahagún-Sánchez et al., 2011).

En la figura 2 se presenta los principales pasos de la modelación, los cuales se describen con más detalle en la siguiente sección.

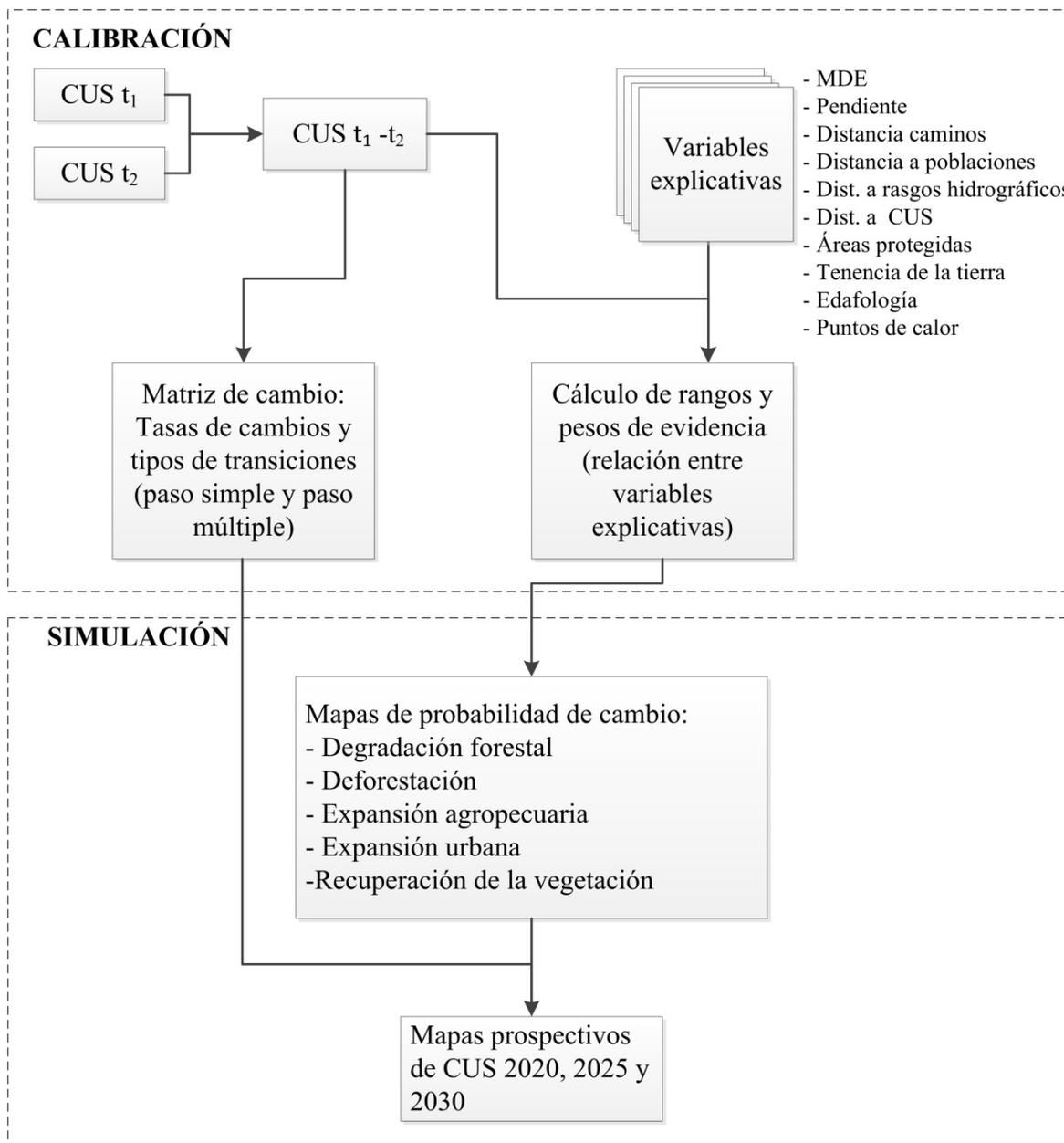


Figura 2. Pasos del proceso de modelación de cobertura y uso de suelo.

#### 4.1 Calibración del modelo

En esta etapa se analizó los CCUS para evaluar los patrones de cambio y brindar información al modelo para determinar la cantidad de cambio, los tipos de transiciones y la localización más probable, esto, a partir de la información de dos mapas de cobertura de la misma área pero de distintas fechas (2000 y 2014), en donde se observó las transiciones durante un periodo de 14 años. Esto permitió cuantificar las tasas de transición para evaluar posteriormente los factores que influyen en la distribución de los cambios.

Cómo primer paso en la calibración del modelo, con base en la cobertura de uso de suelo del año 2000 y 2014 se calculó una matriz cambio, la de paso simple que considera el tiempo total transcurrido entre las fechas de los mapas y después se calculó una matriz anualizada o de paso múltiple (Apéndice 1).

La matriz de cambio indica la superficie o el número de píxeles que realiza cierta transición en un periodo, que para el presente caso de estudio es 2000-2014. La matriz de paso simple (single-step matrix) representa las tasas de transición para un único intervalo de tiempo (intervalo total) entre el estado inicial y final de un paisaje. Por el contrario, la matriz de paso múltiple (multiple-step matrix) representa las tasas de transición para cada periodo de tiempo especificado al dividir el intervalo de tiempo total por el número de pasos que se desea analizar. Las tasas de transición determinan la cantidad neta de cambios, es decir, el porcentaje del área que será cambiado a otro estado (a un tipo de cobertura o uso de suelo diferente al original) (Soares-Filho et al., 2009).

En sí, la matriz de cambio puede transformarse en una matriz con tasas de transición de cambios (matriz de Markov) que indica la probabilidad de ocurrencia de cada transición durante un año (ecuación 2) y permite realizar proyecciones sobre una base anual (Soares-Filho et al., 2002).

$$P^t = HV^t H^{-1} \quad (\text{ecuación 2})$$

Donde P es la matriz de transición original, H es la matriz de vectores propios y V es la matriz de valores propios. Por último, t es el número de años del periodo correspondiente a la matriz (Takada et al., 2010).

Para identificar áreas más susceptibles a CCUS, se comparó cartográficamente, para cada transición, la localización de los cambios respecto a diferentes variables explicativas cartografiadas que se muestran en la Tabla 1. Esta comparación permite establecer una relación entre el potencial de cambio y las variables a través de diferentes enfoques como análisis multi-criterio, regresiones, pesos de evidencia o redes neuronales, entre otros (Mas & Flamenco, 2011).

Finalmente, el modelo describe de manera confiable (dependiendo de la calidad o fiabilidad de los mapas) la tasa de cambio entre las diversas clases de cobertura y uso de suelo (Velázquez et al., 2002).

Posteriormente se cálculo los rangos, pesos de evidencias y se efectuó un análisis de correlación entre mapas. Se calcularon los rangos para categorizar las variables continuas, esto debido a que los pesos de evidencias solo se pueden calcular para variables categóricas, lo cual fue necesario crear rangos para categorizar las variables continuas para posteriormente derivar los pesos de evidencia. Se propusieron intervalos para cada variable continua (rasgos hidrográficos, distancia a puntos de calor o posibles incendios, distancia a agricultura y pastizal principales cambios de cobertura y uso de suelo, distancia a caminos, distancia a población, la pendiente y el modelo digital de elevación) con el propósito de mejorar la estructura de los datos (Apéndice 2).

Por otro lado, los pesos de evidencia se derivan de las probabilidades condicionales, que son las probabilidades que ocurra un evento dada cierta condición. Por ejemplo, la probabilidad que un área forestal sea deforestada dado que está ubicada dentro de un área protegida o no. Con base en el mapa de cambio y los mapas de variables explicativas, se puede calcular la proporción (probabilidad) de cambio en diferentes categorías de las variables explicativas. Estos cálculos permiten asociar un peso de evidencia  $w_+$  a cada categoría y para cada tipo de cambio. Un peso de evidencia  $w_+$  superior a 0 indica que la categoría tiende a favorecer el cambio mientras que un peso con valor negativo indica que tiende a inhibir este cambio. La ventaja del enfoque de los pesos de evidencia es que se puede sumar los pesos asociados a diferentes variables (con el cuidado de utilizar variables independientes, es decir con poca correlación) (Soares-Filho et al., 2009).

Los pesos de evidencia se calcularon a través del método Bayesiano, en el que el efecto de una variable espacial en una transición es calculada de manera independiente (Soares-Filho et al., 2009) (Apéndice 3). Las variables determinan la ubicación de los cambios en el modelo y pueden ser estáticas o dinámicas. Las variables se combinan sumando sus pesos de evidencia para obtener un mapa de probabilidad transicional que despliega las áreas más propensas de cambios.

Debido a que los pesos de evidencia en los mapas al ser utilizados como insumos tienen que ser espacialmente independientes. Un conjunto de medidas pueden ser aplicadas para determinar la validez de este supuesto, tales como el test de Cramer y el test de la información de Incertidumbre-Conjunta (Joint Uncertainty) (Bonham-Carter, 1994).

Para el presente análisis, el test de Cramer el límite de tolerancia fue de 0.45 y para el test de la incertidumbre conjunta de 0.35 esto de acuerdo a Almeida (2003), Mas & Flamenco (2011) y Sahagún-Sánchez et al. (2011). Para ello, primero se calculó la correlación (Apéndice 3) entre las diferentes variables, y aquellas que estaban correlacionadas fueron eliminadas, y de esta manera se obtuvo una tabla con pesos editados. En este contexto, el modelo realiza pruebas pareadas para mapas categóricos con el fin de comprobar el supuesto de independencia.

Posteriormente, con base en los pesos de evidencia y los mapas de las variables explicativas se elaboraron mapas de probabilidad de cambios (Apéndice 4). Los pesos de evidencias previamente editados producto de la correlación entre variables, es permitido para facilitar la calibración del modelo, aunque también se puede editar el valor de los pesos de ciertas categorías para facilitar la inclusión de conocimiento experto (Soares-Filho et al., 2009; Mas & Flamenco, 2011; Sahagún-Sánchez et al., 2011).

Los mapas de probabilidad generados corresponden aquellos que tienen que ver con la pérdida de los recursos forestales como la degradación forestal y deforestación, la recuperación de la vegetación, la expansión agropecuaria por la dinámica de cambios de pastizales y áreas agrícolas y la expansión urbana.

#### **4.2 Simulación del modelo**

Este cálculo de simulación se realizó para cada paso de tiempo ya que ciertas variables explicativas dinámicas se actualizan a cada paso de tiempo de la modelación como por ejemplo la distancia a ciertos tipos de CCUS. De esta forma, los mapas simulados se van reclasificando según las áreas susceptibles al cambio en nuevas clases de coberturas y usos de suelo.

Para ello, DINAMICA EGO usa dos funciones de transición complementarias a través de la técnica de autómatas celulares. La primera es una función llamada *patcher* diseñada para simular la formación de nuevos parches como por ejemplo deforestación aislada en una selva. La otra es denominada *expander* que simula los cambios por expansión o contracción de parches ya existentes de distintas clases, como por ejemplo la expansión o reducción de la frontera agrícola (Mas et al., 2010).

Para el presente análisis se utilizó tanto el expander como el patcher ya que los CCUS ocurridos en la Huasteca muestran una dinámica de cambio en ambas formas. Asimismo, se definió el tamaño promedio, la varianza y la isometría de las áreas o parches según el conocimiento sobre la dinámica de CCUS, esto para simular cambios tanto por expansión como por parches en tamaños ajustados lo más posible a la realidad.

El modelamiento prospectivo de cambio se deriva de una simulación de cambio de cobertura y uso del suelo, en el cuál el software hace esto siguiendo un conjunto de reglas de transición preestablecidas y a cada celda le asigna una clase dependiendo del estado de las celdas vecinas (White & Engelen, 2000). El resultado de la simulación son mapas prospectivos que representan escenarios de la proyección de las trayectorias de cambio de acuerdo a las tendencias históricas encontradas (Soares-Filho et al., 2009; Sahagún-Sánchez et al., 2011).

De esta manera se llevaron a cabo dos modelaciones: 1) un escenario tendencial con base en información el cual sigue el patrón de cambio de uso de suelo del periodo 2000-2014, tomando en cuenta sólo 14 transiciones en la que se prioriza aquellas con un valor de probabilidad mayor a 1%, y que tienen que ver con la degradación forestal y deforestación, la recuperación de la vegetación, la expansión agropecuaria y la expansión urbana; y 2) un escenario tendencial con 54 de las 56 posibles transiciones que se pueden modelar en este análisis (Apéndice 5).

Debido a que el modelo de Markov utiliza los cambios ocurridos para calcular la probabilidad de cambio en un periodo de tiempo igual al de los cambios iniciales (García et al., 2005), los cambios de cobertura y uso de suelo del periodo analizado (2000-2014), fueron proyectados para un periodo igual de años, tiempo igual al de los cambios iniciales (hasta el 2028), que para el presente trabajo se extendió hasta el 2030.

## **5. Resultados**

### **5.1 Dinámica de cambios de cobertura y uso de suelo**

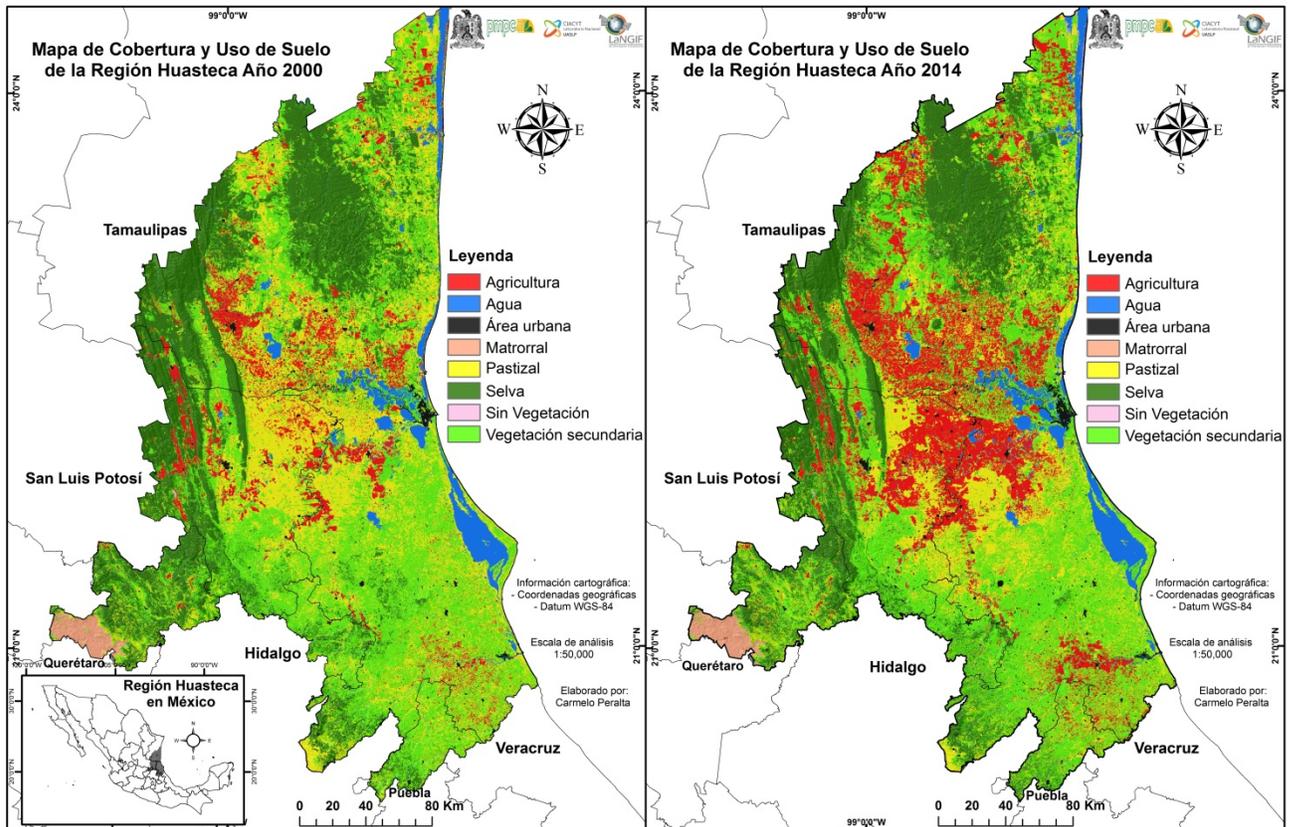
La fiabilidad general de la evaluación del mapa para el año 2000 fue de 0.79 ( $\pm 0.048$ ) y para el año 2014 de 0.82 ( $\pm 0.049$ ) (Apéndice 6), que en términos de confiabilidad, según Mas et al. (2009), los mapas son catalogados de alta confiabilidad al presentar valores mayores a 79%. Ya en el análisis de la dinámica de CCUS podemos entender la trayectoria evolutiva de la cobertura y uso de suelo en un lapso de tiempo de 14 años. La tabla 3 indica

que en la región Huasteca hubo un aumento considerable de la agricultura (5.91% anual) y una disminución paulatina de pastizales (2.24% anual). Asimismo, la vegetación secundaria y el área urbana han aumentado de superficie. La cobertura “selva” ha disminuido su superficie en 203,840 ha hasta el año 2014, y su tasa de cambio es de 0.97% anual (Tabla 3) (Figura 2).

*Tabla 3. Dinámica de los cambios de cobertura y uso de suelo en la región Huasteca para el periodo 2000-2014.*

| <b>Clases</b>         | <b>2000 (ha)</b> | <b>2014 (ha)</b> | <b>2000 (%)</b> | <b>2014 (%)</b> | <b>Cambio en (ha)</b> | <b>Tasa de cambio (r)</b> |
|-----------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Agricultura           | 491,765          | 1,098,928        | 7.49            | 16.73           | 607,163.00            | 5.91                      |
| Agua                  | 261,846          | 267,817          | 3.99            | 4.08            | 5,971.00              | 0.16                      |
| Área urbana           | 47,949           | 78,272           | 0.73            | 1.19            | 30,323.00             | 3.56                      |
| Matorral              | 62,031           | 64,863           | 0.94            | 0.99            | 2,832.00              | 0.32                      |
| Pastizal              | 1,711,340        | 124,6223         | 26.06           | 18.98           | -465,117.00           | -2.24                     |
| Selva                 | 1,601,205        | 1,397,365        | 24.38           | 21.28           | -203,840.00           | -0.97                     |
| Sin vegetación        | 4,162            | 9,027            | 0.06            | 0.14            | 4,865.00              | 5.69                      |
| Vegetación secundaria | 2,387,355        | 2,405,158        | 36.35           | 36.62           | 17,803.00             | 0.05                      |
| Total                 | 6,567,653        | 6,567,653        | 100             | 100             |                       |                           |

En la figura 3 se puede observar que el aumento de la agricultura se ha producido sobre todo en la parte centro de la Huasteca en dónde existe poca pendiente con bajas elevaciones. Por otro lado, las selvas primarias se encuentran localizadas sobre todo en la sierra lo que por el momento limita la ampliación de la frontera agrícola.



**Figura 3.** Cobertura y uso de suelo en la región Huasteca para el periodo 2000-2014.

Para entender mejor la dinámica de cambios de cobertura y uso de suelo, las matrices de cambios para todo el periodo y la matriz anualizada presentan en detalle la transición entre cada clase (Tablas 4 y 5).

En la tabla 4 los valores corresponden a porcentajes de la superficie a la que fue transformada, o al CCUS en el intervalo de tiempo considerado. Entre 2000 y 2014 las selvas y la vegetación secundaria cambiaron a agricultura en 1.2% y 10% respectivamente. De igual manera, la cobertura pastizal pasó a agricultura en un 28%. Otro de los principales cambios fue por ejemplo la transformación de la selva a vegetación secundaria en un 22%.

**Tabla 4.** Matriz de cambios en cobertura y uso de suelo de paso simple para el periodo total 2000–2014.

| De/A        | Agricultura | Agua  | Área urbana | Matorral | Pastizal | Selva | Sin vegetación | Vegetación secundaria |
|-------------|-------------|-------|-------------|----------|----------|-------|----------------|-----------------------|
| Agricultura | xxxx        | 0.009 | 0.005       | ----     | 0.129    | 0.007 | 0.003          | 0.156                 |
| Agua        | 0.022       | xxxx  | 0.001       | ----     | 0.026    | 0.007 | 0.005          | 0.058                 |
| Área urbana | 0.034       | 0.004 | xxxx        | 0.000    | 0.044    | 0.002 | ----           | 0.086                 |
| Matorral    | 0.002       | 0.000 | 0.001       | xxxx     | 0.017    | 0.001 | ----           | 0.014                 |
| Pastizal    | 0.287       | 0.010 | 0.012       | 0.002    | xxxx     | 0.013 | 0.002          | 0.292                 |

|                              |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Selva</b>                 | 0.012 | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.023 | xxxx  | 0.000 | 0.222 |
| <b>Sin vegetación</b>        | 0.057 | 0.096 | 0.029 | ----  | 0.245 | 0.026 | xxxx  | 0.207 |
| <b>Vegetación secundaria</b> | 0.101 | 0.006 | 0.006 | 0.001 | 0.201 | 0.076 | 0.000 | xxxx  |

*Tabla 5. Matriz de cambios en cobertura y uso de suelo de paso múltiple para el periodo total 2000–2014.*

| <b>De/A</b>                  | <b>Agricultura</b> | <b>Agua</b> | <b>Área urbana</b> | <b>Matorral</b> | <b>Pastizal</b> | <b>Selva</b> | <b>Sin vegetación</b> | <b>Vegetación secundaria</b> |
|------------------------------|--------------------|-------------|--------------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------------|------------------------------|
| <b>Agricultura</b>           | xxxx               | 0.007       | 0.000              | ----            | 0.015           | ----         | 0.000                 | 0.014                        |
| <b>Agua</b>                  | 0.001              | xxxx        | 0.000              | ----            | 0.002           | 0.000        | 0.001                 | 0.005                        |
| <b>Área urbana</b>           | 0.002              | 0.000       | xxxx               | 0.000           | 0.004           | ----         | ----                  | 0.008                        |
| <b>Matorral</b>              | ----               | ----        | 0.000              | xxxx            | 0.002           | 0.000        | ----                  | 0.001                        |
| <b>Pastizal</b>              | 0.039              | 0.001       | 0.001              | 0.000           | xxxx            |              | 0.000                 | 0.041                        |
| <b>Selva</b>                 | 0.000              | 0.000       | ----               | ----            | ----            | xxxx         | 0.000                 | 0.024                        |
| <b>Sin vegetación</b>        | ----               | 0.011       | 0.003              | ----            | 0.043           | 0.002        | xxxx                  | 0.019                        |
| <b>Vegetación secundaria</b> | 0.005              | 0.000       | 0.000              | 0.000           | 0.031           | 0.008        | ----                  | xxxx                         |

## 5.2 Probabilidades de cambios de coberturas y usos de suelo

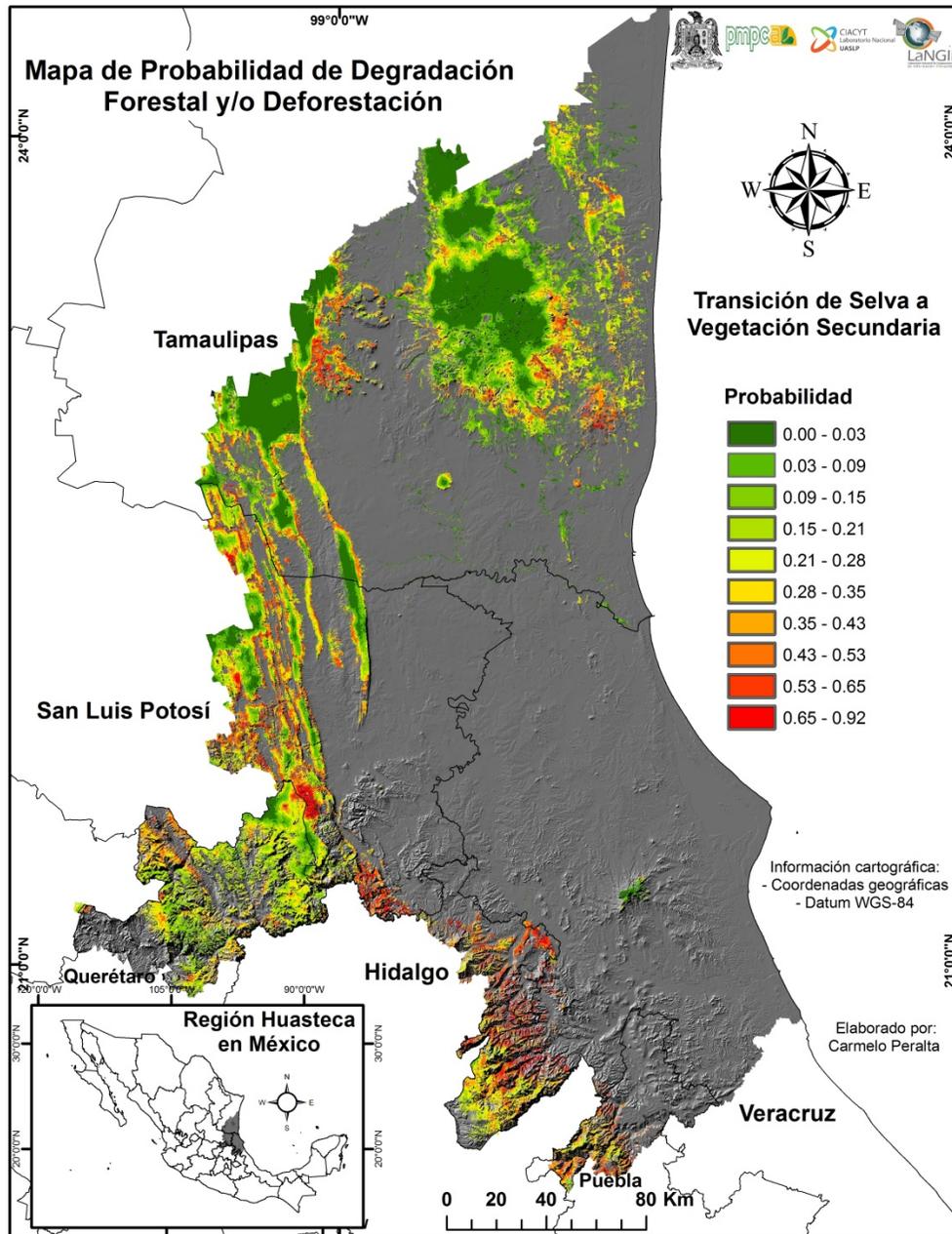
Como se pudo observar anteriormente en la tabla 3 y figura 2, una gran cantidad de cambios ocurrieron entre el periodo 2000-2014. Con base en las matrices de cambios presentadas en las tablas 4 y 5, se seleccionaron 14 transiciones que representan probabilidades de cambios mayores a 1% según la matriz de paso simple. Estas transiciones tienen que ver con el riesgo de degradación forestal o deforestación, expansión agrícola, recuperación de la vegetación y expansión urbana (Tabla 6).

*Tabla 6. Principales transiciones identificadas y mapeadas durante 2000 y 2014.*

| <b>Transición</b> | <b>Descripción de transición</b>    | <b>Tipo de transición</b>     | <b>Probabilidad paso simple (2000-2014)</b> | <b>Probabilidad paso múltiple (2000-2014)</b> |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---|---|
| 6 a 8             | Selva a vegetación secundaria       | Degradación y/o deforestación | 0.221                                       | 0.024   |
| 1 a 5             | Agricultura a pastizal              | Expansión agropecuaria        | 0.129                                       | 0.015   |
| 5 a 1             | Pastizal a agricultura              |                               | 0.286                                       | 0.038   |
| 7 a 5             | Sin vegetación a pastizal           |                               | 0.244                                       | 0.043   |
| 6 a 5             | Selva a pastizal                    | Deforestación                 | 0.022                                       | ----  |
| 6 a 1             | Selva a agricultura                 |                               | 0.011                                       | 0   |
| 8 a 1             | Vegetación secundaria a agricultura |                               | 0.101                                       | 0.005   |
| 8 a 5             | Vegetación secundaria a pastizal    |                               | 0.201                                       | 0.031   |

|       |  |                               |       |       |
|-------|--|-------------------------------|-------|-------|
| 8 a 6 | Vegetación secundaria a selva          | Recuperación de la vegetación | 0.076 | 0.008 |
| 1 a 8 | Agricultura a vegetación secundaria    |                               | 0.156 | 0.014 |
| 5 a 8 | Pastizal a vegetación secundaria       |                               | 0.292 | 0.041 |
| 7 a 8 | Sin vegetación a vegetación secundaria |                               | 0.207 | 0.019 |
| 7 a 3 | Sin vegetación a área urbana           | Expansión urbana              | 0.028 | 0.003 |
| 5 a 3 | Pastizal a área urbana                 |                               | 0.011 | 0.001 |

Las principales áreas con riesgo a degradación forestal y/o deforestación debido a la posible transición de selva a vegetación secundaria son las zonas que se encuentran a los pies de monte de las sierras, tal como se puede observar en la figura 4. Las áreas de color verde oscuro representan aquellas de menor probabilidad de cambios mientras que las áreas rojas oscuras son aquellas con mayor probabilidad de que ocurra la degradación y/o deforestación.



*Figura 4. Mapa de probabilidad de degradación forestal y/o deforestación en la región Huasteca para después del año 2014.*

Asimismo, se elaboró otros cuatro mapas de probabilidad de deforestación que tienen que ver con el cambio de cobertura de selva y vegetación secundaria a usos con la agricultura y pastizales (Figura 5). En la figura 4 se puede observar que las probabilidades de que la deforestación directa ocurra son en las zonas con poca elevación. Las áreas verdes son aquellas áreas de menor probabilidad mientras que las áreas rojas son aquellas de mayor probabilidad de cambio.

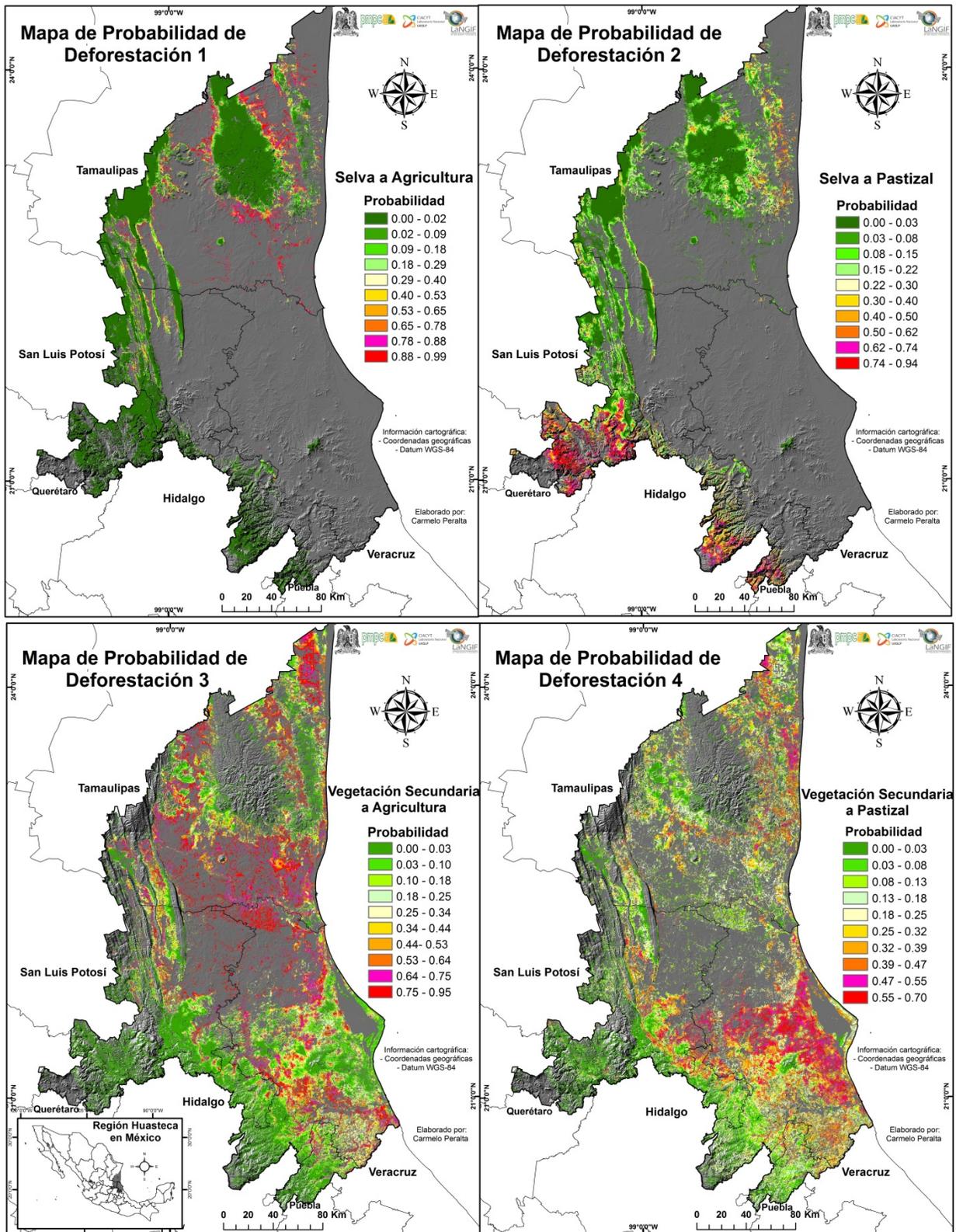


Figura 5. Mapa de probabilidad de deforestación directa en la región Huasteca para después del año 2014.

De igual manera, en la figura 6 se muestran los mapas de probabilidad de que la agricultura y pastizal aumenten su superficie después del año 2014.

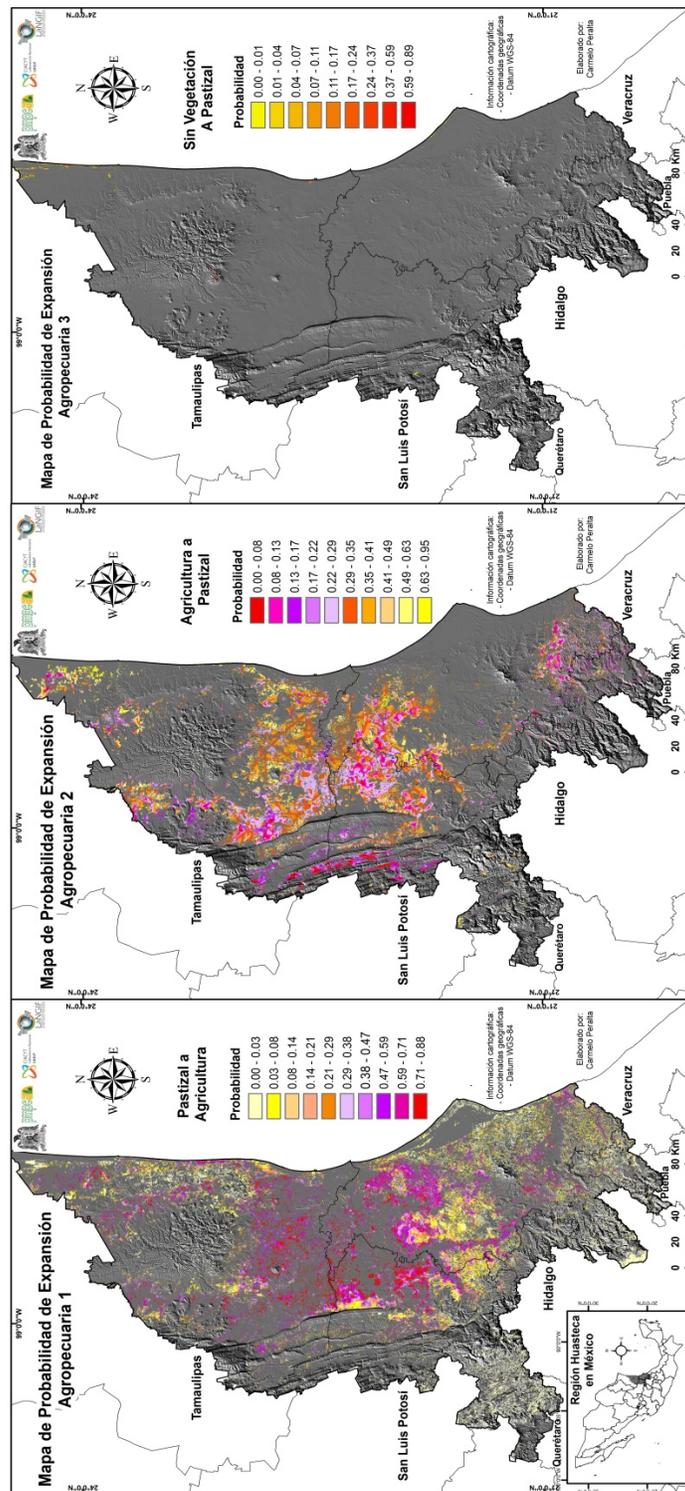


Figura 6. Mapa de probabilidad de expansión de la frontera agrícola y de pastizales en la región Huasteca para después del año 2014.

Otras probabilidades de cambios por actividades antrópicas, tienen que ver con la expansión urbana. En la figura 7 se puede observar que algunas áreas del norte y centro sean probables que pasen estar sin vegetación a ser ocupadas por áreas urbanas. Asimismo, áreas de color azul indican mayores probabilidades de cambios.

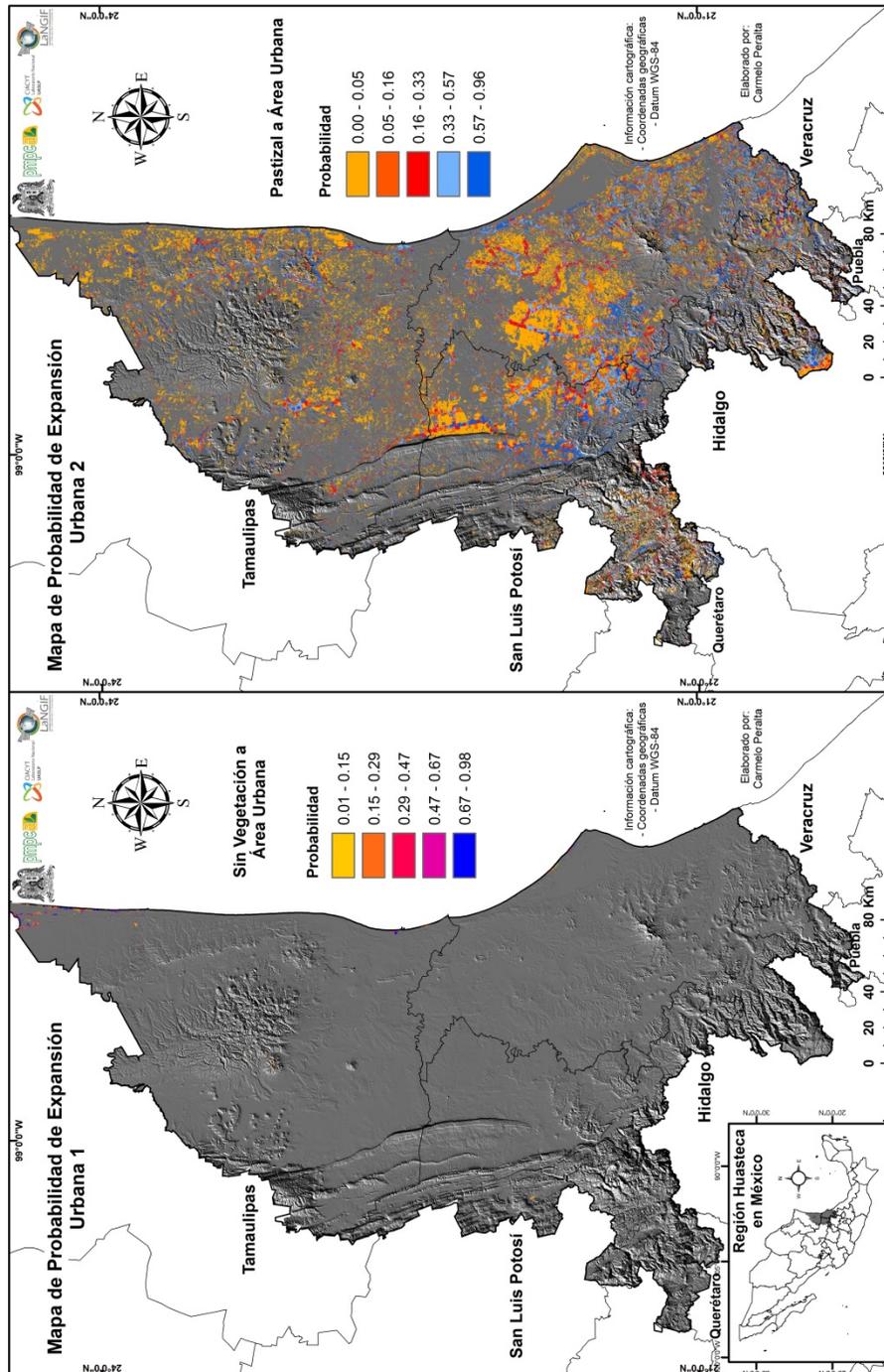


Figura 7. Mapa de probabilidad de expansión urbana en la región Huasteca para después del año 2014.

Finalmente, al igual que existen probabilidades de pérdida de los recursos forestales, expansión agropecuaria y urbana, también existen probabilidades de que la vegetación pueda recuperarse tal como se indica en los mapas de la figura 8. Las áreas verdes indican mayor probabilidad de recuperación.

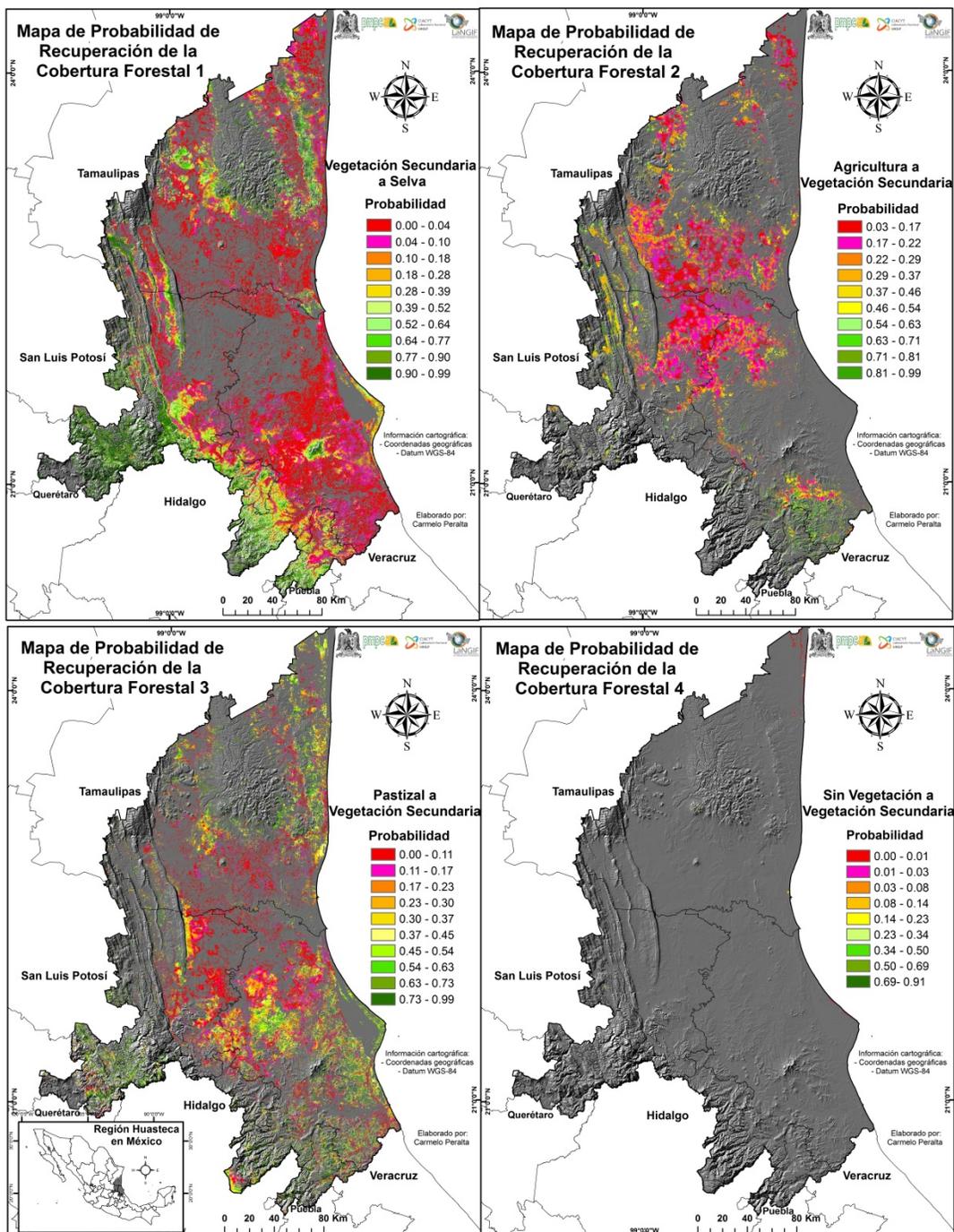


Figura 8. Mapas de probabilidad de recuperación de la vegetación en la región Huasteca para después del año 2014.

### 5.3 Escenarios futuros

De acuerdo a los resultados obtenidos en la calibración del modelo, se realizó la simulación de mapas prospectivos de susceptibilidad al cambio futuro de las coberturas y usos de suelo. De continuar con las tendencias encontradas entre 2000 y 2014, para el año 2020 se habrán perdido alrededor de 81,848 ha de selvas y 30,400 ha de vegetación secundaria. La cobertura que incrementaría en mayor superficie para ese entonces sería la agricultura hasta 1,245,348 ha con una tasa positiva de cambios de 2.11%.

Para el 2025 la superficie agrícola alcanzaría los 1,340,854 ha y hasta el 2030 llegaría a los 1,418,888 ha, representando así el 21.6% de la superficie de la Huasteca, tan solo superada por la vegetación secundaria, la cual sería de 2,323,422 ha (35.38%) (Tabla 7). Otras coberturas que aumentarían su superficie serían área urbana, matorral, sin vegetación y aguas. La cobertura pastizal de alguna manera vendría siendo reemplazado principalmente por la agricultura disminuyendo hasta el 17.61%.

*Tabla 7. Superficies de cobertura y uso del suelo y tasas de cambios en la región Huasteca, obtenidas de la simulación para los escenarios futuros del 2020, 2025 y 2030.*

| Clases                | 2000 (ha) | 2014 (ha) | 2020 (ha) | 2025 (ha) | 2030 (ha) | Tasa de cambio 2014-2020 | Tasa de cambio 2014-2025 | Tasa de cambio 2014-2025 |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Agricultura           | 491,765   | 1,098,928 | 1,245,348 | 1,340,854 | 1,418,888 | 2.11                     | 1.83                     | 1.61                     |
| Agua                  | 261,846   | 267,817   | 273,875   | 278,983   | 284,139   | 0.37                     | 0.37                     | 0.37                     |
| Área urbana           | 47,949    | 78,272    | 88,674    | 96,618    | 104,010   | 2.10                     | 1.93                     | 1.79                     |
| Matorral              | 62,031    | 64,863    | 65,791    | 66,517    | 67,197    | 0.24                     | 0.23                     | 0.22                     |
| Pastizal              | 1,711,340 | 1,246,223 | 1,192,817 | 1,169,421 | 1,156,675 | -0.73                    | -0.58                    | -0.46                    |
| Selva                 | 1,601,205 | 1,397,365 | 1,315,917 | 1,255,593 | 1,201,277 | -1.00                    | -0.97                    | -0.94                    |
| Sin vegetación        | 4,162     | 9,027     | 10,473    | 11,355    | 12,045    | 2.51                     | 2.11                     | 1.82                     |
| Vegetación Secundaria | 2,387,355 | 2,405,158 | 2,374,758 | 2,348,312 | 2,323,422 | -0.21                    | -0.22                    | -0.22                    |

Las principales áreas que sufrirían CCUS serían sobre todo la parte centro de la Huasteca con una expansión de la superficie agrícola hacia la región de la Huasteca Veracruzana. Asimismo, las áreas que perderían superficie forestal como las selvas hasta el 2030, serían la Huasteca Potosina y Tamaulipeca, y en menor proporción la Huasteca Queretana, Poblana e Hidalguense (Figura 9). Por otro lado, mediante la simulación se puede notar la formación de un corredor agropecuario (cobertura agrícola y pastizales) que se va extendiendo desde tierras bajas del sur de la Huasteca hasta el norte, evitando parcialmente la sierra.

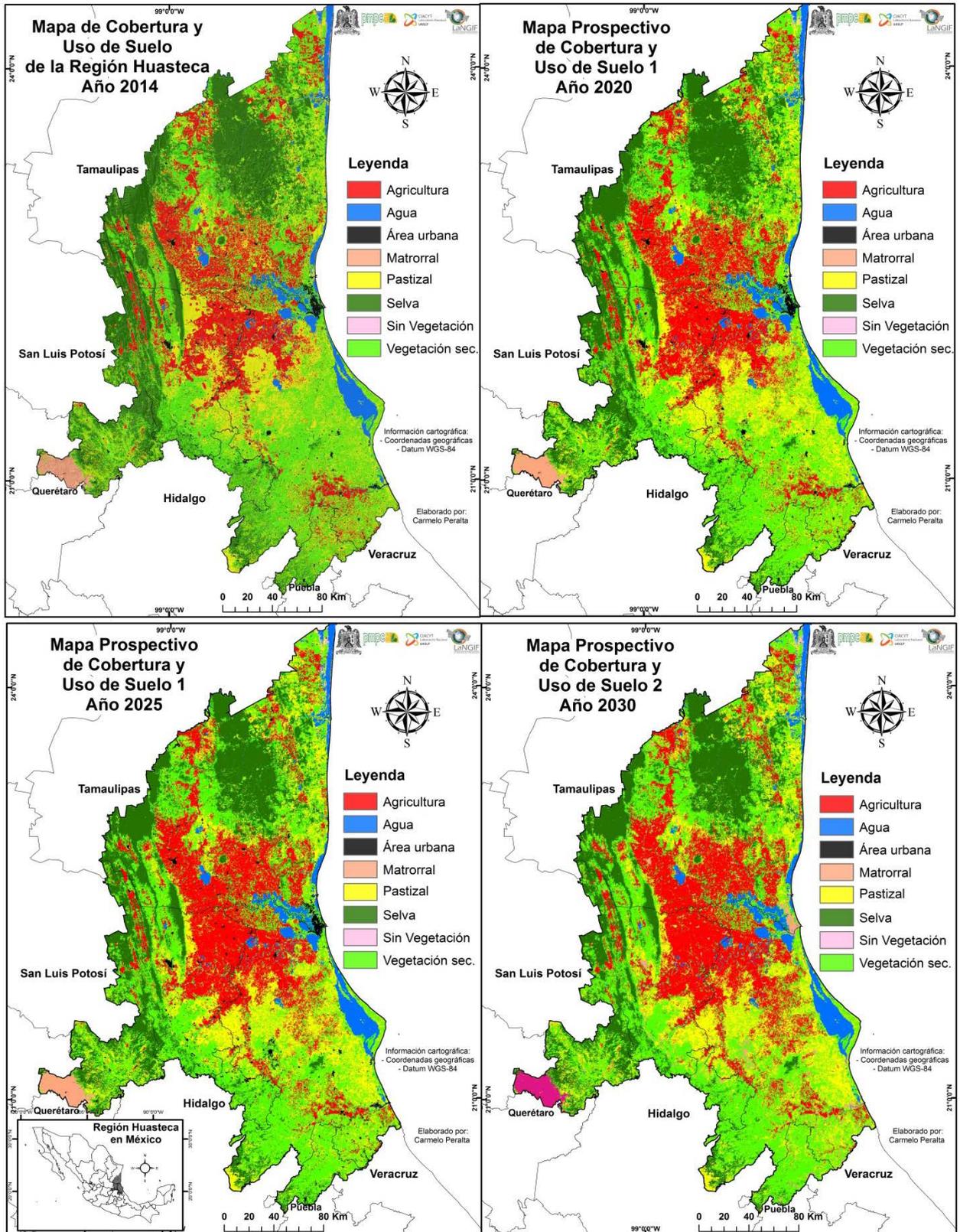


Figura 9. Mapas prospectivos de cobertura y uso de suelo para el año 2020, 2025 y 2030, simulados en DINAMICA EGO.

## 6. Discusión

No hay dudas de que en la región Huasteca, los procesos de cambios de cobertura y uso de suelo, y la deforestación directa siguen siendo un problema complejo de resolver. Las tasas de deforestación (-0.97% anual) calculadas en este trabajo, demuestra que entre 2000 y 2014 se han perdido alrededor de 203,840 ha y refleja que la magnitud de este fenómeno antrópico ha disminuido levemente en relación a periodos de alta deforestación ocurridos entre 1976-2002, en donde Peralta-Rivero et al. (2014a; 2014b) reporta tasas de cambios para selvas de -2.1% entre 1976 y 1993 y de -1.41% entre 1993-2002a. No obstante, las tasas de cambios para selva en este trabajo es superior a las reportadas por Peralta-Rivero et al. (2014a) para el periodo 2002-2011, que en consecuencia pareciera ser que en la Huasteca los procesos de pérdida de cobertura forestal se estarían reduciendo cuando se reportó que no hubo pérdidas de selvas entre 2002-2007 al tener una tasa de cambio positiva de 0.05% que para el periodo 2007-2011 volvería a ver una tasa de cambio de -0.05%. Diferencias entre estos trabajos podríamos atribuirle a las diferencias en las escalas de análisis y diferencias metodológicas.

Por otro lado, Sahagún (2012) argumenta que entre 1989 y 2005 la tasa de deforestación para selvas en la Sierra Madre Oriental (en San Luis Potosí) fue de -0.42%, la cual consideramos relevante para contrastar las tasas encontradas en nuestro trabajo, tratándose de que este estudio en parte se lo realizó dentro de lo que es la Sierra Madre Oriental (SMO), cuyas áreas poseen menor probabilidad a deforestación por las dificultades de realizar actividades antrópicas en áreas con altas pendiente y elevaciones. Sin embargo, la conversión de selva a otros usos es un fenómeno que se está dando en la SMO, tal como lo demuestra Ibarra (2008) cuando reporta que en la “Sierra del Abra de Tanchipa”, un área natural protegida en la Región Huasteca, fue modificada y deteriorada por las actividades humanas inducidas entre 1973 y 2005.

La cobertura que tiene un aumento considerable en cuanto a superficie en la Huasteca es la agricultura y la expansión urbana cuyas tendencias futuras de aumento según las simulaciones son altas. Asimismo, se puede observar una disminución de los pastizales. Esto lo relacionamos con el aumento exponencial de la población en las últimas décadas sobre todo en la región Huasteca de San Luis potosí, Tamaulipas y Veracruz (CONABIO,

2012b; 2012c) así como las tendencias reportadas para la Huasteca por Peralta-Rivero et al. (2014a) y a escala local por Peralta-Rivero et al. (2016).

En cuanto a tendencias futuras de CCUS, se obtuvieron probabilidades de hasta 92% de que exista degradación forestal y hasta 99% deforestación en la región Huasteca después del 2014, sobre todo para las áreas selváticas asentadas sobre la Sierra Madre Oriental en donde se encuentran los mayores remanentes forestales de la región. Sahagún et al. (2011) realizó algunas simulaciones de cambios de la cobertura forestal en la parte de la SMO de San Luis Potosí, y demuestra una tendencia de pérdida forestal en los próximos años, lo cual está relacionado con el presente trabajo debido a que las probabilidades calculadas en la mayoría de los casos son mayores al 90%.

Al ser la Huasteca una región muy heterogénea en cuanto a características sociales y ambientales, y al presentar altas dinámicas de cambios, hace de que al realizar simulaciones a escala regional en cuanto a CCUS, en algunos casos, los resultados no refleje la realidad a una escala local (comunidad, ejido o municipio) lo cual puede resultar en un efecto diferenciado en la configuración espacial de los cambios (Sahagún-Sánchez et al., 2011). Por tales razones, en este trabajo las simulaciones a escala regional pueden arrojar parámetros de CCUS a este nivel, lo cual es razonable al simular con variables socioeconómicas y ambientales representativas en la región.

En la calibración del presente modelo, las variables que presentaron mayor correlación fueron las distancias a poblaciones, distancias a puntos de calor con alta probabilidad de que fueron incendios y las distancias a rasgos hidrográficos. Dado que los pesos deben de ser espacialmente independientes, la alta correlación entre las variables se las resolvió aplicando el test de Cramer y el test de la información de Incertidumbre-Conjunta (Bonham-Carter, 1994), cuyos límites de tolerancia fueron de 0.45 y de 0.35 respectivamente de acuerdo a Almeida, (2003), Mas & Flamenco, (2011) y Sahagún-Sánchez et al. (2011).

Pese a que solo se simularon los CCUS en base a dos fechas (2000 y 2014), podemos decir que los resultados obtenidos son razonables según las tendencias definidas entre 2000 y 2014. En sí, la simulación resalta principalmente un cambio exponencial en la superficie sobre todo para agricultura y un cambio invertido de la superficie para selvas. Para la primera, según las proyecciones al 2030, la tasa de cambio sería de 1.6% anual mientras

que para selva la tasa de cambio podría ser de hasta -0.94%. Hay que tener en cuenta de que los mapas prospectivos arrojados en este trabajo deben interpretarse como la representación razonable de la cobertura y uso de suelo, y tal como lo mencionan Mas & Flamenco (2011), esto bajo ciertos supuestos y que en muchos casos la modelación no es un instrumento de predicción fiable. Por ejemplo, en este trabajo se hicieron simulaciones con 14 y 54 iteraciones según la dinámica de cambios de coberturas y usos de suelo, cuyos resultados arrojan cantidades diferenciadas en cuanto a CCUS, siendo mayores y a veces exagerados los cambios cuando se simula con menos iteraciones o transiciones entre clases.

Bajo ese razonamiento, la información derivada de esta simulación puede ayudar a definir la vulnerabilidad a la que pueden estar sujetos los ecosistemas así como las capacidades de adaptación que se le puede dar a la región estudiada (Metzger et al., 2006; Sahagún-Sánchez et al., 2011). Asimismo, es importante recalcar que la Huasteca es una zona de transición entre la región Neártica y Neotropical rica en biodiversidad, y también representa los medios de vida millones de personas que habitan estas tierras, por lo que cualquier cambio futuro en esta área, tendrá sus consecuencias socioeconómicas y ambientales, las cuales hay que considerar al momento tomar decisiones futuras en el aspecto social, económico y ambiental sobre esta región.

## **7. Conclusiones**

Los principales cambios de cobertura y uso de suelo en la región Huasteca para el periodo 2000-2014 están representados con un aumento exponencial de la agricultura, área urbana, área sin vegetación y vegetación secundaria, y con la disminución de selvas y pastizal, tal como se han reportado en otros estudios a escala local en la región.

Las probabilidades de deforestación son más altas en la parte de Tamaulipas y Querétaro mientras que la probabilidad de degradación se da sobre todo en la Sierra Madre Oriental que incluyen todos los estados que conforman la Huasteca.

La calibración del modelo permitió modelar y generar mapas prospectivos de cobertura y uso de suelo hasta el 2030, a través de los cuales se pudo realizar inferencias de que la agricultura es la cobertura que tendrá un mayor incremento en superficie de hasta el 1.6% anual y las selvas seguirán disminuyendo con una tasa de cambio de hasta -0.94% por año. De esta manera, hasta el 2030 se habrán incremento 319,960 ha de superficie agrícola y se habrán perdido 196,088 ha de selvas.

La simulación del modelo permitió identificar áreas vulnerables a procesos de CCUS y proceso de deforestación directa que pueden estar sujetos coberturas forestales y una serie de ecosistemas y debe servir para la toma decisiones futuras en el aspecto social, económico y ambiental sobre esta región.

## **8. Recomendaciones**

Debido a la gran importancia del estudio, es importante de aumentar al menos una fecha de cobertura y uso de suelo entre 2000 y 2014 para poder realizar ajustes en la calibración del modelo y poder de esta manera evaluar mapas temáticos obtenidos del modelado y el mapa base de cambio real, que para el presente estudio podría ser la serie del año 2014. De igual forma, es importante hacer otro modelado tomando en cuenta posibles toma de decisiones en el aspecto social, económico y ambiental que podrían generarse en las siguientes décadas para esta región.

Por último se recomienda realizar algún tipo de muestreo de elaboración propia de este trabajo para evaluar la fiabilidad de los mapas de cobertura y uso de suelo, esto para evitar algún tipo de sesgo que pudiera haber, al utilizar los puntos de muestreo el Inventario Nacional Forestal y de Suelo.

## **Referencias**

- Almeida C., Batty, M., Monteiro, M., Camara, G., Soares-Filho, B.S., Cerqueira, G., Pennachin, C.L. (2003). Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: empirical development and estimation. *Computers, Environment and Urban Systems* 27:481-509.
- Anderson, J., Hardy, E., Roach, J. & Witmer, R. (1976). A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. *Geological Survey Professional Paper* 964: 1-28.
- Bezaury-Creel, J.E., Torres, J., Ochoa-Ochoa, L.M., Castro Campo, M. & Moreno, N. (2009a). Base de datos geográfica de áreas naturales protegidas Estatales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Bezaury-Creel, J.E., Torres, J., Ochoa-Ochoa, L.M. Castro Campo M. & Moreno, N. (2009b). Base de datos geográfica de Áreas Naturales Protegidas Estatales y del

Distrito Federal de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Bonham-Carter, G. (1994). *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. New York: Pergamon.

Brunett, C. & Blaschke, T. (2003). A multi-scale segmentation/object relationship modelin methodology for landscape analysis. *Ecological Modelling* 168(3): 233-249.

Cabrera, A. (2002). *La Huasteca Potosina. Ligeros apuntes sobre este país*. Centro de investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, El colegio de San Luis. 136 pp.

Censo Agropecuario, (2007). VIII Censo agrícola, ganadero y forestal. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

CONABIO, (2010a). *Actividades económicas en México por municipio, año 2000, escala 1: 250,000*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Cruz, C., Vicens, R., Seabra, V., Balbi, R., Alvarenga, O., Richter, M., Kopke, P., Arnaut, E. & Araújo M. (2007). *Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000*. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, 5691-5698 pp.

CONABIO, (2010b). *Actividades económicas en México por municipio, año 2010, escala 1: 250,000*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CONABIO, (2012a). *Grado de marginación de México por municipio, año 2010, escala 1:1,000,000*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CONABIO, (2012b). *Grado de marginación de México por localidad, año 2010, escala 1:1,000,000*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

- CONABIO, (2012c). Distribución de la población en México por municipio, año 2010, escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO, (2012d). Actividades económicas en México por municipio, año 1990, escala 1: 250,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONANP, (2012). Áreas naturales protegidas federales de México, agosto de 2012. Escala de mapa 1:1000,000. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- CONANP, (2014). Sitios Ramsar de México. Escala de mapa 1: 7,000,000. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- FAO. 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Roma. 154 pp.
- Ibarra Zapata, E. (2008). “Análisis Geográfico para la Conservación de la Naturaleza. Estudio de Caso Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Sierra Abra de Tanchipa, Ciudad Valles y Tamuin, San Luis Potosí”. Tesis de licenciatura en geografía, Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, UASLP. pp. 131.
- INIFAP, (1995). Edafología, escala de mapa 1:1,000,000. Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- INEGI, (2010a). Carreteras de México, escala de mapa 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2010b). Vía férrea de México, escala de mapa 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2010c). Subprovincias fisiográficas de México, escala de mapa 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2010d). Topoformas de México, escala de mapa 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2010e). Cuerpos de agua de México, escala de mapa 1: 1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

- INEGI, (2010f). Corrientes de agua de México, escala de mapa 1:1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Gao, Y. (2008). Image segmentation and object based image analysis using remote sensing images. Tesis de Doctorado en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. 182 pp.
- Goodman R. C. & Herold M. (2014). "Why Maintaining Tropical Forests Is Essential and Urgent for a Stable Climate." CGD Working Paper 385. Washington, DC: Center for Global Development. 51 p. <http://www.cgdev.org/publication/why-maintaining-tropical-forests-essential-and-urgentstable-climate-working-paper-385>.
- Lambin, E. F. (1994). A review of "Modelling deforestation processes", Luxembourg: Joint Research Centre, Institute for Remote Sensing Applications. European Space Agency.
- Lang, S., Albrecht, F. & Blaschke, T. (2006). OBIA-Tutorial – Introduction to Object-based Image Analysis, v 1.0 – Salzburg.
- Lang, S. & Langake, T. (2006). Object-based mapping and object-relationship modelling for land use classes and habitats. PFG – Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformatik, 1: 1-18.
- Loa, L. E., Sánchez, H. M. D., Torres, J. J.G., Rosas, R.O.C. & Sierra, R. (coords.). (2009). Áreas prioritarias para el manejo y conservación en el estado de San Luis Potosí, México. México: Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos.
- Luna, I., Morrone, J. J. & Espinosa, D. (2004). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Las Prensas de Ciencias. México: CONABIO, UNAM.
- Mas, J.F., Pérez-Vega, A., Ghilardi, A., Martínez, S., Loya-Carrillo, J.O. & Vega, E. (2014). A Suite of Tools for Assessing Thematic Map Accuracy. *Geography Journal*, 14:1-10. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/372349>
- Mas, J.F., & Flamenco Sandoval, A. (2011). Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. *GeoTrópico*, NS 5 (1), Artículo 1: 1-24. Online, acceso [insertar aquí fecha de descarga]: [http://www.geotropico.org/NS\\_5\\_1\\_Mas-Flamenco.pdf](http://www.geotropico.org/NS_5_1_Mas-Flamenco.pdf)

- Mas, J.F., Pérez-Vega, A. & Clarke, K. (2010). Assessing simulated land use/cover maps using similarity and fragmentation indices. ASPRS Annual Conference, April 26–30 2010.
- Mas, J.F., Velázquez, A. & Couturier, S. (2009). La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental*, 1: 23-39.
- Metzger, M.J., Rounsevell, M.D.A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R. & Schröter, D. (2006). The Vulnerability of Ecosystem Services to Land Use Change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114: 69-85.
- Mittermeier R.A. & Mittermeier C.G. (1992). La importancia de la diversidad biológica en México. In Sarukhan, J. & Dirzo, R. (eds), México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO. 63-74 pp.
- Navarro, S.A.G., Garza-Torres, H.A., López de Aquino, S., Rojas-Soto, O.R. & Sanchez-González, L.A. (2004). Patrones biogeográficos de la avifauna. En Luna, I. Morrone, J.J. y D. Espinosa. (eds.) *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental, México: Las prensas de Ciencias*. CONABIO, UNAM. 439- 467 pp.
- Peralta-Rivero, C., Galindo-Mendoza, M. G., Contreras-Servín, C., Algara-Siller, M., & Mas-Causel, J. F. (2016). Percepción local respecto a la valoración ambiental y pérdida de los recursos forestales en la región Huasteca de San Luis Potosí, México. *Madera y Bosques*, 22(1): 71-93.
- Peralta-Rivero, C., C. Contreras-Servín., M.G. Galindo-Mendoza., M. Algara-Siller y J.F. Mas-Causel. (2014a). Deforestation rates in the Mexican Huasteca Region (1976-2011). *CienciAgro* 3(1):1-20.
- Peralta-Rivero, C., Contreras-Servín, C., Galindo-Mendoza, M., Causel, J. and M. Algara-Siller, (2014b). Analysis of Land Use and Land Cover Changes and Evaluation of Natural Generation and Potential Restoration Areas in the Mexican Huasteca Region. *Open Journal of Forestry*, 4(2): 124-135. doi:[10.4236/ojf.2014.42018](https://doi.org/10.4236/ojf.2014.42018).
- RAN (Registro Agrario Nacional). (2014). Registro Agrario Nacional, SRA (Secretaría de la Reforma Agraria). México: <http://www.ran.gob.mx/ran/index.php>. Consultado en agosto del 2014.

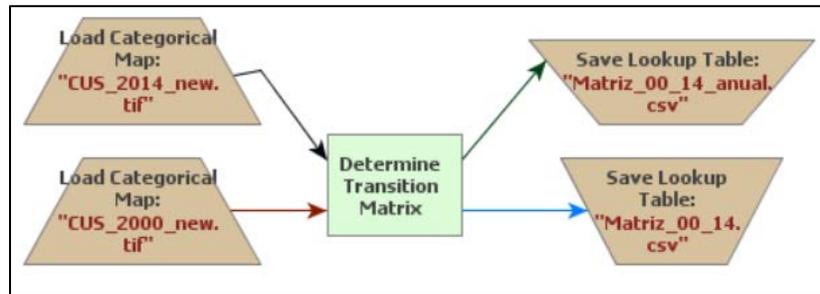
- Reyes-Hernández, H., Olvera-Vargas, L., Sahagún-Sánchez, F. & Mas-Causel J.F. (2009). Transformation of the Forest Cover and Future Scenarios in the Sierra Madre Oriental, Physiographic Region, San Luis Potosí, México. 33rd. International Symposium on Remote Sensing of Environment, Sustaining the Millennium Development Goals. <http://isrse-33.jrc.ec.europa.eu>.
- Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M. & Garrido, A. (2008). Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes Fundamentos y métodos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 98 pp.
- Salitchev, K.A. (1979). Cartografía. Editorial Pueblo y Educacion, MES, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Seto, C., Woodcock, C.E., Song, C., Huang, X., Lu, J. & Kaufmann, K. (2002). Remote sensing. Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TMK. 23 (10): 1985–2004.
- Sahagún, F. J. (2012). Dinámica espacio-temporal de las transformaciones en la cobertura vegetal y en el cambio de uso de suelo en la sierra madre oriental de San Luis Potosí y sus efectos potenciales sobre la distribución de la avifauna. Tesis de doctorado en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. 178 pp.
- Sahagún-Sánchez, F.J., Reyes-Hernández, H., Flores-Flores, J. L. & Chapa-Vargas, L. (2011). Modelización de escenarios de cambio potencial en la vegetación y el uso de suelo en la Sierra Madre Oriental de San Luis Potosí, México. *Journal of Latin American Geography* 10:65-86.
- Sahagún-Sánchez, F. J., Reyes, H., Flores, F. J.L. y A. G. Navarro S. (2009). Dinámica espacio temporal de la transformación en la cobertura vegetal y su impacto sobre la distribución y conservación de la avifauna en la región de la Sierra Madre Oriental del estado de San Luis Potosí, México. Memorias del II Congreso de Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad y VII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. La Habana, Cuba.

- Soares-Filho, B.S., Rodríguez, H.O. & Costa W.L. (2009). Modeling Environmental Dynamics with Dinamica EGO. Centro de Sensoriamento Remoto. Brazil: Universidade Federal de Minas Gerais.
- Soares-Filho, B.S., Nepstad, D., Curran, L., Voll, E., Cerqueira, G., Garcia, R. A., Ramos, C. A., McDonald, A., Lefebvre, P. & Schlesinger, P. (2006). Modeling Conservation in the Amazon Basin. *Nature*, 440: 520-523.
- Soares-Filho, B. S., Alencar A., Nepstad, D., Cerqueira, G., Vera Diaz, M., Rivero S., Solórzano L. & Voll, E. (2004). Simulating the Response of Land-Cover Changes to Road Paving and Governance along a Major Amazon Highway: The Santarém-Cuiabá Corridor. *Global Change Biology*, 10(5): 745-764.
- Soares-Filho, B.S., Pennachin, C.L. & Cerqueira, G. (2002). DINAMICA – A Stochastic Cellular Automata Model Designed to Simulate the Landscape Dynamics in an Amazonian Colonization Frontier. *Ecological Modelling*, 154(3): 217-235.
- Takada, T., Miyamoto, A. & Hasegawa, S.F. (2010). Derivation of a yearly transition probability matrix for land-use dynamics and its applications. *Landscape Ecology*, 25(4), 561-572.
- Velázquez, A., Mas, J. F., Díaz-Gallegos, J. R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, P. C., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E. & Palacio, J. L. (2002). “Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México”, *Gaceta Ecológica*, 62: 21-37.
- Vidal-Zepeda, R. (1990a). Temperatura media anual, escala de mapa 1:4,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Vidal-Zepeda, R. (1990b). Precipitación media anual, escala de mapa 1:4,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Villordo, G. J. A. (2009). Distribución y estado de conservación del jaguar (*Panthera onca*) en San Luis Potosí, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. México.
- Xiang, W.N. & Clarke, K.C. (2003). The use of scenarios in land-use planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(6): 885-909.
- Weckmüller, R., Slovinsky, N. C. & Vicens, R. (2013). Análise multitemporal como subsídio à identificação da trajetória evolutiva do uso e cobertura da terra no Corredor Ecológico do Muriqui/RJ. *Revista Brasileira de Cartografia* 65(3): 467-477.

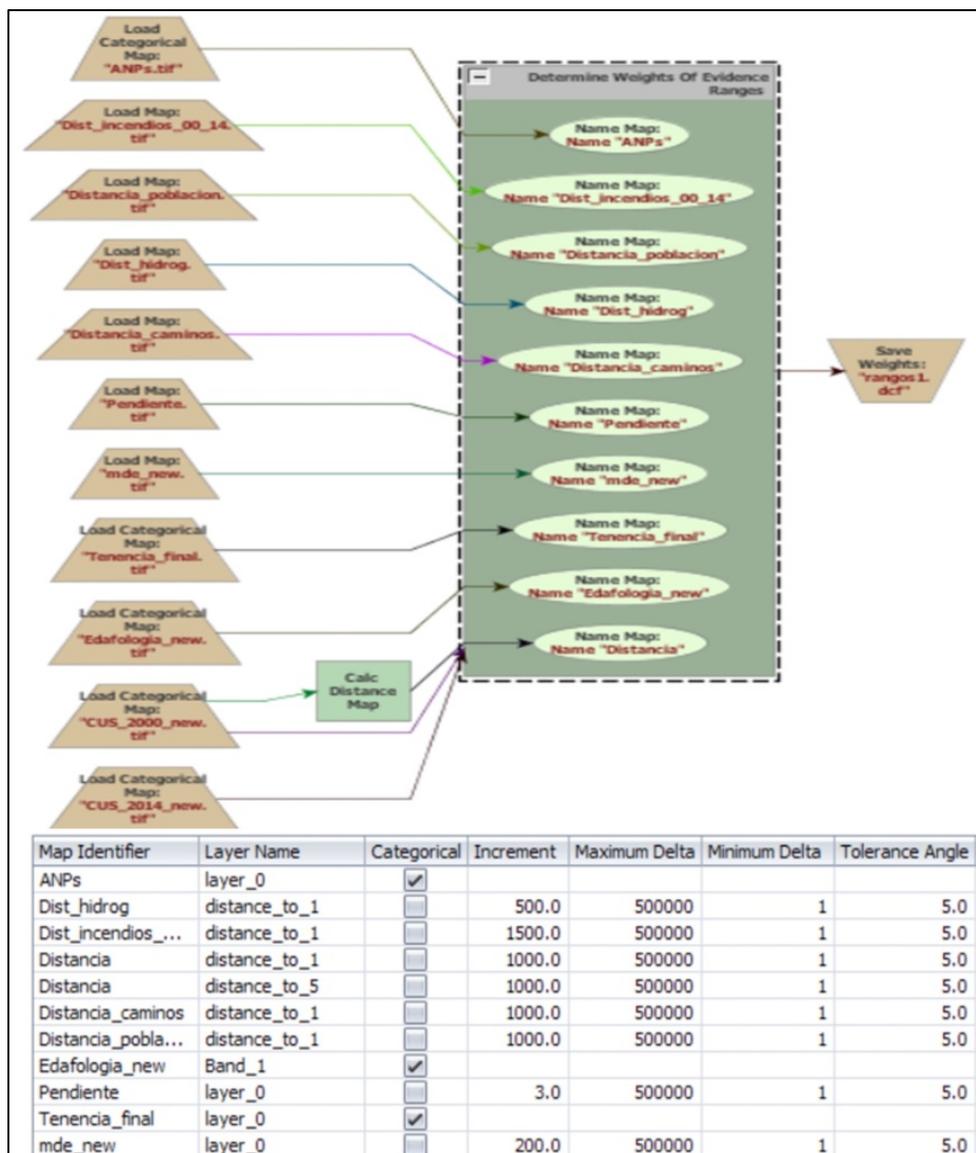
White, R. & Engelen, G. (2000). High Resolution Integrated Modelling of the Spatial Dynamics of Urban and Regional Systems. *Computers, Environment, and Urban Systems*, 24: 383-400.

## APÉNDICES

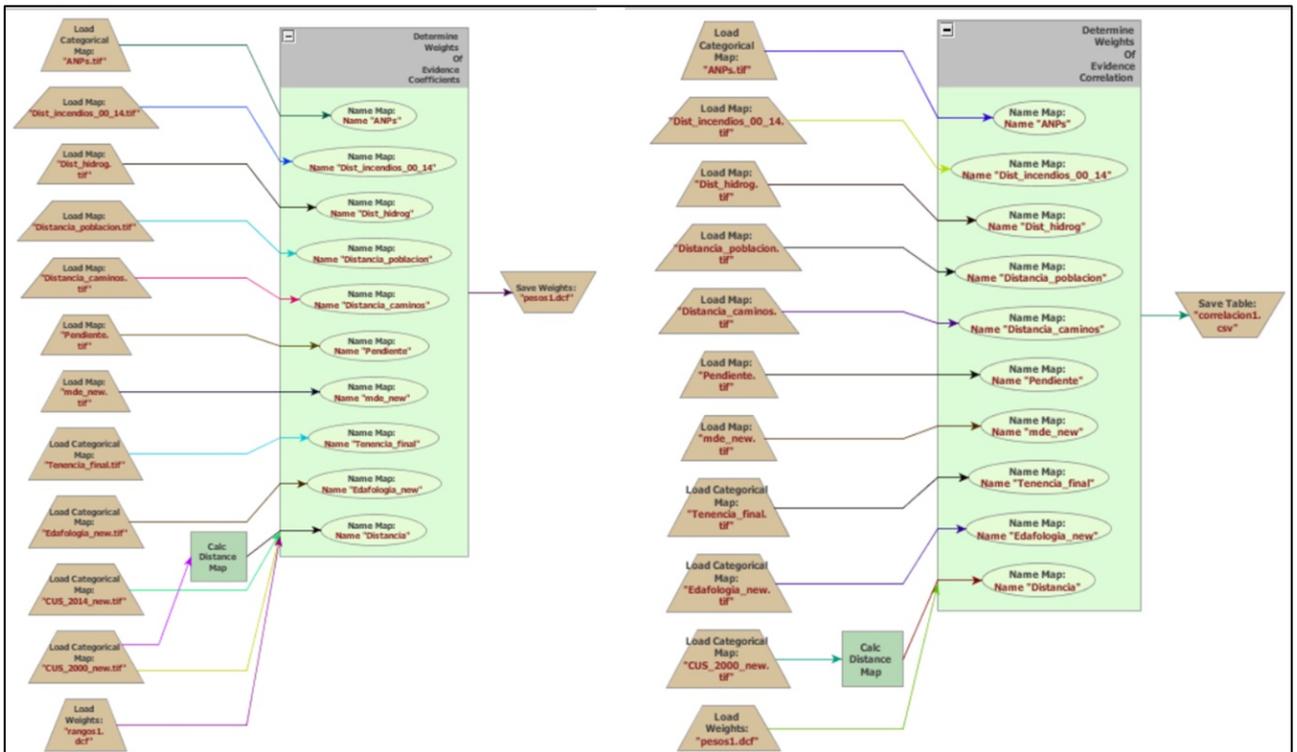
Apéndice 1. Modelo utilizado para determinar la matriz de cambio.



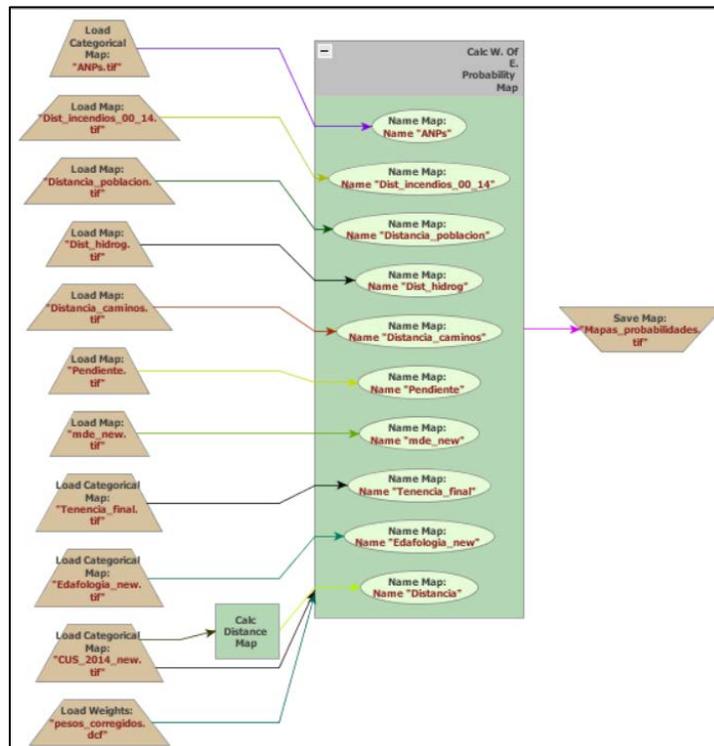
Apéndice 2. Modelo y tabla de edición de parámetros para el cálculo de rangos.



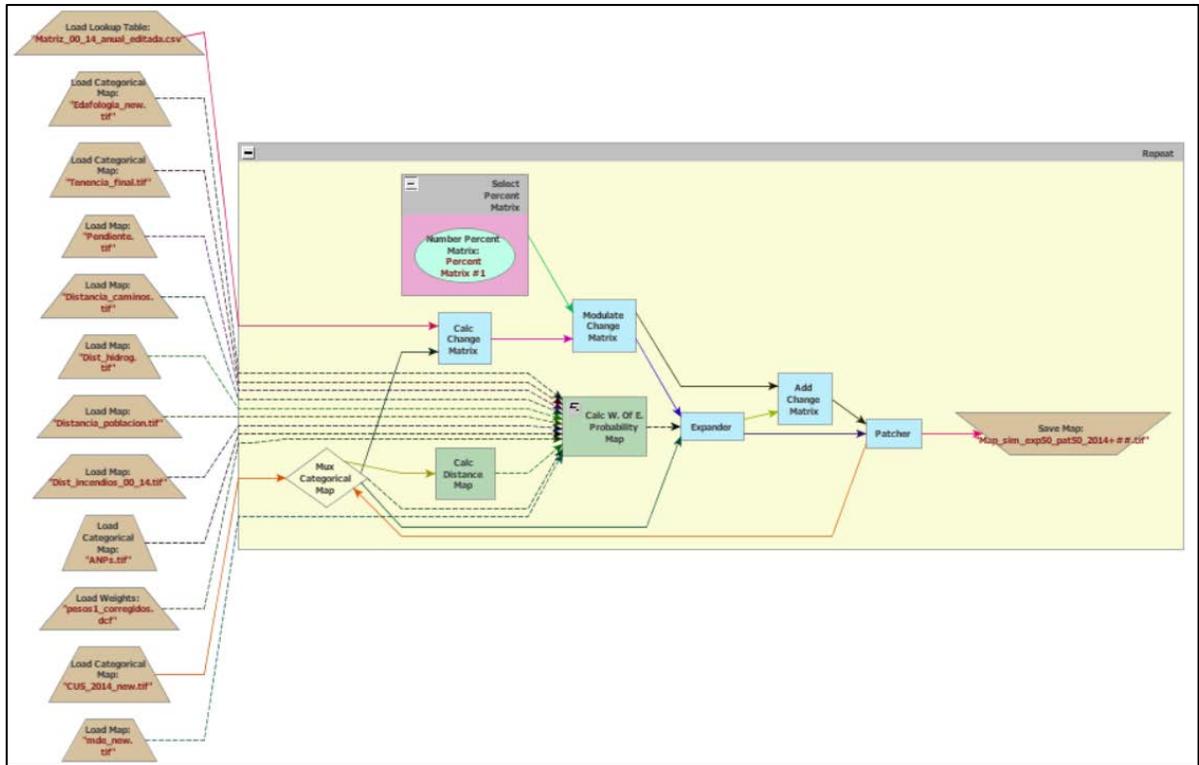
Apéndice 3. Modelo de cálculo de pesos de evidencia (izquierda) y modelo de análisis de correlación (derecha).



Apéndice 4. Modelo de cálculo de probabilidades de CUS.



Apéndice 5. Modelo de simulación de CUS utilizando Patcher y Expander.



Apéndice 6. Evaluación de la fiabilidad de los mapas temáticos de cobertura y uso de suelo para el año 2000 y 2014.

| <b>Evaluación para el mapa del año 2000</b> |                       |                         |                |                |
|---|-----------------------|-------------------------|----------------|----------------|
| <b>Categoría</b>                            | <b>AreaPropHalfCI</b> | <b>AdjustedAreaProp</b> | <b>ProdAcc</b> | <b>UserAcc</b> |
| Agricultura                                 | 0.021                 | 0.095                   | 0.759          | 0.960          |
| Agua  | 0.002                 | 0.041                   | 0.969          | 1.000          |
| Área urbana                                 | 0.000                 | 0.007                   | 1.000          | 1.000          |
| Matorral                                    | 0.008                 | 0.014                   | 0.640          | 0.929          |
| Pastizal                                    | 0.039                 | 0.186                   | 0.925          | 0.659          |
| Selva                                       | 0.028                 | 0.262                   | 0.804          | 0.865          |
| Sin vegetación                              | 0.000                 | 0.001                   | 1.000          | 1.000          |
| Vegetación secundaria                       | 0.048                 | 0.394                   | 0.726          | 0.788          |
| <b>Evaluación para el mapa del año 2014</b> |                       |                         |                |                |
| <b>Categoría</b>                            | <b>AreaPropHalfCI</b> | <b>AdjustedAreaProp</b> | <b>ProdAcc</b> | <b>UserAcc</b> |
| Agricultura                                 | 0.024                 | 0.158                   | 0.960          | 0.909          |
| Agua  | 0.009                 | 0.043                   | 0.906          | 0.952          |
| Área urbana                                 | 0.000                 | 0.012                   | 1.000          | 1.000          |
| Matorral                                    | 0.001                 | 0.009                   | 1.000          | 0.950          |
| Pastizal                                    | 0.034                 | 0.124                   | 0.968          | 0.633          |

|                       |       |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Selva                 | 0.035 | 0.280 | 0.721 | 0.950 |
| Sin vegetación        | 0.000 | 0.001 | 1.000 | 1.000 |
| Vegetación secundaria | 0.047 | 0.371 | 0.791 | 0.802 |

## CONCLUSIONES GENERALES

Desde el punto de vista de la historia ambiental, existe evidencia de que las actividades humanas inducidas han sido la principal causa de los cambios de cobertura y uso de suelo en la región Huasteca. La superficie cubierta de selvas se redujo en gran medida sobre todo desde el inicio de la etapa colonial de la historia mexicana (1521-1821). La intensificación de la agricultura y la introducción del ganado, hicieron de este fenómeno más extenso tal como se pudo constatar a través del Archivo General de la Nación, en donde se demuestra que la ganadería, agricultura y la dinámica en la tenencia de la tierra, dieron otra configuración a la cobertura y uso de suelo en la Huasteca. En la etapa del Porfiriato el desarrollo de la Huasteca estuvo basado en actividades productivas de acumulación del capital y se implementó el Ferrocarril Mexicano, el cual incentivó a las actividades agrícolas, ganaderas y petroleras dejando consigo impactos severos en la región. En las últimas décadas, los CCUS fueron causados por una serie de eventos que van desde la el reparto agrario, y expansión de la agricultura mecanizada industrial y la ganadería.

Desde un contexto más local, la población de comunidades percibe la pérdida y degradación de sus recursos forestales principalmente en la manera como ellos realizan sus actividades productivas. Pese a que tienen bastante conocimientos sobre el manejo y los recursos naturales, actualmente la desvalorización que tienen los recursos forestales desde la percepción de los actores locales, origina que otras actividades productivas relacionadas al uso del suelo, las cuales generan mayores ingresos económicos y de subsistencia predomine sobre los usos forestales y tenga un efecto sobre la cobertura forestal, ya sea a través de la deforestación un degradación forestal.

El análisis de CCUS a escala 1:250,000 permitió inferir que la agricultura y el incremento de pastizales pueden ser identificadas como las principales actividades humanas que han modificado la cobertura forestal. Los bosques y selvas fueron afectados por la deforestación con tasas de cambios más alta que la tasa promedio a nivel nacional, principalmente para el periodo 1976-2002. Otras alteraciones importantes incluyen un cambio de las coberturas

naturales de suelo hacia las coberturas no originales de suelo afectando a un área de 4,874.28 km<sup>2</sup> entre 1976 y 1993, y 2,474.93 km<sup>2</sup> en el periodo 1993-2002. Cambios menores pudieron ser detectados para los periodos 2002-2007 y 2007-2011.

De igual manera, entre 2000 y 2014 en un análisis a escala 1:50,000, se encontró de que lo principales cambios de cobertura y uso de suelo en la región Huasteca están representados con un aumento exponencial de la agricultura, área urbana, área sin vegetación y vegetación secundaria, y con la disminución de selvas y pastizal, tal como se han reportado en otros estudios a escala local en la región. Asimismo, se detectó que los cambios aún son acelerados en la región. Las probabilidades de deforestación son más altas en la parte de Tamaulipas y Querétaro mientras que la probabilidad de degradación se da sobre todo en la Sierra Madre Oriental. Tendencias futuras de CCUS indican que la agricultura es la cobertura que tendrá un incremento de hasta el 1.6% anual respecto a su superficie y las selvas seguirán disminuyendo con una tasa de cambio de hasta -0.94 por año, y se habrán perdido aproximadamente 196,088 ha de selvas.

La información generada en este trabajo, además de brindar una cartografía de los procesos CCUS y deforestación, proporciona información base para la gestión ambiental, tales como para el cambio de cobertura y uso del suelo, la estrategia de conservación de áreas forestales, la formulación de áreas de alto riesgo y en general, de apoyo a la gestión de los diversos programas municipales, departamentales y estatales que tienen la visión de un desarrollo sostenible para la región.

De esta manera, la información también debe de servir para la toma decisiones en el aspecto social, económico y ambiental sobre esta región, ya que está alberga más de tres millones de habitantes y los recursos forestales representan sus medios de vidas y de subsistencia diaria. Por lo mencionado, espacios participativos en donde se tome en cuenta la percepción local de la población son importantes, ya que de esta manera se podrá garantizar el interés del desarrollo y la conservación en la Huasteca, de otro modo, por más esfuerzos y acciones que se desarrollen, las iniciativas estarán destinadas al fracaso.