

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
CENTRO DE INVESTIGACIONES TROPICALES
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA TROPICAL



Tesis

**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE ESPECIES ARBÓREAS
ÚTILES EN RIESGO: INFLUENCIA DEL CAMBIO DE
COBERTURA Y USO DEL SUELO EN LA SIERRA DE
ZONGOLICA**

Presenta

Yavé Guadalupe Carrera Quirino

Comité Tutorial:

Dr. Edward Alan Ellis

Dra. Citlalli López Binnqūist

Dra. Patricia Gerez Fernández

DECLARACIÓN

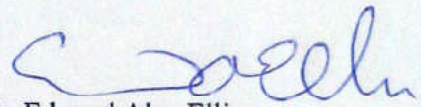
El trabajo de investigación contenido en esta tesis fue desarrollado por Yavé Guadalupe Carrera Quirino, como estudiante de la Maestría en Ecología Tropical entre agosto de 2014 y julio de 2016, bajo la supervisión del Dr. Edward Alan Ellis.

La investigación reportada en esta tesis no ha sido utilizada anteriormente para obtener otros grados académicos, ni serán utilizados para tales fines en el futuro.



Yavé Guadalupe Carrera Quirino

Estudiante



Dr. Edward Alan Ellis

Tutor

©2017

Yavé Guadalupe Carrera Quirino

Derechos Reservados

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

El presente documento titulado "Distribución potencial de especies arbóreas útiles en riesgo: influencia del cambio de cobertura y uso del suelo en la Sierra de Zongolica" realizado por Yavé Guadalupe Carrera Quirino, ha sido aprobado y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro(a) en Ecología Tropical**.



Tutor-Director: Dr. Edward Alan Ellis

SINODALES



Presidente Dra. Luciana Porter Bolland



Secretario Dra. Gabina Sol Quintas



Vocal Dr. Carlos Roberto Cerdán Cabrera

DEDICATORIA

A mi esposo Carlos, por su amor, paciencia y apoyo incondicional durante toda la maestría,
muchas gracias amor.

A mi hija Karla, mi pequeña y alegre compañera

A Dios que ilumina mi camino

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para realizar la Maestría en Ecología Tropical en la Universidad Veracruzana.

A mi comité tutorial por confiar en mí al realizar este trabajo de investigación. Gracias por su tiempo, consejos y dedicación para que pudiera concluir la tesis. Las enseñanzas que me brindaron me hicieron mejorar personal y profesionalmente, además de sensibilizarme en aspectos socioculturales de gran importancia en esta investigación.

Dr. Edward Ellis

Dra. Patricia Gerez

Dra. Citlalli López

Al comité revisor por sus valiosas aportaciones para la conclusión de esta tesis: Dra. Luciana Porter-Bolland, Dra. Gabina Sol y Dr. Carlos Cerdán.

A Arturo e Irving del Laboratorio de Geomática Tropical del Centro de Investigaciones Tropicales-UV, quienes me brindaron asesoría en el manejo de los programas utilizados en la tesis.

Agradezco a las señoras Carmen, Astroberta, Rafaela, Carmela, Gudelia, Reyna así como a los señores Antonio, Margarito, Crispín, Lázaro, Pedro, Antonio, Fortino, Francisco, Alfonso, Jesús y Lorenzo, quienes me ofrecieron su valioso tiempo y compartieron conmigo sus conocimientos sobre los árboles.

A Carmelo y Gumersindo por su apoyo para realizar las entrevistas estructuradas en los municipios de Magdalena y Atlahuilco.

A mis padres Adolfin y Eloy por estar siempre al pendiente de mi familia cuando se requería salir a campo. A mis suegros Andrea y Julio por alentarme siempre en los proyectos que emprendo.

A mis compañeros de la maestría por compartir sus experiencias profesionales.

RESUMEN

La mayor amenaza para las especies arbóreas nativas de México es la pérdida del hábitat, ocasionada principalmente por los cambios de cobertura y uso del suelo debido a las actividades humanas. En este estudio se analizaron los cambios de cobertura y uso del suelo en un período de 20 años (1995-2015), a una escala regional que comprende la Sierra de Zongolica, para determinar el impacto de estos en la distribución potencial de siete especies arbóreas útiles en riesgo. Las especies se seleccionaron de acuerdo a las categorías: en peligro de extinción (P), Amenazadas (A) de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y Peligro crítico (CR), En Peligro (EN) de las Listas rojas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) así como al uso y percepción que tienen algunos informantes clave sobre éstas: *Litsea glaucescens*, *Quercus polymorpha*, *Quercus sartorii*, *Juglans pyriformis*, *Magnolia mexicana*, *Magnolia dealbata* y *Ulmus mexicana*. Se elaboraron modelos de nicho ecológico con 188 registros de presencia con el software Maxent considerando factores climáticos y de elevación. Los resultados sobre el cambio de cobertura y uso del suelo muestran que existen zonas con pérdida en áreas ocupadas por bosques tropicales, aunque de manera general la cobertura forestal se incrementó 11.5%. Las zonas que han incrementado se localizan en las zonas templada y fría de la Sierra de Zongolica donde anteriormente existía vegetación secundaria arbustiva y/o agricultura. Cabe destacar que el 11% (10,438 ha) de la vegetación secundaria arbustiva ha permanecido sin cambios durante los 20 años que comprendió el análisis. Esto quizás se deba a la emigración o al cultivo de maíz de temporal para autoconsumo que realiza la población indígena, principalmente en la parte central del área de estudio y que tiene por características el sistema de roza, tumba y quema, así como el descanso de tierras.

El análisis de la distribución potencial de las especies útiles en riesgo se realizó para siete especies arbóreas principalmente en la zona con bosques templados. Algunas especies modeladas presentan distribuciones restringidas dentro del país, como *Q. sartorii*, *Juglans pyriformis* y *Magnolia dealbata*, propias de bosques mesófilos. En total se obtuvieron 188 registros de colectas entre 1950 y 2014. La confiabilidad predictiva de estos modelos fue alta con valores de AUC que fueron de 0.90 a 0.98. Los modelos de distribución potencial de las especies proyectadas en los escenarios de cobertura y uso del suelo para los años 1995 y 2015 indican que las áreas potenciales realmente disponibles son menores a las

áreas proyectadas por los modelos. En 1995, las áreas de distribución potencial disponible, aquellas con vegetación arbórea, mostraron de un 40 a 70% menos de lo estimado por los modelos, en todas las especies. En 2015, la reducción de la superficie osciló entre 46 y 58%. Las especies con menor superficie potencial disponible fueron *Magnolia mexicana* y *Ulmus mexicana*, especies propias de bosques mesófilos de montaña, así como de bosques tropicales.

Este estudio se complementó con un apartado sobre la percepción que tienen algunos informantes clave de la Sierra de Zongolica sobre los cambios que han sufrido sus localidades en los últimos veinte años, así como las causas que han originado estos. Asimismo, también se obtuvo información sobre el uso de las especies arbóreas consideradas en el estudio, la importancia que tienen para la gente y cómo se percibe su abundancia. Lo anterior aportó una mayor comprensión de los cambios a nivel local y su reflejo a nivel regional. Además, se realizaron entrevistas estructuradas en algunas localidades, de manera exploratoria, para confirmar la presencia o ausencia de las especies modeladas.

Índice

1. Introducción	1
2. Antecedentes.....	4
2.1 La deforestación en México.....	4
2.2 Estudios botánicos realizados en la Sierra de Zongolica.....	8
3. Marco teórico.....	9
3.1 Cambios de cobertura vegetal y uso del suelo.....	9
3.2 Transición Forestal	14
3.3 Modelación de la distribución de especies	15
3.3.1 Técnicas de modelación.....	18
3.3.2. Maxent o Máxima Entropía.....	19
3.3.3 Distribución de especies en México	20
3.4 La percepción ambiental	21
3.4.1 Técnicas para el estudio de las percepciones ambientales	23
3.5 La Etnobotánica.....	24
4. Preguntas de investigación.....	25
5. Objetivos.....	26
5.1 General.....	26
5.2 Específicos.....	26
6. Área de estudio.....	26
6.1 La Sierra de Zongolica	26
6.2 La población nahua de la Sierra de Zongolica.....	28
7. Metodología.....	29
7.1 Evaluación de los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo	30
7.1.1 Fuentes geoespaciales utilizadas	30
7.1.2 Corrección de imágenes satelitales.....	31
7.1.3. Clasificación de las imágenes.....	33
7.1.4 Evaluación estadística de confiabilidad.....	34
7.1.5 Estimación de los cambios de cobertura y uso del suelo.....	35
7.1.6 Percepción ambiental sobre los cambios en el paisaje.....	35
7.2 Especies arbóreas útiles en riesgo en la Sierra de Zongolica.....	37

7.2.1 Selección de las especies arbóreas útiles en riesgo	37
7.3 Modelaje de las especies arbóreas útiles.....	39
7.3.1 Modelaje con el software Maxent	39
7.3.2 Influencia del cambio de cobertura y uso del suelo en la distribución potencial de las especies arbóreas.....	41
7.3.3 Reconocimiento local de los árboles útiles en las áreas de distribución potencial.....	41
8. Resultados.....	42
8.1 Cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo 1995 - 2015.....	42
8.1.1 Evaluación estadística de confiabilidad y estimación de áreas	47
8.1.2 Cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo 1995 - 2015	49
8.2 Árboles útiles en riesgo.....	53
8.2.1 Árboles útiles.....	53
8.2.2 Abundancia de las especies	57
8.2.3 Otras especies arbóreas escasas.....	58
8.3 Distribución potencial de las especies arbóreas útiles	59
8.3.1 Modelos de las especies arbóreas útiles	59
8.3.2 Influencia de los cambios de cobertura en la distribución de las especies modeladas	66
8.3.3 Presencia de los árboles en las áreas de distribución potencial.....	71
9. Discusión.....	73
9.1 Transición forestal en la Sierra de Zongolica.....	73
9.2 La distribución potencial de las especies y sus amenazas	79
10. Conclusiones.....	83
11. Literatura citada.....	86
12. ANEXOS.....	97
Anexo 1. Relación de personas entrevistadas. Entrevista semiestructurada	97
Anexo 2. Relación de personas entrevistadas. Entrevista estructurada	98
Anexo 3. Entrevista semi-estructurada.....	99
Anexo 4. Entrevista estructurada.....	100
Anexo 5. Fichas técnicas de las especies arbóreas útiles de la Sierra de Zongolica	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.....	27
Figura 2. Esquema de la metodología utilizada para evaluar los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo y la modelación de la distribución de especies arbóreas en la Sierra de Zongolica.	30
Figura 3. Resultados de la corrección atmosférica utilizando el módulo de FLAASH de ENVI en la imagen del 25 de marzo 1995. A la izquierda se muestra la imagen no corregida y a la derecha con la corrección realizada.	31
Figura 4. Puntos de campo levantados en la Sierra de Zongolica durante los meses de marzo, abril y mayo de 2015.	33
Figura 5. Vegetación secundaria arbustiva (a) y vegetación secundaria arbórea (b) considerados en la clasificación realizada.	33
Figura 6. Mapas de cobertura vegetal y uso del suelo en la Sierra de Zongolica, 1995.....	44
Figura 7. Mapas de cobertura vegetal y uso del suelo en la Sierra de Zongolica, 2015.....	45
Figura 8. Comparativo de la superficie ocupada por clase de cobertura para 1995 y 2015 en la Sierra de Zongolica, Ver.....	46
Figura 9. Tasa anual de cambio para el periodo 1995 - 2015.....	49
Figura 10. Mapa de cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo de 1995-2015, en la Sierra de Zongolica, Ver.....	50
Figura 11. Mapa de distribución potencial de <i>Litsea glaucescens</i> . Fuente: Elaboración propia.	60
Figura 12. Mapa de distribución potencial de <i>Quercus polymorpha</i> . Fuente: Elaboración propia.	61
Figura 13. Mapa de distribución potencial de <i>Quercus sartorii</i> . Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 14. Mapa de distribución potencial de <i>Juglans pyriformis</i> . Fuente: Elaboración propia.	63

Figura 15. Mapa de distribución potencial de <i>Magnolia mexicana</i> . Fuente: Elaboración propia.	64
Figura 16. Mapa de distribución potencial de <i>Magnolia dealbata</i> . Fuente: Elaboración propia.	65
Figura 17. Mapa de distribución potencial de <i>Ulmus mexicana</i> . Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 18. Distribución potencial disponible de <i>Litsea glaucescens</i> y <i>Quercus polymorpha</i> , para 1995 (a, c) y 2015 (b, d).	68
Figura 19. Distribución potencial disponible de <i>Quercus sartorii</i> y <i>Juglans pyriformis</i> para 1995 (e, g) y 2015 (f, h).	69
Figura 20. Distribución potencial disponible de <i>Magnolia mexicana</i> y <i>Magnolia dealbata</i> para 1995 (i, k) y 2015 (j, l).	70
Figura 21. <i>Ulmus mexicana</i> para 1995 (m) y 2015 (n).	71

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Estimación de la deforestación anual en México para distintos periodos.	6
Cuadro 2. Tasa de deforestación anual de las entidades federativas que poseen mayores pérdidas de recurso forestal en el periodo 1993-2002.....	7
Cuadro 3. Matriz de error de cuatro clases con celdas (p_{ij}) expresadas en términos de proporción de área como se sugieren en las recomendaciones de buenas prácticas (Olofsson <i>et al.</i> , 2014).....	12
Cuadro 4. Listado de imágenes satelitales empleadas en el análisis de cambio de cobertura y uso del suelo en la Sierra de Zongolica.	30
Cuadro 5. Número de entrevistados por zona.....	36
Cuadro 6. Categorías y subcategorías contempladas en las entrevistas semi-estructuradas.....	37
Cuadro 7. Jerarquización de las especies a modelar.....	38
Cuadro 8. Variables utilizadas para la modelación de la distribución potencial de especies arbóreas.....	39
Cuadro 9. Percepción sobre los cambios en el paisaje de la localidad.....	46
Cuadro 10. Matriz de error de la clasificación de 1995.....	47
Cuadro 11. Matriz de error de la clasificación de 2015.....	47
Cuadro 12. Matriz de error ajustada de las clasificaciones 1995 y 2015	48
Cuadro 13. Superficie estimada por clase de cobertura en los mapas 1995 y 2015, con el error ajustado de la matriz de confusión y sus respectivos intervalos de confianza (IC).....	49
Cuadro 14. Listado de las especies arbóreas en riesgo presentes en la Sierra de Zongolica	53
Cuadro 15. Usos de las especies arbóreas útiles.....	56
Cuadro 16. Percepción sobre la abundancia pasada y actual de las especies arbóreas en riesgo.	58
Cuadro 17. Otras especies arbóreas escasas	59

Cuadro 18. Áreas de distribución potencial disponible y porcentajes de reducción para siete especies arbóreas útiles de la sierra de Zongolica	67
Cuadro 19. Localidades seleccionadas con probabilidad de presencia de las especies arbóreas mayor a 50%..	71
Cuadro 20. Ubicación de los árboles modelados de acuerdo a los informantes.....	72

1. Introducción

México es la cuarta nación a nivel mundial en cuanto a riqueza de especies vegetales y animales además de poseer también una gran riqueza cultural (Sarukhán *et al.*, 2009). Se encuentra entre los cinco países con el mayor número de plantas vasculares y se han descrito hasta ahora poco más de 25,000 de un total que se estima entre 27,000 y 30,000, de las cuales una alta proporción es endémica (aproximadamente 15,000 especies) (Sarukhán *et al.*, 2009). En distintas regiones de México las principales amenazas para la biodiversidad son la deforestación y la conversión del uso de suelo para actividades agropecuarias, infraestructura vial, crecimiento urbano (Semarnat, 2005; Martínez, 2008 citados en Ellis, Martínez y Monroy, 2011) y recientemente para la explotación minera (CONABIO, 2013)

La mayor parte de las transformaciones del territorio nacional por actividades humanas ocurrieron antes y durante la década de 1970 cuando se conservaba sólo el 75% de la superficie original de bosques y el 69% de las selvas. Para 2007, había ya una pérdida neta de poco más de 23 millones de hectáreas de selvas y casi 13 millones de bosques quedando 73% de la superficie original en bosques y 59% de la superficie original de selvas. En 1970, los terrenos agropecuarios ocupaban una superficie de 40.3 millones de hectáreas, para 1993 ya cubrían 46.6 millones de hectáreas y al 2007 tenían una extensión total de 51.1 millones de hectáreas (SEMARNAT, 2013).

En el caso del estado de Veracruz, éste sobresale por ser el segundo a nivel nacional que ha transformado gran parte de sus ecosistemas para destinarlos a actividades agropecuarias (cerca de 77% de su superficie), después de Tlaxcala (80%) y antes que Tabasco (65%) al 2007 (SEMARNAT, 2013). Tan sólo en el periodo comprendido entre 1976 y el 2002, el estado registró una reducción de 67.06% de la cobertura vegetal existente en 1976 (CONABIO, 2013). Para 2003, Veracruz tenía la tasa de deforestación más alta en el país y aproximadamente 4.8% de la vegetación natural y perturbada (una superficie de 340,932 ha) se perdió en un periodo de 10 años, comprendidos entre 1990 y 2000 (Ellis *et al.*, 2011). Ellis y colaboradores (2011) señalan que Veracruz posee actualmente sólo 8.6% de su territorio cubierto de vegetación natural. Lo anterior tiene repercusiones severas en la

sobrevivencia de las especies vegetales y animales que se encuentran distribuidas en estas áreas, así como en el uso etnobotánico de las mismas.

Sin embargo, es importante destacar que, si bien es cierto que muchas comunidades humanas han ocasionado en gran medida la pérdida de especies, también son la clave fundamental para su conservación y recuperación ya que son éstas las que consumen, venden, aprovechan y son dueñas de los sitios donde se encuentran (Toledo, 2003). Las poblaciones humanas pueden también mantener un paisaje diversificado en su territorio a través del manejo forestal o del uso diversificado de los recursos naturales. Un ejemplo es el manejo forestal comunitario en ejidos de la Costa Grande, en el estado de Guerrero y en la zona centro del estado de Quintana Roo (ambos con un buen nivel de organización social) que les permite obtener beneficios tanto sociales como ecológicos (Durán, Mas y Velázquez, 2007; Ellis y Porter-Bolland, 2008), o el café bajo sombra de productores indígenas de la Sierra Norte de Puebla en cuyos predios albergan alta diversidad de plantas (alrededor de 300 especies), muchas de ellas útiles porque obtienen alimentos, materiales para la construcción de viviendas, plantas medicinales así como productos de alto valor comercial (Moguel y Toledo, 2004). Por esto es fundamental considerar a los habitantes locales y dueños de la tierra en estudios de conservación de especies y/o ecosistemas.

En el estado de Veracruz, la principal fuente de ocupación productiva se encuentra en el sector terciario, el cual ofrece actualmente empleo al 50% de la población trabajadora, en comparación con el sector primario, que se redujo de 55% en los años setenta a 31% en el 2000 (Rodríguez y Boege, 2011). Sin embargo, en los municipios comprendidos en la Sierra de Zongolica, de dicha entidad, la gente depende de actividades del sector productivo primario con alrededor del 55% de las personas ocupadas (INEGI, 2009). Por ello los recursos naturales representan su principal sustento ya que obtienen un sinnúmero de bienes y servicios: alimentos, fibras, combustibles, madera, etc., lo que además representa una oportunidad para su economía familiar (Rodríguez, 2010).

La población indígena nahua de Zongolica usa y maneja árboles nativos e introducidos para su subsistencia, algunos con usos culturales como las magnolias (*Magnolia* spp.) y el laurel (*Litsea glaucescens*), otros con fines medicinales como el árbol de tila (*Tilia mexicana*). En pocos casos, las especies presentan manejo como es el caso del *laurel*. En las comunidades

de Tlanepaquila, Cotlaixco, Teocotla, La Pila, San Francisco Atitla, San José Independencia, pertenecientes al municipio de Zongolica, los campesinos reproducen el laurel en viveros rústicos y han establecido algunas plantaciones. Es importante destacar que algunas de las especies utilizadas comúnmente por los pobladores se encuentran en alguna categoría de riesgo a nivel nacional y/o internacional (NOM-059 SEMARNAT-2010; UICN, 2014). Por lo anterior, su uso y/o manejo tiene restricciones legales. Sin embargo, en esta zona que se encuentra distante a los centros de investigación, son escasos los trabajos florísticos y ecológicos existentes, por lo que se desconoce el verdadero estatus de estas especies y por ende las acciones que podrían llevar a su conservación.

En el caso de México, la NOM-059 SEMARNAT-2010, y a nivel mundial las Listas Rojas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) son la referencia que regula el uso de las especies antes mencionadas. Estas listas se utilizan en algunos estudios para calcular las tasas de extinción, sin embargo, se recomienda usarlas con precaución ya que las listas cambian conforme se tienen mayores o mejores colectas de las especies en sitios antes no trabajados, es decir, se tiene una mayor precisión conforme se conoce a las especies. Por lo anterior, algunas propuestas recientes proponen la estimación de la pérdida de hábitat como indicador de la pérdida de poblaciones a través del modelaje de nicho ecológico ya que este análisis permite localizar las regiones favorables a especies particulares y con ello generar mejores estrategias para su conservación. Sin embargo es importante reconocer que este análisis no permite determinar las tasas de extinción por sí solas debido a que también se debe estimar el tamaño mínimo de la población, el ritmo de declinación, entre otros elementos más (Baena y Halfiter, 2008).

Ante esta situación surge la presente investigación para conocer la dinámica de cambio de cobertura y uso de suelo para 13 municipios de la Sierra de Zongolica, en un período de 20 años (1995 a 2015), así como analizar la influencia que tienen dichos cambios sobre las áreas de distribución potencial de siete especies arbóreas útiles para la población rural.

La investigación contempló dos etapas. En la primera, se clasificaron imágenes satelitales de 1995 y 2015 para determinar la tasa de cambio de cobertura forestal y además se realizaron entrevistas semiestructuradas sobre la percepción de los cambios en el paisaje de

la región y las especies arbóreas útiles. Lo anterior, permitió identificar a las especies arbóreas útiles que se modelarían posteriormente así como también reconocer el valor que tienen para la gente de la sierra. En la segunda fase se modeló la distribución potencial de especies arbóreas útiles en alguna categoría de riesgo con el programa Maxent y se evaluaron los impactos del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en éstas. Además se realizaron 29 entrevistas para saber si las personas reconocían a las especies en las áreas de distribución potencial generadas en los modelos.

2. Antecedentes

2.1 La deforestación en México

La problemática ambiental mundial es un hecho alarmante ya que pone en riesgo a los seres vivos, incluyendo al propio ser humano. En ésta destacan los procesos de deforestación, degradación, desertificación, fragmentación y la pérdida de biodiversidad, los cuales se asocian con el cambio de uso del suelo (Lambin, 2001; SEMARNAT, 2013). La deforestación se debe a causas inmediatas y causas subyacentes, las primeras operan a nivel local y se agrupan en tres grandes categorías: expansión de las tierras agrícolas y ganaderas, aprovechamiento o extracción de madera, y expansión de la infraestructura. En el caso de las causas subyacentes, éstas se engloban en un complejo de variables sociales, económicas, políticas, tecnológicas y culturales (Geist y Lambin, 2001).

La deforestación o pérdida de la cobertura forestal, hace referencia al cambio permanente de la cobertura forestal o bosque. Para esto la FAO (2010) define como cobertura forestal como aquella superficie con una cobertura arbolada mínima de 10%, con altura mínima de 5 metros y una superficie de 0.5 hectárea. Sin embargo, cuando se presenta una reducción cuantificada y sostenida en la cobertura de copa hacia niveles menores a los establecidos como cobertura arbolada (sin llegar a la pérdida de ésta) se reconoce que existe una degradación forestal (UNFCCC, 2006 citado en Gerez, 2013). A nivel mundial, durante el período 2000-2005 se calculó una pérdida de cobertura forestal en 4.8 millones de hectáreas anuales y para 2005-2010 cerca de 5.6 millones (a tasas del 0.12% y 0.14% anual

respectivamente). Esto a pesar que disminuyó con respecto al período 1990 - 2000 en el cual se tuvo una pérdida de 8.3 millones de hectáreas por año (SEMARNAT, 2013).

En Latinoamérica, FAO (1995 citado en Velázquez, 2002) estimó que para finales del siglo XX los bosques y selvas quedarían reducidos al 53% de la cobertura original, lo cual representa la mayor transformación que ha ocurrido en Centro y Sudamérica, principalmente en Brasil, México y Costa Rica, países que contribuyen con un 32% del total estimado.

En nuestro país, la deforestación ha sido un problema nacional, sobre todo en los setentas cuando se destinó grandes superficies de bosques y selvas para uso agrícola (SEMARNAT, 2013). En las siguientes décadas las tasas de pérdida disminuyeron, pero con lo acumulado a las décadas anteriores se tenían cifras alarmantes. Tan sólo en el 2007, de acuerdo a datos de la Serie IV del INEGI, 71.8% del territorio (alrededor de 140 millones de ha) estaba cubierto por ecosistemas naturales y la superficie restante, poco más de 56 millones de hectáreas, había sido convertida a terrenos agropecuarios, urbanos y otras cubiertas antrópicas (SEMARNAT, 2013). Datos más recientes indican que México conserva poco más de la mitad de su superficie con 34% cubierto por bosques (en sentido estricto) y 18% de superficie de matorrales semiáridos, que tomados en sentido amplio son parte del paisaje boscoso (Velázquez, 2008)

La medición de la pérdida forestal en México es muy compleja ya que las estimaciones que se han realizado hasta nuestros días incluyen diversos conceptos, objetivos y metodologías que dificultan su comparación, y que por ende han generado un amplio rango de estimaciones que van desde 365 mil a más de 1,500,000 de hectáreas anuales de pérdida forestal (Céspedes y Moreno, 2002; Mas *et al.*, 2002; Mas *et al.*, 2004; Velázquez *et al.*, 2005; Velázquez, 2008; Mas, Velázquez y Couturier, 2009). Esta situación sobresale si se realiza para cada tipo de vegetación o para alguna región en especial. Los estudios realizados por Velázquez y colaboradores en el 2002 mostraban una tasa de deforestación entre el 1 y 10.4% anual dependiendo de la región. Aunque para el 2009 (Mas *et al.*, 2009) se concluye que las tasas de pérdida de las cubiertas naturales han disminuido drásticamente, si se comparan con lo reportado antes de 1970 y entre las décadas de los 70 y los 90. (Cuadro 1)

Cuadro 1. Estimación de la deforestación anual en México para distintos periodos.

Fuentes académicas	Tasa (miles ha/año)
Repetto (1988)2	460
Masera <i>et al.</i> (1992)2	*668
Velázquez <i>et al.</i> (2002)1,2,3	*550
Myers (1989)	700
Castillo <i>et al.</i> (1989)	746
Toledo (1989)	1500
Grainger (1984)	1600
Sánchez <i>et al.</i> , (2008) 2,3	*484
MEDIA	839
Desviación estándar	451
Fuentes oficiales	Tasa (miles ha/año)
CONAFOR (2004)2	260
SEMARNAT (2006)2	*365
SARH (1992)	365
SARH (1994)	370
FAO (1997)2	508
FAO (1988)2	615
FAO (1995)2	*678
FAO (TORRES R., 2004)	*776
MEDIA	492
Desviación estándar	182

Fuente: Velázquez, 2008. El estudio marcado con 1 fue sujeto a un mecanismo de evaluación de la calidad de la información; los marcados con 2 se derivan de datos originales o inferencia de datos existentes; y los marcados con 3 incluyen una representación cartográfica de sitios con procesos de deforestación. Las seis cifras más rigurosas se marcan con asterisco (*) ya que incluyen una fase de validación en campo.

En 1970, los terrenos agropecuarios en nuestro país ocupaban una superficie de 40.3 millones de hectáreas. Para 1993 ya cubrían 46.6 millones de hectáreas y al 2007 tenían una extensión total de 51.1 millones de hectáreas (SEMARNAT, 2013). En el estado de Veracruz, la deforestación se ha acentuado y a la fecha ha crecido cerca de 77% (SEMARNAT, 2013). Además destaca por ser el estado que presenta las tasas más altas de deforestación con un 2.2% anual (aproximadamente 28,220 hectáreas), principalmente en selvas (Céspedes y Moreno, 2010). Tan sólo en el periodo comprendido entre 1976 y el 2002, el estado registró una disminución de 67% de la cobertura vegetal (CONABIO, 2013). Asimismo, entre los años 1993 y 2000 tuvo una pérdida de vegetación natural del 19% y una superficie mínima restante de 15% (Ellis *et al.*, 2011), lo cual representa una grave amenaza a la diversidad vegetal, e incide directamente en la disminución de procesos y funciones ecológicas (Keith *et al.*, 2009).

Cuadro 2. Tasa de deforestación anual de las entidades federativas que poseen mayores pérdidas de recurso forestal en el período 1993-2002.

Estado	Pérdida Neta (ha/año)	Superficie forestal Total (ha)	Tasa de deforestación (%)
Veracruz	28,220	1,285,584	2.2
Chiapas	42,466	3,841,018	1.1
Tabasco	2,765	253,636	1.1
Colima	3,084	283,039	1.1
Guerrero	37,892	4,141,813	0.9
Yucatán	23,007	2,708,381	0.8
Campeche	30,968	4,098,296	0.8
Tamaulipas	24,283	3,287,382	0.7
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

Fuente: Céspedes y Moreno, 2010

Lo anterior está ampliamente documentado en estudios realizados en regiones del estado de Veracruz como Los Tuxtlas y el Uxpanapa. En el caso de Los Tuxtlas, la primera estimación de la deforestación registró que la selva se redujo en un 56% entre 1967 y 1986 (en el norte de la sierra), perdiéndose el 84% de la vegetación original en el volcán San Martín Tuxtla (Dirzo y García, 1992 citado en Hernández, 2014). Para el caso de la región del Uxpanapa se tiene una deforestación anual del 10% (1990-2006) de vegetación selvática asociándose a ésta la construcción de caminos y el cambio de uso de suelo (Vaca, 2012 citado en Hernández, 2014; Ellis *et al.*, 2011).

La deforestación es un proceso complejo, con múltiples formas que difícilmente puede ser representado por un enfoque mecanicista basado “en el supuesto” de que se conocen los procesos que hacen funcionar un sistema (Elston y Buckland, 1993 citado en Geist y Lambin, 2001). En México, existen estudios a diferentes escalas que muestran los cambios de cobertura y uso del suelo, sin embargo, en estos se ha minimizado el significado de los procesos de recuperación forestal lo que tiene una enorme importancia en cuanto a secuestro de carbono, servicios ecológicos y biodiversidad (Aguilar, Angelsen y Moe, 2011). Sólo en la región peninsular del sur de Yucatán, se estimó que en 25 años de ininterrumpida sucesión secundaria, se recuperó el 80% del área basal que presenta un

bosque maduro, con una composición de especies similar a estas selvas (Bray y Kepleis, 2005).

2.2 Estudios botánicos realizados en la Sierra de Zongolica

La Sierra de Zongolica ubicada en la región denominada Grandes Montañas de Veracruz presenta una gran diversidad de plantas, sin embargo, los estudios botánicos que se han realizado en ésta todavía son pocos.

En 1977, Vicente Vázquez Torres realizó un estudio florístico de la región de Zongolica cuyo objetivo era reconocer los diferentes tipos de vegetación. En este estudio se encontraron las siguientes categorías: bosque de pino, bosque escuamifolio de *Cupressus lusitanica*, bosque caducifolio de *Liquidambar macrophylla*, bosque aciculifolio, selva mediana perennifolia, selva mediana subperennifolia y vegetación riparia. Además también se encontraron comunidades de *Alnus jorullensis* y matorral de *Baccharis conferta*. En total registró 290 especies de plantas (Vázquez, 1977).

López (1988) realizó la tesis sobre los encinos en asociaciones vegetales en el municipio de Soledad Atzompa registrando 14 especies de encino. En este estudio destaca la especie *Abies hickelii* siendo la primera vez que se menciona en esta región serrana. En el 2008, Flores-Méndez estudió las epífitas vasculares del bosque mesófilo de montaña en la comunidad de La Quinta, Zongolica. En este estudio encontró 94 especies clasificadas en 15 familias (citado en Castillo, 2013). Un año más tarde, Viccon-Esquivel reconoció 111 epífitas vasculares en la misma área de estudio (Viccon, 2009). Otros estudios florísticos que sobresalen son los realizados en la Reserva del Bicentenario del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Luis Castillo en el 2013 registró 392 especies agrupadas en 102 familias, de las cuales 80 son árboles.

En la Sierra de Zongolica destacan algunas especies arbóreas por sus diferentes usos como el alimenticio y el medicinal (Gálvez y de Ita, 1992; Pérez, 2009; Colohua, 2014; Sánchez, 2014). En Tequila, Mata Labrada (2011) encontró que más del 50% de las plantas útiles de este municipio se colectan o extraen directamente del bosque y acahuals. En este estudio la especie *Gaultheria acuminata* es muy apreciada por su uso ceremonial. Asimismo,

Martínez Bolaños (2012) obtuvo un listado de 101 especies de plantas medicinales usadas en el Barrio de Santa Cruz. Ruiz y Trueba Sánchez (2009) reconoce el uso de al menos cinco especies arbóreas con uso tintóreo en el municipio de Soledad Atzompa. Cabe mencionar que además, algunas especies tienen una gran importancia ecológica como lo muestra Montoy (2010) al registrar 94 especies útiles para abejas de la especie *Apis mellifera* en tres tipos de vegetación, predominando el estrato arbóreo con 40 especies. Aunque la mayoría de las especies son utilizadas para el autoconsumo, es notable en algunos municipios como Astacinga y Tlaquilpa, la venta de las especies maderables y combustibles, principalmente de los géneros *Pinus* y *Quercus*, los cuales encuentran mercado en los municipios cercanos (Pérez, 1992; López y Reyes, 1997; Navarro y Avendaño, 2002).

3. Marco teórico

3.1 Cambios de cobertura vegetal y uso del suelo

A nivel mundial, los cambios de cobertura y uso del suelo impactan directamente en la diversidad biótica de los lugares, en el clima local, incidiendo en el calentamiento global, así como en las poblaciones humanas (Lambin *et al.*, 2001). Los términos “uso del suelo” y “cobertura del suelo” son comúnmente utilizados indistintamente, pero estos son diferentes. El primero está caracterizado por los arreglos, actividades e insumos que el hombre realiza en un cierto tipo de cobertura de la tierra para producir, cambiarla o mantenerla (inclusive el agua o el propio suelo). La “cobertura de suelo” se refiere a los atributos biofísicos que cubren la superficie de la Tierra, los cuales pueden ser por ejemplo: agua, nieve, praderas, bosques o suelo desnudo (Di Gregorio y Jansen, 2005; Horning *et al.*, 2010). Recordemos que los usos del suelo de los territorios y las prácticas de manejo de los ecosistemas son manifestaciones de las actividades antrópicas, los cuales son los principales agentes modeladores de los paisajes humanizados (Gurrutxaga y Lozano, 2008) e indiscutiblemente pueden generar impactos tanto negativos como positivos en los territorios.

Para medir estos cambios en el tiempo y espacio se realizan “análisis del cambio de uso /cobertura del suelo”, (LUCC por las siglas en inglés «land use/cover change»; Lambin *et*

al. 2001) que permiten entender las causas y las consecuencias de la pérdida del capital natural, así como también del cultural (Vitousek, Mooney, Lubchenco y Melillo, 1997 citados en Mas *et al.*, 2009). No obstante, el análisis de estos cambios en territorio mexicano no ha sido homogéneo ni en las clases de mapeo, ni en las escalas de trabajo, por lo que se consideran poco confiables e imprecisos (pocos presentan una validación en campo) como para hacer extrapolaciones al resto del territorio (Velázquez *et al.*, 2002). Lambin (1999) menciona que la importancia de los estudios regionales radica en que son un nivel medio entre dos polos: el local y el global; es decir, a nivel regional se tiene un mejor conocimiento de la naturaleza de las decisiones humanas que alteran el uso de la tierra y su cubierta (los efectos son más significativos), y es por lo general en este nivel en el que las intervenciones políticas son más eficaces y factibles.

Los cambios de cobertura vegetal nos proporcionan información cuantitativa y cualitativa importante que una vez graficada en mapas y analizada sirve como herramienta para plantear proyectos, principalmente de conservación en las zonas donde existen mayores actividades antrópicas y deberían guiar las políticas y acciones de conservación (Ellis y Martínez, 2010; Suárez, 2014). Sin embargo, para lograr un mejor entendimiento de los factores que están incidiendo en los cambios del suelo y lograr acciones acertadas es primordial la integración de las ciencias sociales y naturales (Lambin, 2001; Nagendra, Munroe y Southworth, 2004)

El cambio de la cobertura es considerado como una de las dinámicas más importantes que afectan los sistemas ecológicos (Vitousek, 1994, citado en Otukey y Blaschke, 2010). El estudio del cambio de cobertura implica un enfoque integrador que engloba múltiples herramientas entre las que destaca la teledetección, los sistemas de información geográfica (SIG), y la toma de información en campo. Estas herramientas son fundamentales para el mapeo de la cobertura terrestre, almacenamiento, análisis e incluso el modelado de escenarios futuros (Geneletti y Gorte, 2003).

Actualmente, la teledetección es la herramienta más utilizada para las descripciones de tipos de cobertura del suelo, ya que mejora la caracterización de la heterogeneidad del paisaje y además permite describir patrones espaciales de unidades ecosistémicas estructurales, como la distribución de tipos de vegetación (Cabello y Paruelo, 2008). Los

procesos de clasificación de imágenes de satélite desde 1990 son la base de la producción cartográfica, además que han demostrado ser altamente eficaces a escala regional por sus cualidades sinópticas (Couturier y Mas, 2009).

Para lograr lo anterior, es necesario representar la situación real de la cobertura terrestre por medio de representaciones abstractas utilizando criterios bien definidos, a este proceso se le llama clasificación. Sokal (1974 citado en Di Gregorio y Jansen, 2005) la definió como el arreglo de objetos en grupos o conjuntos con base en sus relaciones. Los sensores satelitales detectan la radiancia media de una parcela del terreno (equivalente a un píxel) y la traducen en un valor numérico denominado nivel digital (ND), valor digital o número digital que llegamos a percibir a través del color de cada píxel. La clasificación digital, entonces transforma esos valores digitales en clases (bosque, cultivo, agua, etc.), que puedan proporcionarnos una mejor comprensión de las condiciones del terreno. Con esto, la clasificación supone un enfoque de tipo cualitativo, aunque por ser un proceso numérico incorpora la estadística (Chuvieco, 1996). Los métodos de clasificación generalmente se dividen en dos grupos (Chuvieco, 1996): supervisado y no supervisado (aunque también pueden combinarse).

Método supervisado

Este método se basa en el conocimiento previo de la zona de estudio por parte de quien realiza la clasificación. Esto permite delimitar en la imagen satelital áreas piloto o *training fields* (campos de entrenamiento) representativas de las clases que componen las leyendas. El usuario introduce los vértices de cada una de estas áreas asignándolas a cada una de las clases definidas previamente en la leyenda. Con lo anterior, la computadora calcula los niveles digitales que definirán cada una de las clases y que posteriormente permitirá asignar el resto de los píxeles de la imagen a esas clases.

Método no supervisado

Este método no requiere conocimiento alguno del área de estudio, éste define las clases espectrales presentes en la imagen. En éste se asume que los ND de la imagen forman una serie de agrupaciones más o menos nítidas dependiendo de los casos con los cuales se definen clases temáticas de interés, por lo que se requiere de la interpretación del usuario de

esas clases espectrales.

Evaluación de los mapas de cobertura vegetal y uso de la tierra

Los mapas temáticos como los de uso de la tierra y cobertura vegetal son utilizados principalmente para apoyar las políticas de gestión ambiental, por lo que es indispensable una estadística rigurosa para estimar su confiabilidad. La confiabilidad temática es una medida el grado en que los atributos de un mapa (clases) coinciden con los datos de referencia "verdaderos" (Mas *et al.*, 2014). Sin embargo, generalmente los resultados de estas evaluaciones se limitan a mencionar la confiabilidad global, pocos estudios han corregido las áreas de sus mapas considerando los errores de clasificación detectados (Olofsson, Foody, Stehman y Woodcock, 2013).

La evaluación de la confiabilidad genera una matriz de error en donde las filas representan a las clases en el mapa generado por la clasificación de las imágenes, mientras que las columnas muestran las clases de referencia (verdaderas) o de campo. En la matriz (cuadro 3), P_{ij} representa la proporción de área para la población que tiene la clase i del mapa, y la clase j de referencia, definiendo a la "población" como toda la región de interés, por lo tanto P_{ij} es el valor que resultaría si se hiciera un censo de la población, es decir, una clasificación de la cobertura de referencia. (Olofsson et al., 2014).

Cuadro 3. Matriz de error de cuatro clases con celdas (p_{ij}) expresadas en términos de proporción de área como se sugieren en las recomendaciones de buenas prácticas (Olofsson *et al.*, 2014).

		Referencia (verificación en campo)				
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Total
Mapa ^a	Clase 1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	$P_{1\bullet}$
	Clase 2	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	$P_{2\bullet}$
	Clase 3	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}	$P_{3\bullet}$
	Clase 4	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}	$P_{4\bullet}$
	Total	$P_{\bullet 1}$	$P_{\bullet 2}$	$P_{\bullet 3}$	$P_{\bullet 4}$	1

^a En las matrices generadas las filas corresponden a las clases del mapa clasificado, y las columnas a las clases de cobertura y uso del suelo utilizadas para etiquetar a los puntos de muestreo.

Los parámetros de confiabilidad derivados de una matriz de error incluyen la precisión global (Overall accuracy) que se refiere a la proporción global del área correctamente

clasificada y la cual se calcula sumando los valores de la diagonal de la matriz (Mas et al., 2014; Olofsson et al., 2014):

$$O = \sum_{j=1}^q p_{jj}$$

en ésta la q se refiere al número de clases o categorías.

Además se incluye la confiabilidad del usuario y la confiabilidad del productor. La confiabilidad del usuario se refiere a la proporción del área mapeada como clase i que tiene una clase de referencia i , es decir las muestras mapeadas como una clase particular correctamente clasificada en el mapa. Se relaciona con el error de comisión de la clase i . Para calcular ésta se utiliza la fórmula siguiente:

$$U_i = p_{ii}/p_{i.}$$

La confiabilidad del productor es la proporción del área de la clase de referencia j que es mapeada como clase j , es decir la proporción de la muestra de referencia de una clase particular correctamente clasificada en el mapa. Se relaciona con los errores de omisión de la clase j . La fórmula utilizada para su cálculo es la siguiente:

$$P_j = p_{jj}/p_{.j}$$

Finalmente para estimar las áreas de cada clase considerando los errores de la clasificación, se multiplican los totales obtenidos de las columnas de las clases de referencia (de las matrices de error ajustado) por el área total del mapa, la fórmula utilizada es:

$$\hat{A}_1 = \hat{p}_{.1} \times A_{tot}$$

Para hacer la evaluación estadística de los mapas generados en este trabajo se utilizó el complemento "AccurAssess" del software de uso libre Q-SIG que permite evaluar la confiabilidad tanto de mapas en raster como en vectoriales.

3.2 Transición Forestal

El término transición forestal se comenzó a utilizar para describir al conjunto de patrones observados en países industrializados de Europa y Norte América, en los cuales las áreas cubiertas de bosques cambiaron debido al desarrollo económico, la industrialización y la urbanización (Perz, 2007 citado en Aguilar, Angelsen y Moe, 2011). En este proceso, primero disminuyen las áreas forestales y luego se llegó a un punto de inflexión en el cual, lentamente, se empieza a recuperar la cubierta forestal (Rudel *et al.*, 2005; Rudel, Schneider y Uriarte, 2010; Aguilar *et al.*, 2011). Este modelo de transición forestal ha sido probado también en algunos países en desarrollo (Rudel *et al.*, 2005; Kauppi *et al.* 2006 citado en Hosonuma *et al.*, 2012).

De acuerdo a este modelo, hay dos fuerzas que inciden en la cubierta forestal. En la primera, las industrias se concentran en las ciudades y la agricultura se vuelve intensiva en las regiones favorables al arado, irrigación, a la mecanización y a los insumos químicos. Sin embargo, en las áreas con ciertas restricciones (topográficas, edafológicas, hidrológicas y tecnológicas) la agricultura se vuelve marginal por lo que los agricultores abandonan sus tierras en búsqueda de mejores oportunidades de trabajo en las ciudades y por lo tanto estos campos comienzan a regenerarse (Klooster, 2003). La segunda fuerza, se relaciona con un aumento en el precio de los productos forestales (efecto de la deforestación) lo que incentiva a los granjeros a plantar árboles en lugar de cultivos, además esto se acentúa gracias a los programas de reforestación institucionales (Rudel *et al.*, 2005; Aguilar *et al.*, 2011).

Basado en el porcentaje de cubierta forestal y en el índice de cambio de área forestal, Hosonuma y colaboradores (2012) reconocen cuatro fases en la transición forestal.

Fase 1. Pre-transición. En esta fase se encuentran los países con alta cobertura forestal y bajas tasas de deforestación.

Fase 2. Transición temprana. La cobertura forestal se pierde y el índice de cambio se incrementa rápidamente.

Fase 3. Transición tardía. Los países presentan pequeñas fracciones de bosques remanentes y el índice de deforestación se desacelera, eventualmente comienzan a entrar en la última fase.

Fase 4. Post-transición. Esta fase se caracteriza por un índice de cambio de cobertura forestal positivo y se incrementa la cubierta forestal a través de las reforestaciones.

Las transiciones forestales se producen a diferentes escalas, pueden ser una sub-región dentro de un país, un país entero o varios países de una región geográfica grande (Rudel *et al.*, 2005).

En el caso de Latinoamérica, la principal causa de la pérdida de cobertura vegetal se debe a la agricultura comercial (Hosonuma *et al.*, 2012) y a la agricultura de subsistencia. Sin embargo el incremento de la diversificación rural en la agricultura de subsistencia puede permitir una transición forestal en dichas áreas. Es decir, los pequeños propietarios al combinar actividades económicas en áreas urbanas como rurales, incluyendo migración ya sea en su propio país como en el extranjero (estrategias de subsistencia), reducen la presión sobre las tierras, lo que puede llevar a la recuperación forestal (Aguilar *et al.*, 2011),n así como al incremento de la biodiversidad (Rudel *et al.*, 2005).

3.3 Modelación de la distribución de especies

El área de distribución es una expresión compleja de la ecología e historia evolutiva de las especies determinada por diversos factores que operan a diferentes intensidades y escalas. Son cuatro clases de factores que definen las áreas en las cuales se encuentran las especies: condiciones abióticas (clima, ambiente físico, condiciones edáficas, etc.), factores bióticos (interacciones positivas y negativas), las regiones accesibles para su dispersión y la capacidad evolutiva de las poblaciones para adaptarse a nuevas condiciones. Sin embargo, son los límites fisiológicos los que determinan la capacidad de las especies de persistir en un área determinada (Soberón y Peterson, 2005).

Desde principios del siglo XX, la geobotánica sistematizó el conocimiento sobre la distribución de las especies vegetales y su relación con el clima. Actualmente el estudio de

la distribución geográfica de las especies vegetales y clima (Pliscoff y Fuentes, 2011) lo realiza la Biogeografía.

La Biogeografía es la disciplina de la biología que estudia la distribución de los seres vivos, tanto temporal como espacialmente, considerando los diversos factores que dieron lugar a dicha distribución (Pliscoff y Fuentes, 2011). Los análisis biogeográficos, por lo tanto, permiten conocer la distribución geográfica de un grupo o grupos de seres vivos (Contreras, 2006).

En la actualidad, los análisis espaciales biogeográficos se realizan de una manera más eficiente gracias a herramientas computacionales como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Linder, 2001, citado en Medina, 2006). Un campo emergente en ecología, biología de la conservación y biogeografía de la conservación (la aplicación de la biogeografía para la conservación de especies) es la construcción de modelos de distribución de las especies y ecosistemas describiendo su nicho ecológico y hábitat idóneo (Peterson y Cohoon, 1999; Whittaker *et al.*, 2005; Franklin, 2009). El modelo de distribución de especies se define como una herramienta numérica que relaciona las observaciones de ocurrencia (presencia en ciertos sitios) de las especies o abundancia con la información sobre las características ambientales de esos lugares. Estos modelos también son conocidos como modelos bioclimáticos, modelos de hábitat, mapas de distribución, modelos de nicho ecológico (ENM, por sus siglas en inglés “ecological niche models”), entre otros (Elith y Leathwick, 2009).

Desde finales de los noventa, dos términos son los más utilizados para referirse a los modelos de distribución: los modelos de distribución de especies (SDM, por sus siglas en inglés “species distribution models”) y los ENM. Por lo general, se prefiere el uso de SDM para evitar sobreinterpretar el significado ecológico del modelo; o quizás porque muchas dimensiones de los verdaderos nichos ecológicos no son caracterizadas por estos métodos (refiriéndose a los factores bióticos) (Peterson y Soberón, 2012). Sin embargo, muchos estudios identifican como “nicho realizado” a los resultados de los SDM, debido a que se utilizan los datos de ocurrencia actuales de las especies para modelar el área ocupada por la especie. Por su parte, se entiende como nicho fundamental (FN, por sus siglas en inglés “fundamental ecological niche”) los resultados del ENM, debido a que se modelan las áreas

potenciales, es decir, se localizan las regiones favorables a la especie de acuerdo a las variables utilizadas en los modelos.

Los modelos de distribución de especies distinguen dos espacios: el geográfico y el ambiental. El primero se define en dos dimensiones (por las coordenadas de un mapa) o en tres dimensiones (con los modelos de elevación digital). El segundo es definido por un conjunto de predictores ambientales (Elith y Leathwick, 2009). Lo anterior basándose en el concepto de nicho ecológico de Hutchinson (1957) definido como el conjunto de condiciones ecológicas dentro de las cuales una especie es capaz de mantener sus poblaciones viables, es decir, donde una especie es capaz de sobrevivir y reproducirse. Hutchinson además distinguió el nicho fundamental (fisiológico o potencial), del nicho realizado (ecológico o actual). El primero, definido como la respuesta de las especies al ambiente (recursos) en ausencia de interacciones bióticas como la competencia, la depredación o destrucción de hábitat. El segundo como las dimensiones ambientales en las cuales las especies pueden sobrevivir y reproducirse incluyendo los efectos de las interacciones bióticas (Soberón y Peterson, 2005; Vázquez, 2005; Franklin, 2009). A partir de la definición de Hutchinson, el término ha evolucionado hasta incluso llegar a la “teoría del nicho” que se desarrolló desde finales de 1960 (Vázquez, 2005).

Para el modelaje de la distribución de especies, los factores ambientales son determinantes (Guisan y Zimmermann, 2000 citados en Contreras, 2006), sobre todo porque a escalas menores los factores bióticos no se perciben. Para Martínez (2010), la modelación del nicho ecológico aún es un área en desarrollo que permite resolver distintas preguntas biológicas, además de generar hipótesis de distribución de especies en distintos escenarios geográficos y temporales. Sin embargo, también tienen limitaciones, entre las cuales resaltan:

- 1.- Limitaciones asociadas a la incertidumbre de las capas y envolturas bioclimáticas utilizadas (errores en la toma de datos e incertidumbre asociada a la escala).
- 2- La incertidumbre relacionada con los algoritmos utilizados.
- 3- La incapacidad para modelar las distintas interacciones bióticas de las especies o su capacidad de dispersión.

3.3.1 Técnicas de modelación

Las técnicas de modelación de la distribución geográfica de las especies o ecosistemas se pueden agrupar en cuatro familias: las relacionadas con modelos estadísticos de regresiones (Modelos Lineales Generalizados -GLM-, Modelos Aditivos Generalizados -GAM-), los métodos de clasificación, los métodos de “sobre” y aquellos basados en algoritmos específicos (Plischoff y Fuentes, 2011).

1) Modelos estadísticos de regresiones

Estos métodos se basan en regresiones múltiples. Han sido los más utilizados para modelar (Guisan *et al.*, 2002) ya que a través del modelo estadístico se puede describir la relación entre las variables descriptivas y la presencia conocida de las especies o ecosistemas (Plischoff y Fuentes, 2011). También en algunas técnicas de modelación éstos han sido los que dan mejores resultados (Elith *et al.*, 2006).

2) Métodos de clasificación

En estos métodos se asigna una clase a cada combinación de las variables predictivas que generan el modelo de distribución (Guisan y Zimmermann, 2000). Random Forest es un ejemplo de estas técnicas (Breiman, 2001) la cual ha sido identificada como la que mejor discrimina las variables importantes para la definición del modelo final; aunque la caracterización del conjunto de reglas que define el modelo final es compleja, por lo que es difícil de interpretar (Prasad *et al.* 2006 citados en Plischoff y Fuentes, 2011).

3) Métodos de “sobre”

Estos métodos se basan en las combinaciones de rangos de valores mínimos y máximos, entre las variables utilizadas para la definición del nicho. Aquí se define un espacio o “sobre” (envolvente ambiental) en el cual se encuentra la combinación de valores deseada, dentro del espacio n-dimensional de dichas variables (Busby, 1991 citado en Plischoff y Fuentes, 2011). Este enfoque es el más antiguo en la modelación y se ha ido abandonando con el tiempo por presentar una definición poco flexible del espacio ambiental, además de ignorar los distintos tipos de interacciones entre variables (por ejemplo, colinealidad), o el efecto de la distancia geográfica entre las presencias (autocorrelación espacial) (Plischoff y Fuentes, 2011). Ejemplo de esto son Bioclim, Envelope score o Aquamaps.

4) Algoritmos específicos

Los algoritmos específicos (máxima entropía, algoritmos genéticos) han tomado fuerza en años recientes, principalmente porque su aplicación es fácil y rápida obteniendo muy buenos resultados. Dentro de estos destacan Maxent y Garp en los cuales se puede modelar utilizando únicamente datos de presencias, se pueden utilizar datos continuos o categóricos, y permiten generar y probar una gran gama de posibles modelos, aunque Maxent a diferencia de Garp evita el sobreajuste (Martínez, 2010). Se expone en mayor detalle el modelo Maxent por ser el utilizado en este trabajo.

3.3.2. Maxent o Máxima Entropía

La entropía es un principio de la mecánica estadística y la teoría de la información que nos dice qué tan aleatorio es algo, es decir, en un conjunto de datos si todos sus elementos tienen la misma probabilidad (equiprobables) de aparecer, entonces la entropía es máxima (Phillips *et al.*, 2004; Franklin, 2009, Martínez, 2010). Maxent funciona a través de un software el cual ajusta la distribución de la probabilidad de la ocurrencia de las especies a los pixeles contemplados dentro del área de estudio, dependiendo de ciertas limitaciones, que en este caso son aquellos pixeles en los cuales la especie ha sido detectada (Medina, Luna y Ríos, 2010).

El software Maxent usa un algoritmo de máxima entropía que obtiene resultados robustos en la proyección espacial de la distribución, sobre todo cuando se tienen pocos datos de presencias (Phillips, Dudik y Schapire, 2004). En los últimos años se usa en todas las aplicaciones de modelos de distribución de especies (Baldwin, 2009 citado en Franklin, 2009) e incluso existen algunos casos en donde se ha utilizado desde un enfoque de modelación de ecosistemas (Thuiller *et al.*, 2005; Deblauwe *et al.*, 2008; Riordan y Rundel, 2009 citados en Franklin, 2009).

Maxent (Máxima entropía) ha sido evaluado y probado como uno de los mejores modeladores (Elith *et al.* 2006). Éste permite modelar la distribución de especies considerando las localidades de presencia de las especies como puntos de muestreo, la región geográfica de interés como el espacio sobre el cual se definirá su distribución, así

como las variables ambientales que permiten delinear su presencia (Phillips *et al.*, 2004). Este algoritmo fue desarrollado para funcionar con datos de presencia conocidos y pseudoausencias basado en la máxima entropía (Franklin, 2009).

3.3.3 Distribución de especies en México

En México se ha utilizado el modelaje del nicho ecológico usando Garp y Bioclim tanto para flora como fauna, y recientemente se ha aplicado Maxent (Contreras, Luna y Ríos, 2010). En el caso de plantas vasculares se tiene como ejemplos la distribución potencial de *Fagus grandifolia* var. *mexicana* (Téllez, Dávila y Lira, 2006), 56 especies del género *Pinus* (Aguirre y Duivenvoorden, 2010), *Taxus globosa* (Contreras, Luna y Ríos, 2010), la modelación de la distribución de *Abies* de México (Jaramillo, 2014), entre muchas otras. Cabe mencionar que tan sólo en 2011, la CONABIO financió 44 proyectos para determinar la distribución geográfica de especies, 23 para fauna silvestre y 21 para plantas, siendo 11 de éstas especies arbóreas (CONABIO, 2011). En Veracruz, sobresale el trabajo realizado para determinar la distribución de 9 especies del género *Phlegmariurus* (Lycopodiaceae) las cuales se encuentran en alguna categoría de riesgo, destacando *P. orizabae* clasificada en peligro crítico, ya que sólo existe un ejemplar tipo registrado en 1854 (Armenta, Carbajal, Ellis y Krömer, 2015).

En los trabajos revisados a nivel país, existen pocos estudios que consideran de manera puntual el impacto de los cambios de la cobertura vegetal y de uso del suelo en la distribución de las especies, siendo que son estos cambios los que afectan la disponibilidad y calidad de los elementos que integran un paisaje y por ende de los organismos que allí se encuentran (Gurrutxaga y Lozano, 2008). Algunos de estos estudios son el realizado por Ríos y Navarro (2009) para los Psitácidos, el de Contreras y colaboradores (2010) para *Taxus globosa*, así como los estudios para el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el pecarí de collar (*Pecari tajacu*) del Bajo Balsas en Michoacán (Yañez, Mandujano, Martínez, Pérez y González, 2012). Sin embargo, es importante considerar que los resultados de la modelación de la distribución de las especies, así como de los sistemas de clasificación del uso del suelo dependen de la disponibilidad y calidad de los datos (Franklin, 2009; Medina *et al.*, 2010) por lo que quizás esto puede restringir la integración

de estos mismos resultados.

3.4 La percepción ambiental

El reto que impone la crisis ambiental se debe entender desde diversos enfoques teórico-prácticos con un amplio espectro de variables (energéticas, culturales, sociales, económicas, políticas y ecológicas), para lo cual, es fundamental la interacción entre las ciencias sociales y biológicas para encarar el desafío de conservar la biodiversidad (Boege, 2009).

El estudio de las perspectivas ambientales puede ayudar a explicar cómo las personas o grupos sociales influyen en su ambiente de diferentes maneras, lo que aprecian o rechazan y la forma en la que estas experiencias determinan lo que es ambientalmente adecuado (Durand, 2008). Bajo la premisa de que las decisiones y acciones de una sociedad en relación con su ambiente están basadas en aspectos tanto objetivos y subjetivos, se tiene entonces que la percepción es uno de los factores determinantes que modelan el ambiente a través de la selección y comportamiento de los seres humanos (Whyte, 1978).

El término percepción fue desarrollado y trabajado extensamente en la psicología (Milton, 2002 citado en Durand, 2008), se basa en las sensaciones producto de la estimulación de los órganos del sistema nervioso (Viqueira, 1977 citado en Durand, 2008). Gibson (1980 citado en Fernández, 2008) considera que las sensaciones percibidas por los sentidos de los seres humanos son el material crudo de la experiencia humana, por lo que las percepciones son “el producto manufacturado de la misma”. Sin embargo, las percepciones son diferentes de una persona a otra, así como entre grupos sociales (Tuan, 1974).

En un sentido amplio, la percepción ambiental se concibe como la toma de conciencia y la comprensión que tiene el hombre de su ambiente (Whyte, 1978). Sin embargo, en trabajos realizados desde el punto de vista de la antropología social se conciben a las percepciones ambientales como las comprensiones y sensibilidades de las sociedades sobre su ambiente natural, lo cual involucra conocimientos y también organizaciones (Lazos y Paré, 2000).

El análisis de la percepción ambiental desde el enfoque geográfico ha contribuido a desarrollar una visión integradora que contempla el proceso de toma de decisiones en torno al ambiente y su manejo, ya que integra en sus análisis elementos físicos, ecológicos y

sociales. En este tipo de estudios las percepciones ambientales están relacionadas con el manejo de los recursos naturales, al considerar los aspectos culturales y la manera en que estos juegan un rol significativo en cada sociedad (Fernández, 2008).

Las percepciones ambientales influyen directamente en la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos (Fernández, 2008), recordando que éstas, así como las acciones de una sociedad en relación con su ambiente, se basan tanto en aspectos objetivos como subjetivos. Por lo tanto la forma de intervenir en la realidad es una respuesta a la manera en cómo se percibe y únicamente a través de su interpretación es como se puede vislumbrar las opciones para tomar decisiones por parte de los pobladores o usuarios de los recursos (Lazos y Paré, 2000).

Dentro de las disciplinas que estudian las percepciones sobresale la Geografía de la Percepción también conocida como Geografía de la Subjetividad. Esta corriente geográfica nace a finales de los años cincuenta en los Estados Unidos, pero es hasta 1960 que aparece como un método definido y aplicable. Ésta pretende incluir el carácter subjetivo del espacio en los estudios geográficos y analiza a las percepciones no sólo como comprensiones individuales del espacio sino principalmente como comprensiones colectivas (Millán, 2004; Vara, 2008).

La Geografía de la Percepción permite reconocer dos tipos de espacio: el absoluto (objetivo) y el relativo (subjetivo). El primero, plasmado en la cartografía oficial o los datos estadísticos, el segundo, obtenido de la palabra (la percepción, la opinión, las preferencias, la valoración, la descripción) así como de los hechos (los desplazamientos y el comportamiento) de los habitantes que viven en esos espacios (Padilla y Luna, 2003).

En nuestro país existen estudios sobre la percepción ambiental. Destaca la investigación realizada por Arizpe, Paz y Velázquez (1993 citado en Fernández, 2008) en la Selva Lacandona en relación al proceso de deforestación y cambio ambiental en la región de Palenque y Marqués de Comillas en Chiapas. En éste trabajaron con distintos grupos sociales y estudiaron las percepciones ambientales que surgen a partir del deterioro ambiental. Otro estudio realizado desde el enfoque de la Geografía de la Percepción fue el realizado en la costa de Quintana Roo (Padilla y Luna, 2003) en donde se indagó sobre la percepción ambiental y el nivel de conocimientos de los pobladores de cuatro localidades

sobre aspectos ambientales con lo cual se detectó una diferenciación de grupos y de sus percepciones. Esta diversificación por localidades geográficas demostró que es necesario acciones de una educación popular ambiental basada en la identificación y aceptación de lo diverso.

Lazos y Paré (2000) y Lazos (2015) realizaron una investigación entre los nahuas de la Sierra de Santa Marta al sur de Veracruz, la cual forma parte de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, con la finalidad de encontrar alternativas sostenibles para el medio ambiente y sobre todo para la mejor toma de decisiones. En esta investigación destaca el hecho que 95% de los campesinos de Tatahuicapan desconocían qué parte de sus terrenos estaban considerados áreas de conservación, así como los límites de su ejido con la reserva. Otro estudio es el realizado en el municipio de El Espinal, Veracruz, con niños y jóvenes del ejido Melchor Ocampo sobre las percepciones y conocimientos ambientales que tienen de su ejido y de la reserva de vegetación que posee. Lo anterior para tener bases en el diseño de propuestas de educación ambiental que involucren este sector de la población (Fernández, Porter-Bolland y Sureda, 2010)

3.4.1 Técnicas para el estudio de las percepciones ambientales

En el enfoque de la Geografía de las Percepciones se requiere la utilización de métodos cualitativos o combinaciones con métodos cuantitativos que lleven a explicar relaciones entre el ser humano y el medio en el que se desarrollan sus actividades (Padilla y Luna, 2003). Las técnicas utilizadas frecuentemente en esta corriente incluyen la encuesta, el mapa mental, la entrevista, así como el análisis complementario de otras fuentes de datos (por lo general urbanos) (Vara, 2008). La técnica de entrevista permite acercarse a la realidad del espacio rural desde múltiples perspectivas y favorece la relación entre entrevistador y entrevistado con lo cual se pueden distinguir diversos matices perceptivos (Millán, 2004).

De acuerdo al grado de estructuración que tienen las entrevistas se pueden distinguir tres modalidades principales (Ander-Egg, 2003):

- Entrevista estructurada, llamada también formal, estandarizada o encuestas. Este tipo de

entrevista se realiza con base en un formulario previamente preparado y normalizado, con una lista de preguntas establecidas previamente. Se realiza un cuestionario en el cual se anotan las respuestas, ya sea textual o en forma codificada. La entrevista se realiza en forma de un interrogatorio donde las preguntas se plantean en el mismo orden y en los mismos términos.

- Entrevista semi-estructurada o entrevista basada en un guión. No existe un cuestionario al cual se ajuste el entrevistador, pero existen algunas preguntas que sirven como punto de referencia. En este tipo de entrevista lo fundamental es no perderse del guión de temas y objetivos.

- Entrevista libre o no estructurada- No se apoya en un cuestionario, existiendo gran libertad tanto para el entrevistado como para el entrevistador. Se trata, de preguntas abiertas que se formulan dentro de una conversación, teniendo como característica principal la ausencia de una estandarización formal. El entrevistado responde con sus propios términos.

Entre las técnicas empleadas para registrar el conocimiento local sobre la vegetación están aquellas provenientes de la antropología, como la observación participante y las entrevistas a ciertos miembros de la comunidad, esto dependiendo del tipo de datos que se quieren recolectar (Martin, 2001 citado en Bermúdez *et al.*, 2005). Además se utilizan las técnicas de colecta botánica (colección, herborización e identificación de especies) (Bermúdez *et al.*, 2005).

3.5 La Etnobotánica

La Etnobotánica es considerada desde hace medio siglo como una ciencia intermedia entre la Botánica y la Antropología. En un sentido amplio, la etnobotánica estudia las relaciones directas que existen entre el ser humano y las plantas (Schultes, 1939; Ford, 1978). Sin embargo, suele centrarse en los grupos humanos cuya relación con la naturaleza es más estrecha como los pueblos indígenas y las culturas rurales (Pardo de Santayana y Pellón, 2003).

Otras definiciones consideran que los elementos de las interrelaciones humano-planta están determinados por el medio (las condiciones ecológicas) y la cultura. Cuando se estudian estos factores a través del tiempo, se puede apreciar estos cambios cuantitativamente y

cualitativamente: el medio por modificaciones en sus componentes y por la acción humana y la cultura por acumulación (desde aprendizajes empíricos hasta científicos) o pérdida del mismo (Hernández, 1978).

Esta ciencia tiene una relación muy estrecha con las actividades propias de la Botánica (taxonomía, morfología y anatomía vegetal, fitogeografía, ecología, genética, fitopatología) y la Antropología (lingüística, etnografía, etnología, arqueología, historia), que le permite apoyar a (o apoyarse de) otras disciplinas (Schultes, 1939), lo cual finalmente genera un rango muy amplio de enfoques y aplicaciones (Bermúdez, Oliveira y Velázquez, 2005).

Según Berlín (1992 citado en Pardo de Santayana y Pellón, 2003), dentro de la Etnobotánica se pueden distinguir dos corrientes principales: la cognitiva y la utilitaria. La primera se preocupa de cómo perciben los humanos la naturaleza, y la segunda, de cómo la usan o manejan. La faceta utilitarista tiene un valor primordial, pero no deben olvidarse otras interacciones como el manejo, las creencias, los conocimientos, las impresiones o las valoraciones sobre las plantas.

4. Preguntas de investigación

- ¿Cuáles han sido los cambios de cobertura y uso de suelo en la Sierra de Zongolica?
- ¿Cuál es la percepción de los informante clave respecto a estos cambios?
- ¿De acuerdo a datos oficiales cuáles son las especies arbóreas útiles en riesgo en la Sierra de Zongolica?, ¿En base a la percepción de informantes clave, éstas son escasas?
- ¿Cuál es la distribución potencial de las especies arbóreas útiles en la Sierra de Zongolica?
- ¿Los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo afectan las áreas de la distribución potencial de las especies arbóreas útiles y en riesgo?, ¿La gente reconoce la presencia de estas especies en las áreas potenciales disponibles?

5. Objetivos

5.1 General

Determinar los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo en el período 1995 – 2015 en la Sierra de Zongolica y en las áreas de distribución potencial de las especies arbóreas útiles en riesgo, incorporando la percepción ambiental de la población nahua.

5.2 Específicos

- 1.- Determinar los cambios de cobertura vegetal y uso de suelo que ocurre en la Sierra de Zongolica considerando la percepción ambiental de informantes clave.
- 2.- Identificar las especies arbóreas útiles en riesgo en la Sierra de Zongolica a través de una búsqueda de literatura y de entrevistas a informantes clave.
- 3.- Modelar la distribución potencial de especies arbóreas útiles en riesgo a través del programa Maxent en la Sierra de Zongolica.
- 4.- Evaluar el efecto de los cambios de cobertura y uso del suelo sobre la distribución potencial de las especies arbóreas útiles en riesgo de la Sierra de Zongolica, así como identificar su presencia y/o ausencia en las áreas potenciales disponibles a través de entrevistas.

6. Área de estudio

6.1 La Sierra de Zongolica

El área de estudio comprende 13 municipios de la Sierra de Zongolica los cuales se encuentran en la Región de las Grandes Montañas de la zona centro del estado de Veracruz. Está conformada por los municipios de Astacinga, Atlahuilco, Magdalena, Mixtla de Altamirano, Los Reyes, San Andrés Tenejapan, Soledad Atzompa, Tehuipango, Tequila, Texhuacan, Tlaquilpa, Xoxocotla y Zongolica. La zona limita al norte con la zona urbana de Orizaba y al sur con el estado de Puebla, en la parte llamada Sierra Negra, y con el Valle

de Tehuacán. El área en el presente trabajo comprende una superficie de aproximadamente 95,099 hectáreas (figura 1).

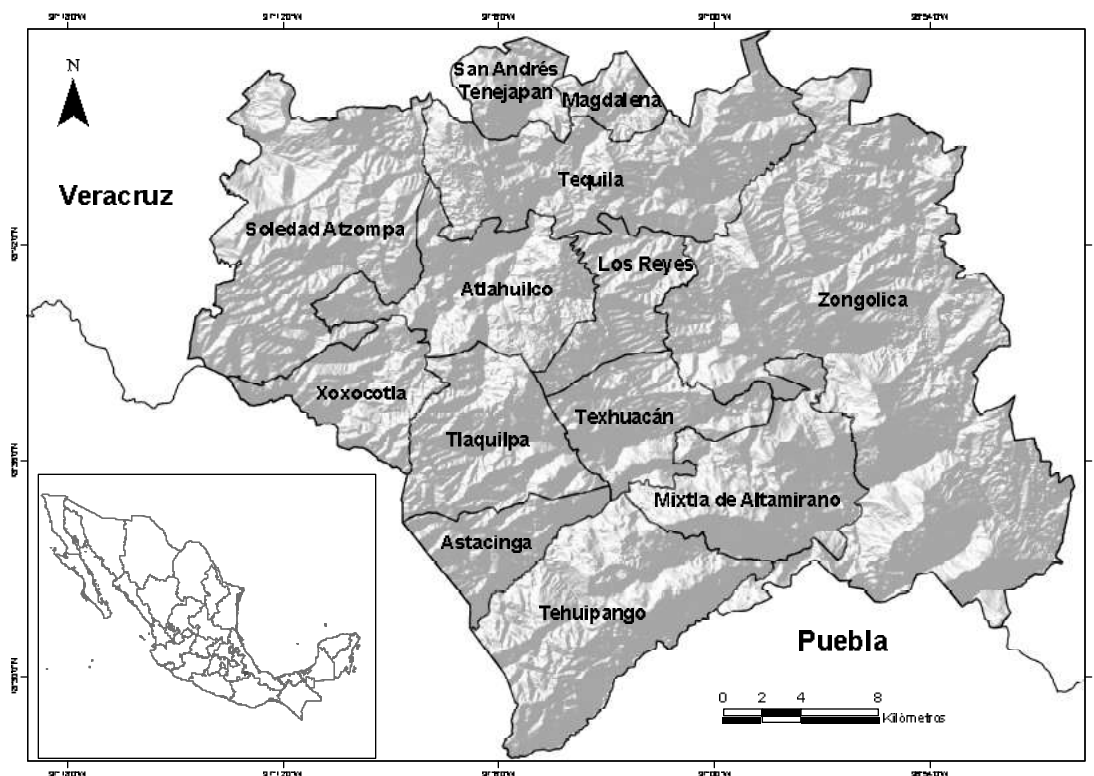


Figura 1. Localización del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

La Sierra de Zongolica se encuentra localizada según la clasificación por Geissert (1999) en la Sierra Madre del Sur y en la subprovincia de las Sierras Orientales. Presenta un relieve accidentado con alturas que van de los 400 a los 3000 msnm. Destaca el Cerro Petlacala con 2750 msnm.

La Sierra de Zongolica presenta cuatro tipos de climas, los cuales se obtuvieron en base a la clasificación de Köppen modificado por García (1998): cálido húmedo, semicálido húmedo, templado húmedo y templado subhúmedo. En la región de Zongolica, se observan tres zonas diferenciadas por la altitud: la cálida, templada y fría (Martínez, 2012b; Larios, 2014).

La zona cálida comprende altitudes hasta los 800 metros aproximadamente en los municipios de Zongolica y Mixtla de Altamirano (en la mayor parte de su territorio); al este

de los municipios de Tequila, Los Reyes y Texhuacan al noreste de Magdalena y sólo una pequeña porción al este del territorio de Tehuipango. La zona templada con altitudes hasta los 1700 metros la conforman los municipios de Atlahuilco, San Andrés Tenejapan, Magdalena, Tequila, Los Reyes, Mixtla de Altamirano y una parte de Texhuacan. La zona fría está compuesta por los municipios de Tlaquilpa, Astacinga, Tehuipango, Soledad Atzompa y Xoxocotla en altitudes que van de los 1800 a los 3000 metros.

En base a la clasificación de Rzedowski y a la información presentada por Niembro, Morato y Axayacatl (2004), presenta bosque tropical perennifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de coníferas, bosque de encinos, bosque de galería y áreas cubiertas de acahuales (vegetación secundaria) en diversos grados de desarrollo.

6.2 La población nahua de la Sierra de Zongolica

La zona de estudio presenta población indígena de la etnia nahua, por lo que la cultura se refleja en la lengua, vestimenta, alimentación, uso de la tierra, costumbres y tradiciones (Rodríguez, 2015). La Sierra de Zongolica se considera uno de los más importantes asentamientos nahuas en México, así como de los más antiguos en Mesoamérica (Hernández, 2015; Rodríguez, 2015). La población total es de 156,361 habitantes, de los cuales 79% habla náhuatl (INEGI, 2010). Los habitantes se autodenominan macehualli, “campesino”, que en castellano es macehual y al idioma lo nombran masewaltajtol, “palabra de los macehuales” o mexicano (Hasler, 1996 citado en Rodríguez, 2010). En esta región sobresale un gran sentido de pertenencia al lugar en el que viven, que incluye a los mestizos cuya lengua materna no es el náhuatl, pero que habitan en la región desde muchas generaciones atrás. Las referencias grupales más importantes son la pertenencia al “pueblo” y el fervor a los santos patronos (Rodríguez, 2010).

Dentro de la sierra se identifican tres zonas ecológicas (Martínez, 2013), pero los pobladores de la sierra identifican dos: Tlalesesekya o “tierra fría” que incluye la mayor parte de los municipios con bosques de coníferas y latifoliadas, además del bosque mesófilo de montaña y Tlaletotonik o “tierra caliente” en donde se encuentran bosques tropicales perennifolios así como fincas de café bajo sombra (Rodríguez, 2010).

La población de la Sierra de Zongolica lleva a cabo actividades económicas dentro del sector primario con 55% de la población total, 21% en el sector secundario y 24% en el terciario (INEGI, 2009). Gran parte del territorio se destina para actividades agrícolas y pecuarias, en su mayoría son de subsistencia (Torreblanca, 2011). El tipo de tenencia predominante es la propiedad privada en las zonas mas altas-frías, generalmente minifundista y en menor cantidad ejidal, especialmente en la zona baja-cálida (Elizondo, 2015).

Dentro de las actividades agrícolas, el cultivo de maíz (y otros cultivos asociados) ocupa un lugar primordial dentro del estilo de vida de las familias nahuas. En municipios como Soledad Atzompa, Atlahuilco, Texhuacan, Xoxocotla, Tlaquilpa y Zongolica que cuentan con bosques de pino, ilite y encino, estos árboles se explotan comercialmente (generalmente por los propios pobladores) para producir carbón y elaborar tablones, vigas y muebles rústicos para la venta en la región (Rodríguez, 2010; Martínez, 2010a; Rodríguez, 2015). En las zonas cálidas, el cultivo de café se ha extendido convirtiéndose en la principal producción (Elizondo, 2015).

7. Metodología

La metodología contempla tres fases (Figura 2): 1) en el cuadro verde se muestra el proceso para obtener los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo, 2) en el cuadro naranja se muestra lo relativo a la modelación de la distribución potencial de las especies arbóreas, y 3) el círculo azul contempla los aspectos sociales (conocimiento sobre las especies arbóreas y percepción) que se trabajaron en esta investigación, los cuales se abordaron de manera transversal a lo largo de la tesis.

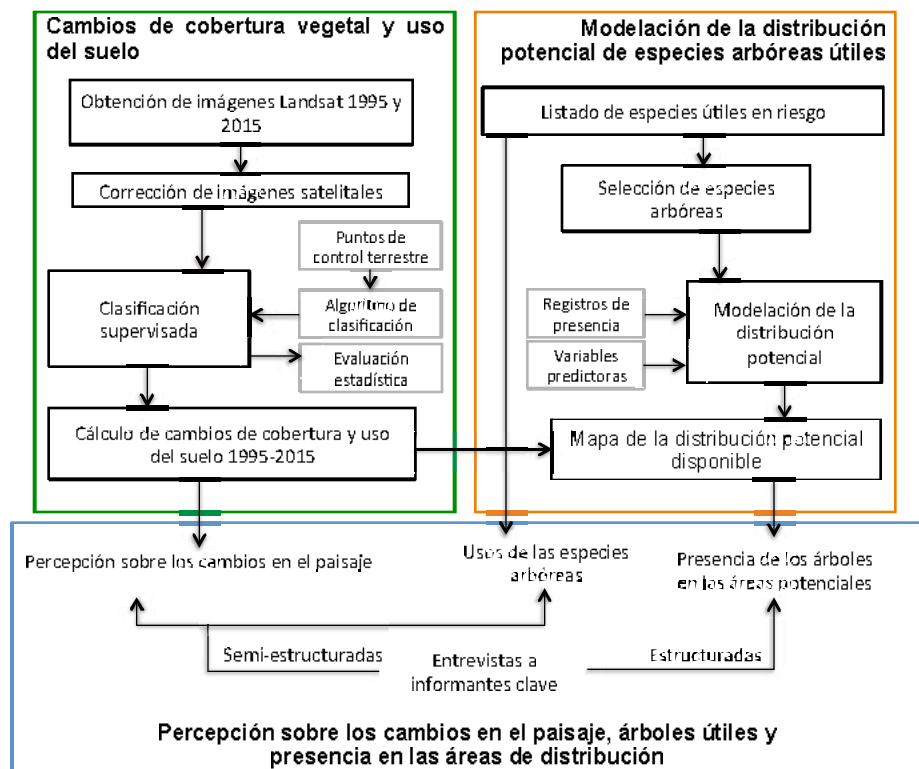


Figura 2. Esquema de la metodología utilizada para evaluar los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo y la modelación de la distribución de especies arbóreas en la Sierra de Zongolica.

7.1 Evaluación de los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo

7.1.1 Fuentes geospaciales utilizadas

Para realizar el análisis de cambios de cobertura vegetal y del uso de suelo se adquirieron imágenes LANDSAT del Servicio Geológico de los Estados Unidos (<http://glovis.usgs.gov/>) con una resolución de 30 metros por píxel, las cuales se indican en el cuadro 4.

Cuadro 4. Listado de imágenes satelitales empleadas en el análisis de cambio de cobertura y uso del suelo en la Sierra de Zongolica.

Path	Row	Sensor	Fecha
025	047	Landsat 5 TM	25/marzo/1995
025	047	Landsat 8 OLI	19/mayo/2015

Se seleccionaron las imágenes que menor cantidad de nubosidad presentaban y que cubrían la época del año elegida, los meses de marzo, abril y mayo, debido a que la información de campo respecto a la cobertura vegetal y a los usos del suelo se levantó en estos meses.

7.1.2 Corrección de imágenes satelitales

En el caso de la corrección radiométrica se realizó la conversión de los valores crudos digitales de las imágenes (ND) a radiancia y posteriormente a reflectancia para cada una de las imágenes satelitales con ayuda de la herramienta Landsat calibration del software ENVI 4.7® para las imágenes 1995. En lo que respecta a la imagen de 2015, ésta se realizó con Radiometric Calibration del software ENVI 5.1®. Posteriormente se utilizó el módulo FLAASH y se convirtieron los valores de radiancia a reflectancia de las seis imágenes. Lo anterior fue indispensable ya que la reflectividad permite tener valores que pueden compararse en distintas fechas y lugares (Brizuela et al., 2007), como es este caso (figura 3).

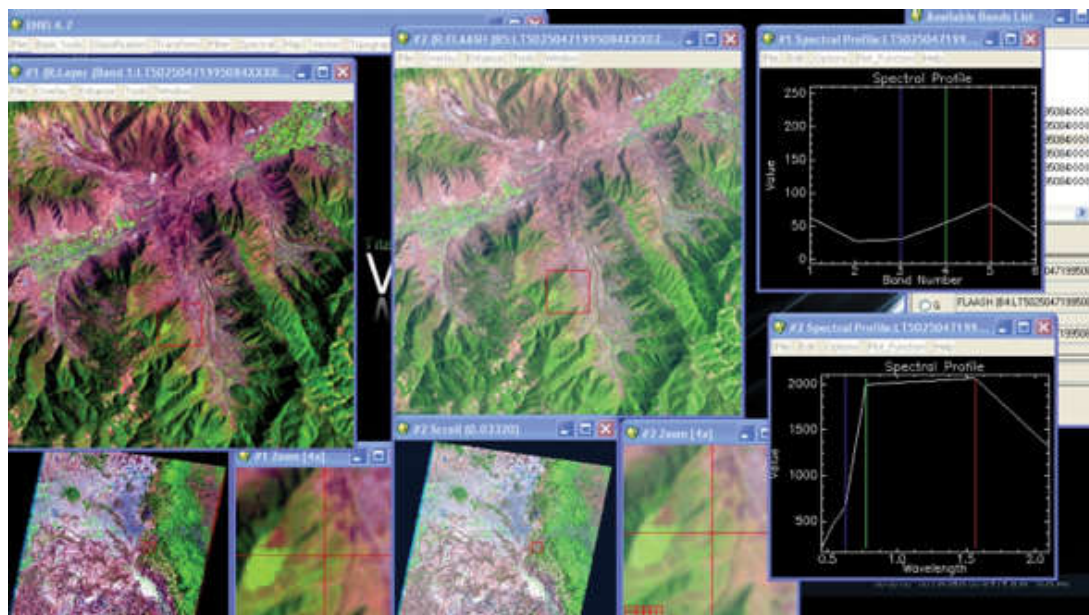


Figura 3. Resultados de la corrección atmosférica utilizando el módulo de FLAASH de ENVI en la imagen del 25 de marzo 1995. A la izquierda se muestra la imagen no corregida y a la derecha con la corrección realizada.

Se determinó la cobertura de vegetación y uso de suelo mediante la técnica de percepción

remota de clasificación supervisada para lo cual fue necesario generar puntos de verificación de campo. Los puntos de campo se geoposicionaron con un equipo de la marca Garmin Etrex utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de los Estados Unidos y el Sistema Orbital Mundial de Navegación por Satélite (GLONASS) de la Federación Rusa y con un margen de error menor a 5 metros. El levantamiento se realizó en los meses de marzo, abril y mayo de 2015 (figura 4).

Los puntos de campo se levantaron en las carreteras principales, de terracería y algunas veredas de manera que se cubriera el área de estudio, para esto se consideró previamente la ocupación actual del suelo utilizando las imágenes satelitales de Google Earth. La toma de puntos se realizó a distancias entre 0.5 y 2 kilómetros, así como de 30 a 50 metros al interior de la vegetación, alejándose de la carretera. En todos se consideraron superficies iguales o mayores a una hectárea. Para el registro de la información de cada sitio se elaboró un formato en el cual se incluyó además de las coordenadas X y Y, la altitud, el error en la precisión del punto, el número de fotografía, la clase, el lugar, la fecha, las especies dominantes y/o características del lugar, así como la altura y diámetros promedio de las especies.

En total se obtuvieron 271 puntos, de los cuales 29 son de vegetación herbácea y arbustiva, 52 de vegetación secundaria arbórea, 64 de bosque de coníferas, encinos y plantaciones forestales, 14 de bosque mesófilo de montaña (BMM), 4 de bosque tropical perennifolio (BT), 60 de cultivos agrícolas, 14 son de potreros (P) y 34 de infraestructura. Para la clasificación, estos puntos se reclasificaron en cuatro: vegetación secundaria arbustiva, arbolado, agropecuario e infraestructura.

Para el bosque mesófilo de montaña (BMM) se consideraron las Áreas Privadas de Conservación (Reserva del Bicentenario, Rancho El Estribo, Rancho La Zeta y Centro ecoturístico La Quinta). Para la del bosque de coníferas, las reservas municipales de San Andrés Tenejapan, Texhuacan y Tlaquilpa que actualmente tienen vegetación conservada.

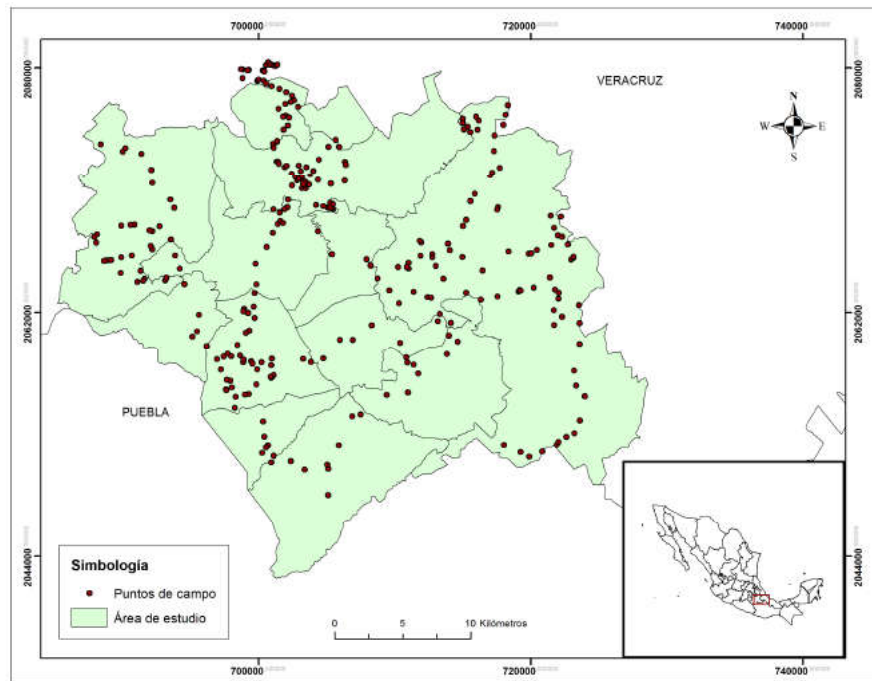


Figura 4. Puntos de campo levantados en la Sierra de Zongolica durante los meses de marzo, abril y mayo de 2015.



Figura 5. Vegetación secundaria arbustiva (a) y vegetación secundaria arbórea (b) considerados en la clasificación realizada.

7.1.3. Clasificación de las imágenes

Para realizar la clasificación supervisada, se analizaron las imágenes Landsat mediante el empleo del software ENVI 5.1 para esto primero se utilizó la herramienta ROI con la cual se crearon las firmas espectrales para cada una de las imágenes satelitales utilizando de

apoyo los puntos de verificación obtenidos en campo para la generación de clases. El algoritmo empleado para la clasificación fue *Maximum Likelihood*.

La zona presenta dificultades al momento de clasificar debido a lo accidentado del relieve por lo que se realizó una agrupación de clases. En el caso de la imagen correspondiente al 2015 se usaron 4 clases con los puntos reclasificados: 1) vegetación secundaria arbustiva; 2) arbolado, que incluyó vegetación secundaria arbórea, cafetales, bosque de coníferas y encinos, plantaciones forestales de *Pinus*, bosque mesófilo de montaña y bosque tropical; 3) agropecuario que incluye cultivos así como potreros y 4) infraestructura (las áreas urbanas, y los caminos).

Para realizar la clasificación de 1995, además de puntos de verificación se utilizó el apoyo de ortofotos digitales del año 1995. En esta se contemplaron cuatro clases: vegetación secundaria arbustiva, arbolado, agropecuario e infraestructura.

7.1.4 Evaluación estadística de confiabilidad

La evaluación de la confiabilidad se llevó a cabo con los mapas clasificados de 1995 y 2015. Para el primero se utilizaron 293 sitios de referencia obtenidos de ortofotos digitales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), de marzo y abril de 1995 a una escala de 1:20,000. En ésta se utilizó un muestreo estratificado tomando las clases *Arbolado*, *Vegetación secundaria arbustiva*, *Agropecuaria*, e *Infraestructura* como estratos. Para la clasificación de 2015 se utilizaron los 271 sitios de campo antes mencionados utilizando las mismas clases.

La herramienta generó un archivo csv en el cual se muestra la matriz bruta, la matriz ajustada, la confiabilidad global y su medio intervalo de confianza (Half CI), la confiabilidad del usuario y productor para cada categoría con sus medios intervalos de confianza (más los límites inferior y superior de los intervalos de confianza) y la proporción del mapa cubierta por cada clase después de la corrección de los errores de clasificación con su medio intervalo de confianza (más los límites inferior y superior del intervalo de confianza). Estos últimos datos se utilizaron para estimar las superficies ajustadas

(considerando los errores de clasificación) y los intervalos de confianza medio con sus límites inferior y superior al multiplicarlos por la superficie total del mapa.

7.1.5 Estimación de los cambios de cobertura y uso del suelo

Para estimar los cambios de uso de suelo y vegetación para el área de estudio se asignaron valores a cada una de las clases (agropecuaria, arbolado, infraestructura y vegetación secundaria arbustiva) de ambas fechas. Con la herramienta de Álgebra de mapas de Spatial Analyst Tools del software Arcmap 10 se procedió a generar el mapa de las dinámicas de cambios en el período 1995 a 2015. Posteriormente se determinaron las superficies de estos cambios en hectáreas, sus porcentajes y las tasas de cambio (δ) con la fórmula utilizada por Palacio-Prieto y colaboradores (2004):

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

Donde:

δ = Tasa de cambio (para expresar en % se multiplica por 100)

S_1 = Superficie en la fecha 1 (año de inicio)

S_2 = Superficie en la fecha 2 (año actual o más reciente)

n = Número de años entre S_1 y S_2

7.1.6 Percepción ambiental sobre los cambios en el paisaje

El estudio realizado fue de tipo descriptivo con un muestreo no probabilístico que consistió en entrevistas semi-estructuradas a 17 informantes clave, los cuales tienen conocimiento sobre los recursos forestales de su localidad derivado de su quehacer diario así como de la experiencia en el uso de estos recursos. Las entrevistas se realizaron de manera personal y en el domicilio de los informantes con una duración entre 2 y 3 horas, además se procuró asistir con alguna persona familiarizada con ellos para facilitar la entrevista. En algunos casos fue necesario realizar visitas previas para acordar la fecha y de esta manera crear con los informantes una atmósfera de confianza. Las entrevistas se realizaron en el idioma

español, ya que aunque la mayor parte de los entrevistados son indígenas nahuas, ellos son bilingües. Solamente en dos entrevistas se necesitó de un intérprete.

En total se realizaron 17 entrevistas (11 hombres y 6 mujeres) con edades entre los 25 a los 80 años. Para seleccionar a los informantes clave se preguntó a personas residentes en las comunidades sobre personas que conocieran y tuvieran experiencia en relación a los recursos forestales de su zona, principalmente se consideraron a las personas adultas debido a que se buscaba conocer su percepción sobre los cambios en el paisaje en los últimos 20 años. Se hicieron dos excepciones: un egresado de la ingeniería forestal del Tecnológico de Zongolica (29 años) y una vendedora de orquídeas (25 años) ya que ellos consultaron con familiares que estaban presentes durante las entrevistas. Los informantes clave fueron tres curanderas (una de ellas partera), un artesano (también músico y apicultor), un viverista (ingeniero forestal) del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, dos vendedoras de plantas silvestres, una maestra del CBTA de Tequila, dos dueños de un centro ecoturístico, carpinteros, cafeticultores y dueños de aserraderos. Los informantes son originarios, en su mayoría de las tres zonas detectadas en el área de estudio (cuadro 5), sólo una persona reside en el municipio de Zongolica desde hace treinta años.

Cuadro 5. Número de entrevistados por zona

Zonas	Hombres	Mujeres
Cálida	4	1
Templada	3	4
Fría	4	1
Total	11	6

Las variables utilizadas fueron tomadas de la metodología del *Man and Biosphere* (MAB) de la Unesco (Whyte, 1978). En base al listado generado en la revisión de la literatura consultada se presentaron las fotografías de las especies arbóreas en riesgo a los informantes clave, las cuales se enumeraron para hacer más eficiente la sistematización de las mismas. La entrevista se dividió en cuatro secciones: los datos generales del entrevistado, los usos de los árboles reconocidos por los informantes, la percepción de los entrevistados sobre la abundancia de los árboles identificados, otros árboles escasos no

contemplados en el listado presentado, así como los cambios en el paisaje y el origen de estos.

Las preguntas formuladas fueron de varios tipos: cerradas (edad, ocupación, lugar de residencia, nombre de la planta, nombres locales de las plantas, etc.), preguntas graduadas y preguntas abiertas. Las preguntas graduadas se hicieron para conocer la percepción sobre la abundancia de las plantas (poco, regular, mucha). Para esto se mostraron gráficamente la abundancia de los árboles en tres tarjetas las cuales contenían dibujos con pocos árboles, con una cantidad intermedia de árboles y con muchos árboles. Estas tarjetas se mostraron a los entrevistados y ellos señalaban la que consideraban representaba la abundancia de cada una de las especies seleccionadas.

El análisis de los datos desde el enfoque de la Geografía de la Percepción se debe realizar tanto de manera cuantitativa como cualitativa y para las conclusiones se recomienda exponerlas de manera escrita como a través de planos y gráficos (Vara, 2008).

En lo que respecta a los datos cualitativos se transcribió la información de las entrevistas en el programa Excel. Los datos se estructuraron en dos categorías: usos y percepción ambiental así como en sus respectivas subcategorías (ver cuadro 6).

Cuadro 6. Categorías y subcategorías contempladas en las entrevistas semi-estructuradas.

Categorías	Subcategorías
Usos	
Percepción ambiental	Abundancia de los árboles Árboles escasos Cambios en el paisaje de su localidad

7.2 Especies arbóreas útiles en riesgo en la Sierra de Zongolica

7.2.1 Selección de las especies arbóreas útiles en riesgo

Se elaboró un listado de las especies arbóreas presentes en la sierra que se encuentran en las siguientes categorías: 1. En peligro de extinción (P), 2. Amenazadas (A), 3. Peligro crítico (CR) y 4. En peligro (EN) de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y de las Listas rojas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (incluyendo The Red List of Mexican Cloud Forest Trees). Para seleccionar a las especies se consultaron

publicaciones e investigaciones realizadas en esta región (tesis y artículos), las bases de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), el herbario XAL del Instituto de Ecología (INECOL), el CORU de la Universidad Veracruzana y el Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, así como también los registros personales de algunas especies. Se obtuvo un listado inicial con un número de 15 árboles en riesgo. Esta lista se utilizó como base para realizar las entrevistas semi-estructuradas aplicadas en el apartado de percepción ambiental.

A partir de las entrevistas semi-estructuradas realizadas se seleccionaron las especies de mayor importancia para la gente de acuerdo a sus usos y a sus percepciones sobre la abundancia actual y pasada. Lo anterior se hizo en base al número total de usos de cada especie, el número total de entrevistados que las mencionaron, la abundancia de las especies percibida por los informantes hace 20 años y en la actualidad. Para esto se realizó una jerarquización con cada aspecto y el puntaje obtenido se sumó para obtener finalmente una jerarquización total de importancia de las especies (Cuadro 7). A partir de lo anterior se seleccionaron siete especies a modelar: *Litsea glaucescens*, *Quercus polymorpha*, *Quercus sartorii*, *Juglans pyriformis*, *Magnolia mexicana*, *Magnolia dealbata* y *Ulmus mexicana*.

Jerarquía

Cuadro 7. Jerarquización de las especies a modelar.

ESPECIE	Jerarquías				Total
	1	2	3	4	
	Número de usos	Número de menciones	Mucha Abundancia (20 años)	Poca Abundancia (actual)	
<i>Abies hickelii</i>	8	8	5	5	9
<i>Carpinus caroliniana</i>	8	8	5	6	11
<i>Juglans pyriformis</i>	4	4	2	4	4
<i>Litsea glaucescens</i>	1	1	5	1	1
<i>Magnolia dealbata</i>	6	6	3	6	6
<i>Magnolia mexicana</i>	5	5	4	2	5
<i>Quercus insignis</i>	7	7	4	6	8
<i>Quercus polymorpha</i>	2	2	1	5	2
<i>Quercus sartorii</i>	3	3	1	5	3
<i>Tilia americana</i>	8	8	5	6	11
<i>Ulmus mexicana</i>	6	6	6	3	6

<i>Vaccinium leucanthum</i>	8	8	5	5	9
-----------------------------	---	---	---	---	---

Jerarquías 1. Se asignó el número de menor a mayor en base al mayor número de usos. 2. Se ordenó de menor a mayor en base al mayor número de menciones. 3. Se asignó el número de menor a mayor a las especies que fueron más abundantes de acuerdo al número de entrevistados. 4. Se asignó el número de menor a mayor a las especies que fueron poco abundantes de acuerdo al número de entrevistados. Total. Se obtuvo con la función de jerarquización del programa Excel.

Los registros botánicos de las siete especies seleccionadas se obtuvieron del Sistema Nacional sobre Información de Biodiversidad (SNIB) administrado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), del *Missouri Botanical Garden* y del *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF). Así mismo se consultaron colectas del herbario CORU de la Universidad Veracruzana y del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. También se consideraron los registros visuales de las especies obtenidos durante la realización de la presente investigación.

7.3 Modelaje de las especies arbóreas útiles

7.3.1 Modelaje con el software Maxent

Una vez seleccionadas las especies según las entrevistas semiestructuradas, se procedió a realizar el modelaje de la distribución potencial. En la generación de los modelos de presencia de las especies se utilizó el software Maxent (Phillips et al., 2004; Phillips, Anderson y Schapire, 2006). Se utilizaron 19 variables bioclimáticas para el modelaje, obtenidas de la base de datos Wordclim2 con una resolución de aproximadamente de 1km² del período 1950 al 2000, así como la altitud, la cual se obtuvo de INEGI, 1998 (Ver cuadro 8).

Cuadro 8. Variables utilizadas para la modelación de la distribución potencial de especies arbóreas.

Variable	Descripción
Bio01	Temperatura media anual
Bio02	Rango de temperatura diurno medio (Temp. Máxima – Temp. Mínima)
Bio03	Isotermalidad (Bio2 / Bio7) (* 100)
Bio04	Estacionalidad de temperatura (desviación estándar * 100)
Bio05	Temperatura máxima del mes más caliente
Bio06	Temperatura mínima del mes más frío

Bio07	Rango de temperatura anual (Bio5 – Bio6)
Bio08	Temperatura media del trimestre más húmedo
Bio09	Temperatura media del trimestre más seco
Bio10	Temperatura media del trimestre más caliente
Bio11	Temperatura media del trimestre más frío
Bio12	Precipitación total anual
Bio13	Precipitación del mes más húmedo
Bio14	Precipitación del mes más seco
Bio15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo
Bio17	Precipitación del trimestre más seco
Bio18	Precipitación del trimestre más caliente
Bio19	Precipitación del trimestre más frío
Alt.	Altitud

Las capas de las variables fueron cortadas incluyendo la región central de México, para incluir la región de las montañas de Veracruz en donde se encuentra el área de estudio, el sureste de Puebla (incluye el Valle de Tehuacán-Cuicatlán y la parte norte de Oaxaca). Las capas se transformaron al formato ASCII Raster, y los registros de las especies en formato csv.

Maxent genera una distribución de probabilidades en toda el área de estudio que se basa en las variables ambientales. Además utiliza iteraciones en donde asigna distintos pesos a las variables utilizadas y va ajustándolas (Martínez, 2010). Como resultado se obtienen los mapas de probabilidad de distribución en ASCII y una hoja de resultados en HTML con imágenes de los mismos mapas. Para la elaboración final de los mapas se utilizó el software Arcmap 10 los cuales se limitaron al área de estudio.

Para evaluar los modelos de distribución se utilizaron las curvas ROC (*receiver operating characteristic*) que caracterizan el rendimiento de los modelos en todos los posibles umbrales con un número: el área bajo la curva o (AUC) (Phillips et al, 2004). El valor de AUC mide la habilidad de un modelo para discriminar los sitios en donde está la especie de aquellos en donde no lo está; presenta valores que van de 0 a 1, en donde 1 indica una discriminación perfecta, valores de 0.5 indican que la discriminación del modelo no es mejor que al azar y valores menores a 0.5 que son discriminaciones peores que si fueran al azar (Elith *et al.*, 2006).

7.3.2 Influencia del cambio de cobertura y uso del suelo en la distribución potencial de las especies arbóreas

Para obtener la distribución potencial disponible para las especies se consideraron sólo las áreas con probabilidades de presencia por encima del 50%. Además se descartaron de los mapas de distribución potencial las superficies con usos del suelo que impiden el establecimiento de las mismas (zonas urbanas, agropecuarias y vegetación secundaria arbustiva) para ambas fechas 1995 y 2015. Estas áreas fueron medidas a través del ArcGis 10.3 y comparadas para obtener la pérdida del área potencial predicha en los modelos. Con esto se puede visualizar los cambios en el área de estudio y cuantificar las afectaciones a las áreas de las especies modeladas.

7.3.3 Reconocimiento local de los árboles útiles en las áreas de distribución potencial

La segunda fase del análisis de percepción se realizó al tener los resultados del modelaje, con el fin de explorar la percepción (el conocimiento) de las personas sobre la presencia de las especies arbóreas en las áreas de distribución potencial con mayor probabilidad de presencia. Para comprobar su presencia en campo se seleccionaron 12 localidades de las tres zonas fría, templada y cálida, en donde las probabilidades de presencia de las especies eran superiores al 50% (cuadro 9). Se realizó un muestreo no probabilístico de 29 entrevistas estructuradas a informantes clave, quienes por su oficio o conocimiento local de los árboles pudieran reconocer las especies modeladas en sus localidades. Las entrevistas se realizaron en los domicilios de las personas, en algunos casos en náhuatl. En las localidades de Magdalena y Atlahuilco, se obtuvo ayuda de dos jóvenes originarios de esos municipios quienes apoyaron en la localización de los informantes clave así como en la realización de las entrevistas, además también son nahuablantes. La duración de las entrevistas fue de 40 min. a una hora. Las entrevistas se realizaron a 19 hombres y 10 mujeres con edades entre 30 a 77 años. Los entrevistados fueron seis campesinos, siete amas de casa /campesinas, cinco cafecultores, cuatro curanderas y médicos tradicionales, dos leñadores, dos carpinteros, un carbonero, un jardinero y un comerciante.

En la entrevista se contemplaron dos categorías: presencia de los árboles modelados y motivos de su conservación. Durante la entrevista se mostraron fotografías de los árboles y se realizaron 6 preguntas: ¿Conoce estos árboles?, ¿Con qué nombre lo conoce?, ¿Se encuentran en su pueblo? ¿En qué tipo de lugares crecen estos árboles?, ¿Por qué se mantienen estos árboles? y ¿Realizan alguna práctica o manejo para conservarlos? ¿Cuál?

La información obtenida se transcribió al programa Excel. El análisis de esta información permitió confirmar de manera exploratoria la presencia o ausencia de las especies en las áreas generadas en los modelos, así como las características de los lugares en los cuáles todavía se encuentran.

8. Resultados

8.1 Cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo 1995 - 2015

Los cambios de cobertura y uso del suelo para la Sierra de Zongolica muestran que, en 1995, 52% de la superficie estaba cubierta por vegetación arbolada. Dentro de ésta, destaca la zona tropical ocupada principalmente por cafetales y la zona fría por los bosques de coníferas y encinos. El uso agropecuario de la tierra ocupaba 22% de la superficie total, fundamentalmente por el cultivo de maíz de temporal. En la zona fría este uso cubría una franja en la parte oeste del área de estudio. En la zona cálida sobresale la parte media del municipio de Zongolica por el uso ganadero. La vegetación secundaria arbustiva cubría un 22% de la superficie total, sin embargo, ésta se concentra en la zona media, a lo largo del área de estudio (de Norte a Sur). La superficie ocupada por los asentamientos humanos, así como por las vías de comunicación, cubría un 2.6% (figura 6).

En el 2015, los cambios de cobertura y uso del suelo en la región de estudio presentan una superficie arbolada de aproximadamente 63.5%, principalmente en los municipios de las zonas fría y templada como Astacinga, Atlahuilco, San Andrés Tenejapan Soledad Atzompa, Xoxocotla, Tehuipango, Tequila y Tlaquilpa. El uso agropecuario y las áreas cubiertas con vegetación secundaria arbustiva disminuyeron considerablemente, presentando un 17 y 13.8% respectivamente. En el caso de las zonas con asentamientos

humanos y carreteras, se observó un incremento con respecto a la superficie ocupada en 1995, con 5.6%, principalmente en la zona fría en los municipios de Astacinga, Atlahuilco, Soledad Atzompa, Tehuipango, Tlaquilpa y Xoxocotla (figura 7).

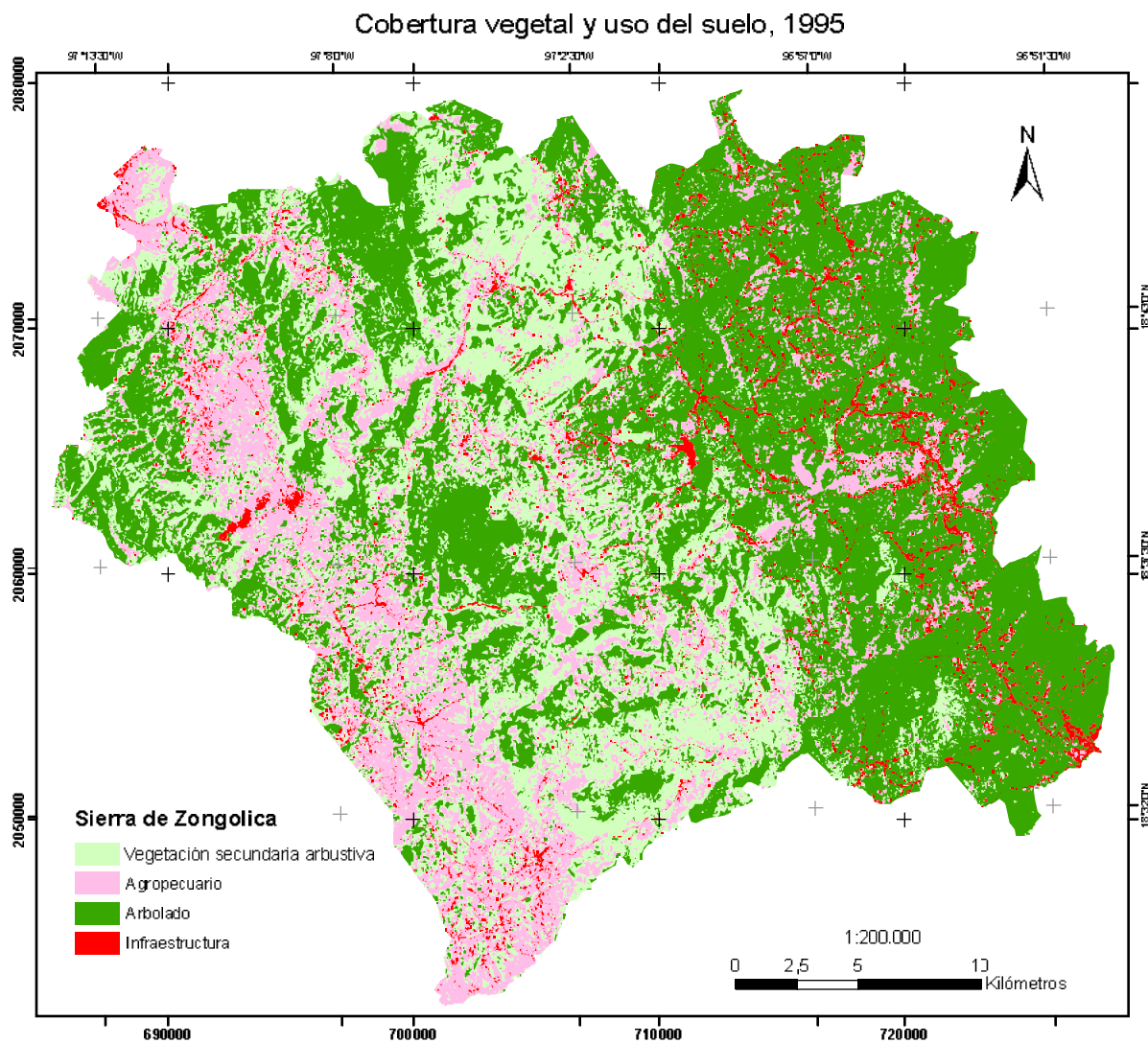


Figura 6. Mapas de cobertura vegetal y uso del suelo en la Sierra de Zongolica, 1995

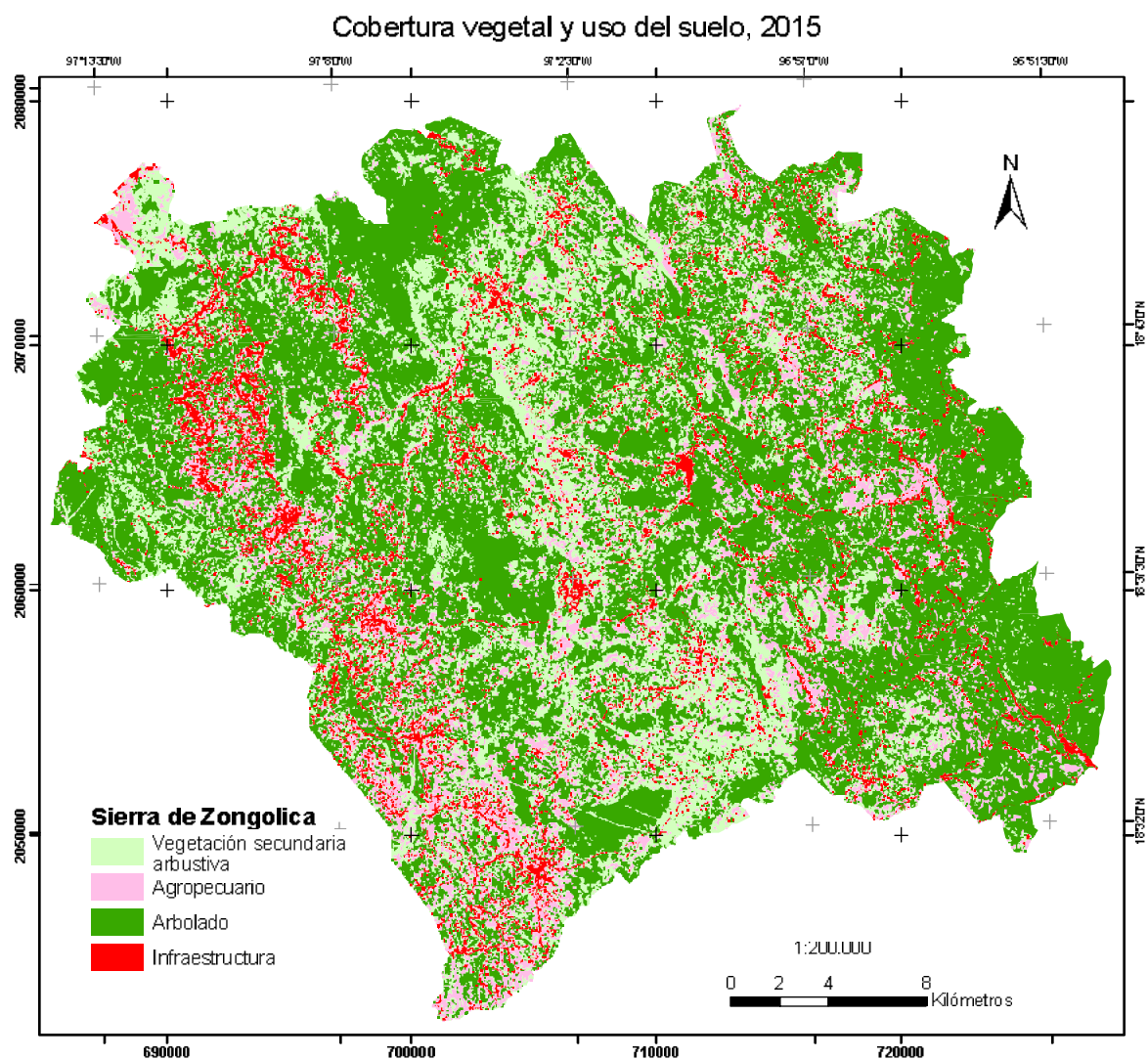


Figura 7. Mapas de cobertura vegetal y uso del suelo en la Sierra de Zongolica, 2015.

Para 2015, es notable el incremento del arbolado con aproximadamente 60 mil ha (63.5%). Lo anterior indica una tendencia a la disminución de la vegetación secundaria y de las áreas agropecuarias, procesos que contribuyen al aumento de la vegetación arbórea (Figura 8).

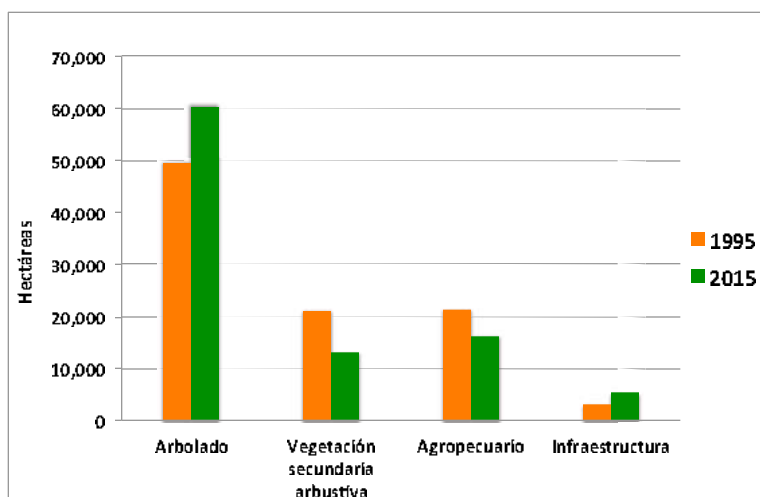


Figura 8. Comparativo de la superficie ocupada por clase de cobertura para 1995 y 2015 en la Sierra de Zongolica, Ver.

De igual forma, la información recopilada durante las entrevistas, indica que la gente percibe claramente los cambios espaciales y temporales del paisaje que le rodea (cuadro 9). Entre los 17 entrevistados, 94% señaló cambios en su localidad en los últimos 20 años, principalmente la reforestación (64%, incluye la regeneración natural y las plantaciones forestales), la deforestación con un 11% y la urbanización con un 17%.

Cuadro 9. Percepción sobre los cambios en el paisaje de la localidad			
Zonas	No. de informante	¿Ha cambiado?	Cambios percibidos
Fría	1	No ha cambiado	Se mantiene arbolado
	10	Ha cambiado	Se ha reforestado
	12	Ha cambiado	Se ha deforestado
	14	Ha cambiado	Se ha reforestado
	18	Ha cambiado	Se ha deforestado
	3	Ha cambiado	Se ha reforestado y urbanizado
Templada	7	Ha cambiado	Se ha recuperado
	8	Ha cambiado	Se ha recuperado
	9	Ha cambiado	Se ha urbanizado y abrieron caminos
	11	Ha cambiado	Se ha reforestado
	13	Ha cambiado	Se ha recuperado
	17	Ha cambiado	Se ha urbanizado y abrieron caminos

Cálida	2	Ha cambiado	Se ha recuperado
	4	Ha cambiado	Se ha reforestado y recuperado
	5	Ha cambiado	Se ha reforestado (café)
	6	Ha cambiado	Se ha reforestado y recuperado
	16	Ha cambiado	Se volvió agrícola y abrieron caminos

Entre las personas entrevistadas sólo una respondió que su localidad no ha cambiado y actualmente se conserva arbolado.

“Yo veo que no ha cambiado mucho y depende del lugar si hay (Tepapalotla, Barrio de Santa Cruz) o no hay árboles (Cuahutlamanca, Tepetlapa hacen sillas). Aquí hay árboles todavía porque no se tala todo, se dejan árboles, se ocupan los pinos para construir las casas, pero también aquí hay casas de mampostería.” (María del Carmen Montalvo, partera, 53 años)

8.1.1 Evaluación estadística de confiabilidad y estimación de áreas

Las clasificaciones realizadas (1995 y 2015) obtuvieron una confiabilidad global de 89 y 74%, con un 95% de confianza y una $z = 1.96$, respectivamente (cuadros 10 y 11). Entre las razones que explican esto se encuentra que la zona de estudio presenta serias dificultades para su clasificación debido a las pronunciadas pendientes, las múltiples exposiciones, así como la atomización del uso del suelo.

Cuadro 10. Matriz de error de la clasificación de 1995

Clases	Arbolado	Vegetación secundaria arbustiva	Agropecuario	Infraestructura	Total
Arbolado	146	5	3	0	154
Vegetación secundaria arbustiva	11	46	3	0	60
Agropecuario	2	0	45	3	50
Infraestructura	1	0	4	24	29
Total	160	51	55	27	293

Cuadro 11. Matriz de error de la clasificación de 2015

Clases	Arbolado	Vegetación secundaria arbustiva	Agropecuario	Infraestructura	Total
Arbolado	91	6	1	1	99

Vegetación secundaria arbustiva	23	22	10	3	58
Agropecuario	11	1	54	0	66
Infraestructura	9	0	9	30	48
Total	134	29	74	34	271

Las matrices de error ajustadas generan los valores (la proporción del error ajustado) para estimar el área de cada clase (Arbolado, Vegetación secundaria arbustiva, Agropecuario e Infraestructura), la cual se multiplica por el área total del mapa (cuadro 12).

Cuadro 12. Matriz de error ajustada de las clasificaciones 1995 y 2015

Clases	Arbolado	Veg. secundaria arbustiva	Agropecuario	Infraestruc- tura	User Accuracy	Producer Accuracy	Overall Accuracy
1995							
Arbolado	0.461	0.016	0.009	0	0.95±0.04	0.89±0.05	0.89±.04
Veg. secundaria arbustiva	0.049	0.207	0.013	0	0.77±0.11	0.93±0.06	
Agropecuario	0.009	0	0.198	0.013	0.90±0.08	0.88±0.07	
Infraestructura	0.001	0	0.003	0.0202	0.83±0.14	0.60±0.27	
Total	0.520	0.223	0.224	0.033			
2015							
Arbolado	0.495	0.033	0.005	0.005	0.92±0.05	0.78±0.05	0.74±.04
Veg. secundaria arbustiva	0.108	0.103	0.047	0.014	0.38±0.12	0.75±0.15	
Agropecuario	0.022	0.002	0.107	0	0.82±0.09	0.63±0.11	
Infraestructura	0.011	0	0.011	0.037	0.63±0.14	0.65±0.22	
Total	0.635	0.138	0.171	0.056			

Finalmente se estimó el área con el error ajustado (cuadro 13). La superficie cubierta por cada clase ya ajustada indica que la superficie calculada en los mapas, a través de las clasificaciones, subestimaron las áreas arboladas encontrándose por debajo del límite inferior del intervalo de confianza. En cuanto a las áreas cubiertas por vegetación secundaria arbustiva, éstas sobrepasaron el límite superior del intervalo de confianza en ambas fechas.

Cuadro 13. Superficie estimada por clase de cobertura en los mapas 1995 y 2015, con el error ajustado de la matriz de confusión y sus respectivos intervalos de confianza (IC).

Clasificación		Superficie del mapa (ha)	%	Error ajustado (ha)	%	IC medio (ha)	Límite Inferior IC (ha)	Límite Superior IC (ha)
1995	Arbolado	45647.52	48.23	49435.71	52	3223.95	46211.76	52659.66
	Veg. secundaria arbustiva	25676.73	27.1	21159.73	22.3	3056.74	18102.99	24216.47
	Agropecuario	20921.78	22.01	21331.22	22.4	2496.82	18834.40	23828.03
	Infraestructura	2852.97	2.65	3172.08	3.3	1428.44	1743.64	4600.52
	Total	95098.74	100	95098.74	100	95098.73	95098.74	95098.74
2015	Arbolado	51182.03	53.8	60424.93	63.5	4480.38	55944.56	64905.31
	Veg. secundaria arbustiva	25852.63	27.2	13097.27	13.8	4072.95	9024.32	17170.22
	Agropecuario	12484.53	13.1	16235.12	17.1	3035.15	13199.97	19270.27
	Infraestructura	5579.55	5.9	5341.41	5.6	1957.69	3383.72	7299.11
	Total	95098.74	100	95098.74	100	95098.74	95098.74	95098.74

8.1.2 Cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo 1995 - 2015

Los cambios de cobertura y uso del suelo durante el período 1995-2015 mostraron un incremento en la cobertura forestal pasando de 49,435 hectáreas (52%) en 1995 a 60,424 hectáreas (63.5%) en el 2015, lo que representó un aumento del 11.5% con una tasa de cambio (TC) de 1% ha/año (figura 9). Este proceso se generó de la conversión de áreas que presentaban vegetación secundaria arbustiva, así como por usos agropecuarios, los cuales presentaron tasas de cambio de -2.4 y -1.4 % de hectáreas anuales (Figura 9).

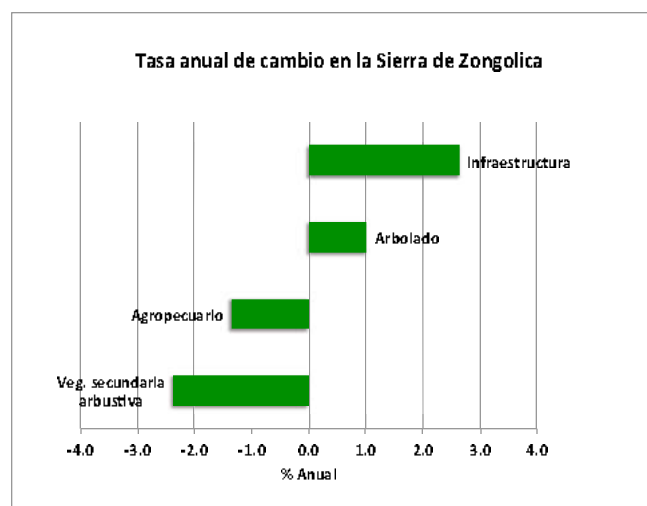


Figura 9. Tasa anual de cambio para el periodo 1995 - 2015

Los cambios identificados (figura 10) se clasificaron de la siguiente manera: 1. Reforestado o regenerado, representa vegetación recuperada por reforestaciones o por procesos naturales; 2. Arbolado sin cambios, incluye bosques de coníferas y encinos, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical perennifolio, cafetales bajo sombra y vegetación secundaria arbórea existente; 3. Deforestado indica la vegetación arbórea que actualmente tiene otro tipo de uso de suelo; 4. Vegetación secundaria arbustiva, agropecuario e infraestructura con cambios, donde la cobertura y usos de suelo cambiaron entre sí; 5. Vegetación secundaria arbustiva sin cambios; 6. Agropecuario sin cambios, incluye agricultura y ganadería actualmente presentes; 7. Infraestructura sin cambios, que incluye poblaciones, carreteras y áreas desprovistas de vegetación producto de actividades humanas).

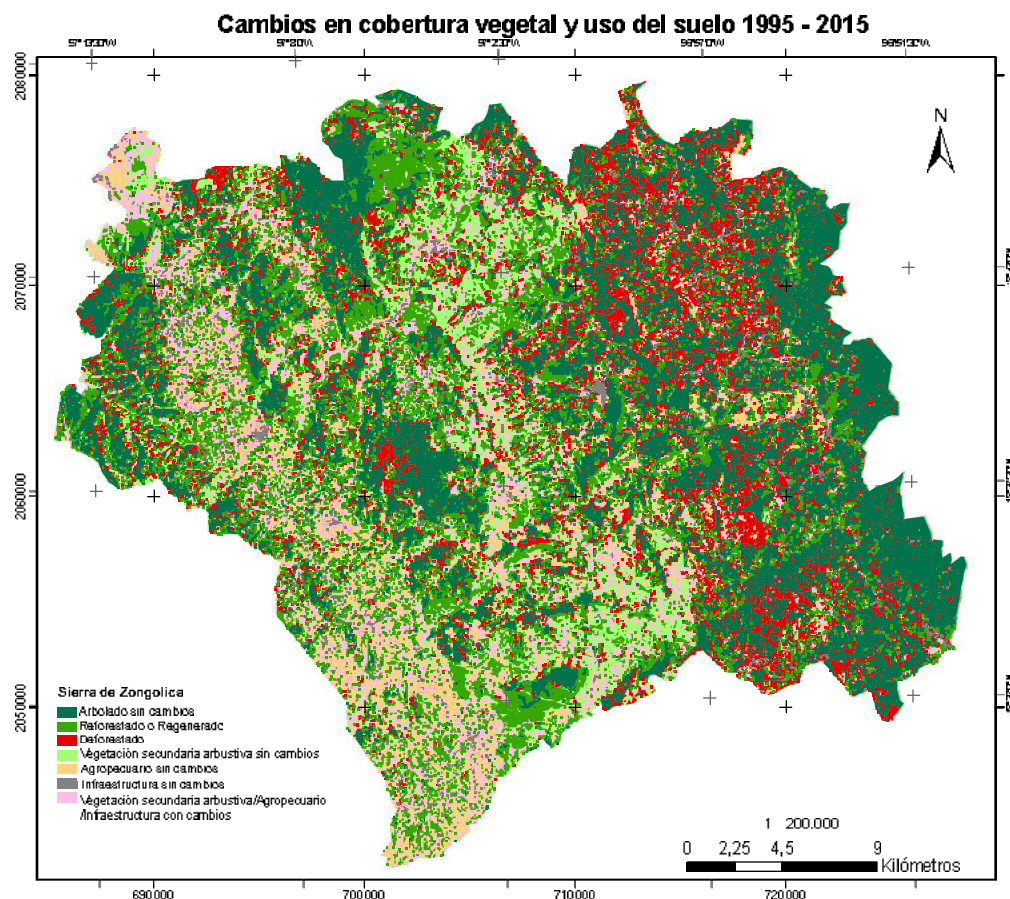


Figura 10. Mapa de cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo de 1995-2015, en la Sierra de Zongolica, Ver.

En las entrevistas, el principal cambio percibido por los informantes fue el aumento de la cobertura forestal, diferenciando a la reforestación de la recuperación forestal.

“...el maíz ya no da y en donde se reforesta con pino pátula a los 12 años ya están siendo aprovechados. La gente se dio cuenta que sí es negocio sembrar arbolitos”. (Antonio Clemente Trujillo, carpintero, vendedor de sillas, 55 años)

Las reforestaciones son generalmente impulsadas por el gobierno a través de programas federales y estatales. Existe un interés creciente en las plantaciones forestales, sobre todo en los municipios con mayor aprovechamiento de madera así como con bosques de coníferas como son: Atlahuilco, Mixtla, Tequila, Tlaquilpa, Xoxocotla y Soledad Atzompa. En estos municipios, la población depende económicamente de los recursos maderables y saben que en unos años sus árboles podrán ser aprovechados para hacer muebles o para venderse en pie.

“Hay gente que entiende que el monte es importante, además se reforesta porque se aprovechan los árboles, se sacan de 1000 a 2000 pesos”. (Crispín Sánchez Tentzohua, hijo de carbonero, 60 años)

En lo que se refiere a la recuperación forestal, los entrevistados reconocen como principales causas al abandono de las fincas cafetaleras y de las parcelas donde se cultivaba maíz de temporal.

“...la siembra de maíz ha disminuido a sólo una cuarta parte de lo que se sembraba antes. Ahora, es un lujo sembrar maíz (por los precios) y los terrenos quedan abandonados... aunque se ha reforestado, los apoyos del gobierno son pocos... los jóvenes estudian y ya no quieren mantener las costumbres. La modernización trae prejuicios en mantener los trabajos que se hacían en el pueblo. Desde que empezaron las escuelas a la gente le da pena trabajar en el campo, la gente ya no usa su vestido tradicional (ropa de manta), ya no habla el náhuatl... el calzado y el cabello también lo han cambiado” (Francisco García Hernández, cafeticultor, carpintero, 76 años).

“Antes cortaban más los árboles, ahora hay más monte... antes vivían los dueños que eran campesinos y no estaba poblado, ahora los nietos ya están estudiados y han abandonado los terrenos, además que no han podido vender porque no hay papeles...” (Carmela Tlaxcala Tepole, comerciante de orquídeas, 34 años).

Lo anterior se origina por los bajos rendimientos del maíz, sobre todo en las zonas frías como Tlaquilpa, Xoxocotla y Soledad Atzompa. Además, la población joven emigra a diferentes regiones en busca de empleos mejor remunerados, por lo que las parcelas se quedan sin gente que las trabaje. En algunos lugares es común encontrar sólo a personas adultas, quienes permanecen en las localidades al cuidado de las tierras.

“... pus aquí sólo estamos mi mujer y yo porque mis dos hijos se fueron pa'l norte y pues nos mandan un dinerito, la verdad, pus, yo solo me dedico al campo y a sembrar arbolitos porque se ve bonito, ya lo del carbón no se hace... aquí en Vistahermosa hay muchos que están en el norte y en las casas sólo quedan los viejos, las mujeres y los niños”. (Crispín Sánchez Tenzohua, hijo de carbonero, campesino, 60 años).

La construcción de caminos, así como las áreas de asentamientos humanos son otros factores a considerar. Tan sólo el 23% de los entrevistados mencionaron que su incremento ha provocado la pérdida de cobertura forestal en las localidades donde viven.

“... hay poca vegetación... los terrenos se utilizan para la agricultura, se abren caminos y brechas, también hay incendios forestales...” (Jesús Primitivo Beristain Groth, viverista, campesino, 62 años).

“... hay mucha población y se venden los terrenos para la construcción de viviendas...” (Fortino Corona Jiménez, viverista del ITSZ, 29 años).

Asimismo, la gente reconoce que se han perdido algunas tradiciones y costumbres, sobre todo por los jóvenes quienes adoptan modas y ya no tienen interés en lo que sus padres o abuelos hacían.

“Se han perdido las creencias en la Madre Tierra, en la siembra se hacía el xochitlallis para Tlalocan Nantzin... se ha perdido el respeto a

Dios. Ahora los muchachos no respetan a Diosito, cuando siembran ya no le piden permiso a la tierra y por eso no tienen buena cosecha.”

(Pedro Colohua, músico, apicultor, 70 años).

Si bien las superficies de las zonas arboladas se incrementaron a lo largo de 20 años, hubo una dinámica diferente entre las zonas cálida, templada y fría de la Sierra de Zongolica. Los municipios con vegetación tropical en sus territorios como Zongolica, Tequila y Magdalena tuvieron mayor pérdida arbórea que regeneración natural (o reforestación). Por el contrario, en Tehuipango, Soledad Atzompa y Astacinga la recuperación arbórea fue sobresaliente aunque también hubo crecimiento de la infraestructura (caminos y poblados) lo cual fue percibido por las personas entrevistadas.

8.2 Árboles útiles en riesgo

8.2.1 Árboles útiles

En base a la revisión documental realizada, se seleccionaron 15 especies de árboles en las categorías de riesgo en la Sierra de Zongolica, las cuales se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 14. Listado de las especies arbóreas en riesgo presentes en la Sierra de Zongolica

Familia	Especie	Categoría NOM-059- SEMARNAT-2010 y UICN	Referencias
Pinaceae	<i>Abies hickelii</i> Flous & Gaussen	P/EN	8, 12
Betulaceae	<i>Carpinus caroliniana</i> Walter	A	2, 9, 11, 12
Juglandaceae	<i>Juglans pyriformis</i> Liebm	A/EN	2, 9, 11, 12
Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i> Kunth	P	2, 8, 11, 12
Lauracea	<i>Persea americana</i> Mill	EN	1, 4, 5, 6, 7, 11, 12
Fagaceae	<i>Quercus insignis</i> M. Martens & Galeotti	CR	8*
	<i>Quercus polymorpha</i> Schltld. & Cham.	EN	2, 3, 11
	<i>Quercus sartorii</i> Liebm.	EN	2, 11,
Staphyleaceae	<i>Turpinia insignis</i> (Kunth) Tul.	EN	2, 11
Ericaceae	<i>Vaccinium leucanthum</i> Schltld.	EN	2, 11
Ulmaceae	<i>Ulmus mexicana</i> (Liebm.) Planch.	EN	11
Fabaceae	<i>Acosmium panamense</i> (Benth.) Yakovlev	A	11
Magnoliaceae	<i>Magnolia dealbata</i> Zucc.	P/EN	11, 12

	<i>Magnolia mexicana</i> DC.	A	10, 11, 12
Tiliaceae	<i>Tilia americana</i> var. <i>mexicana</i> (Schltdl.) Hardin +	P	2, 9, 12

Categorías de riesgo: En peligro de extinción (P), Amenazadas (A), En peligro crítico (CR) y En peligro (EN). Referencias: 1. Vázquez (1977), 2. Castillo (2013), 3. Viccon (2009), 4. Montoy (2010), 5. Pérez (2009), 6. Pérez (1992), 7. Weimann (1997), 8. López (1988)* la especie la determinó como *Quercus aff. insignis*, 9. Corona (2014), 10. Gálvez y De Ita (1992), 11. SNIB (CONABIO), 12. Registro visual.

A partir de este listado de especies arbóreas en riesgo obtenido de la literatura, los informantes reconocieron 13 especies: *Abies hickelii*, *Carpinus caroliniana*, *Juglans pyriformis*, *Litsea glaucescens*, *Magnolia dealbata*, *Magnolia mexicana*, *Quercus insignis*, *Q. polymorpha*, *Q. sartorii*, *Tilia americana*, *Ulmus mexicana* y *Vaccinium leucanthum*. Para los análisis de distribución, sólo *Persea americana* fue descartada debido a que algunas personas entrevistadas mencionaron que es una especie que sembraron cerca de sus viviendas, por lo que no la reconocieron como especie silvestre. Con eso, sólo 12 especies fueron consideradas en el análisis.

Los informantes mencionaron 16 diferentes usos de estas especies arbóreas, de los cuales destaca el maderable (11 especies) así como el medicinal (siete especies) por el número de menciones (Cuadro 14). Las especies que destacan por el mayor número de usos son: *Juglans pyriformis* (nogal), *Magnolia mexicana* (yoloxóchitl) así como *Quercus insignis*, *Q. polymorpha* y *Q. sartorii* (encinos). La especie *Juglans pyriformis* destaca por la calidad de su madera para la elaboración de muebles finos, artesanías e inclusive para partes específicas de algunos instrumentos musicales como la cabeza del violín (voluta y mástil). Entre otros usos, se reconoce el medicinal, ya que las hojas y la corteza son utilizadas para dar baños curativos y para el crecimiento del cabello. Los frutos se utilizan para teñir las mangas de color azul y las semillas son consumidas generalmente por la gente.

En lo que respecta a *Magnolia mexicana*, ésta tiene una gran importancia por su uso medicinal para el tratamiento de afecciones del corazón, lo cual fue reconocido por los pueblos indígenas de nuestro país desde antes de la llegada de los españoles, siendo las flores y semillas las más apreciadas por las comunidades indígenas (Bucay, 2002). Actualmente se utiliza *M. mexicana* y *M. dealbata* para preparar un atole a base de los pétalos de las flores y cacao, el cual permite calmar los nervios.

En el cuadro 14 se puede observar que sólo *Litsea glaucescens* tiene usos no maderables. De esta especie se aprovecha el follaje, el cual tiene una gran importancia económica y cultural para la población indígena de la sierra. En el ámbito local, tiene un uso comestible, pero el principal uso es el ceremonial durante el Domingo de Ramos en la Semana Santa para aromatizar los altares. Además, los ingresos extra por la venta del follaje son altamente valorados, sobre todo cuando el precio del café es bajo, inclusive en algunos lugares de Mixtla los dueños de las parcelas venden el follaje a compradores del municipio de Mariano Escobedo, quienes llegan a las localidades por éste para la venta como condimento. En las zonas altas, actualmente hay un interés creciente por reproducirla con fines comerciales.

El uso maderable de la mayoría de los árboles es doméstico, para la construcción de las viviendas (horcones, vigas, tablas, polines), muebles, cabos de herramientas y morteros para el café. Los entrevistados reconocen que hay especies que son “raras” por lo que se evita su derribo como en el caso de *Ulmus mexicana*, conocida comúnmente como “*cempoalébal*”. De igual manera las comunidades indígenas usan y venden muchas especies arbóreas como combustible ya sea en leña o carbón, aunque las especies que destacan por su calidad son principalmente los *Quercus* spp. ya que “dan mucho calor”.

Dentro de las especies estudiadas se identifican claramente las especies de rápido y de lento crecimiento (Cuadro 15). *Vaccinium leucanthum* es una especie que se le encuentra en los cerros (bosques de pino-encino) así como en “*acahuales*” o sitios abandonados como las parcelas de maíz de los campesinos. En el caso de *Ulmus mexicana*, ésta destaca por la calidad de su madera. Sin embargo los entrevistados mencionan que su crecimiento es muy lento. Los árboles generalmente se encuentran en los bosques o en sitios de difícil acceso por lo que la gente prefiere ocupar la madera de otras especies.

En el cuadro 15 se muestran en orden creciente (de izquierda a derecha) los usos que pueden representar una amenaza a la permanencia de los individuos o a la reproducción de los mismos como son el derribo de los individuos para usos maderables, la eliminación del follaje o el consumo de flores o frutos. Con esto se puede ver claramente que las especies con mayores riesgos son *Abies hickelii*, *Ulmus mexicana*, *Tilia mexicana* y *Quercus* spp. ya que además son especies propias de bosques maduros.

En cuanto a la procedencia de los árboles usados, los informantes mencionan que éstos provienen en su mayoría de las parcelas que los campesinos tienen en su posesión (sea pequeña propiedad o ejido), en las cuales mantienen vegetación arbórea, aunque en algún momento éstas pueden ser destinadas nuevamente para el cultivo del maíz o café. En algunos casos y dependiendo de la localidad, también se aprovechan los árboles que se encuentran en el “monte”, es decir, en los predios que no tienen un dueño o que por alguna circunstancia se encuentran abandonados. Generalmente quienes aprovechan estos árboles son los dueños o personas de la localidad quienes compran o piden estos recursos a los propietarios.

Cuadro 15. Usos de las especies arbóreas útiles

		USOS										
		Usos que no representan una amenaza a la especie							Usos que amenazan a la especie			
		Sombra	Otros	Artesanal	Comestible	Medicinal	Ornamental	Herramientas	Carrocerías/ durmientes	Muebles	Combustible	Construcción
Crecimiento rápido	<i>Vaccinium leucanthum</i>							X			Leña	
	<i>Carpinus caroliniana</i>							X			Leña	X
	<i>Juglans pyriformis</i>	X	C	X	X	X				X	Leña	X
	<i>Magnolia dealbata</i>				X	X	X					X
	<i>Litsea glaucescens</i>		Cr		X	X	X				Leña	
	<i>Magnolia mexicana</i>		V		X	X	X					X
Crecimiento lento	<i>Quercus insignis</i>		F, S	X		X					Leña, Carbón	X
	<i>Quercus sartorii</i>			X		X			X	X	Leña, Carbón	X
	<i>Tilia americana</i>										Leña	X
	<i>Quercus polymorpha</i>			X		X		X	X		Leña, Carbón	X
	<i>Ulmus mexicana</i>	X										X
	<i>Abies hickelii</i>					X	X			X		X

Otros usos: Colorante (C), Reproducción en vivero (V), Forraje (F), Sustrato (S), Ceremonial (Cr). Fuente: Entrevistas en campo

8.2.2 Abundancia de las especies

Durante la entrevista se preguntó a los informantes sobre la abundancia actual y pasada (hace 20 años) de las especies. Es importante remarcar que algunos de los informantes mencionaron especies de otras zonas debido a que cambiaron de residencia o trabajaron fuera de su localidad.

Dentro de las especies identificadas por los entrevistados destaca *Litsea glaucescens*, por ser la única que se encuentra presente en las tres zonas. Aunque la percepción sobre su abundancia varía dependiendo de éstas, es menos abundante en la zona fría que en las zonas templada y cálida. En el caso de *Ulmus mexicana*, *Tilia mexicana* y *Magnolia mexicana*, los informantes reconocen que por naturaleza son árboles escasos porque tanto en el pasado como en la actualidad era difícil encontrarlas (cuadro 18) e incluso para ésta última, algunos entrevistados mencionan posibles problemas de germinación.

“No son abundantes, casi no germinan, no hay plantas cerca del árbol, quizás se las llevan las ardillas”. (María Gudelia Cano Amayo, comercio y tecnologías alternativas, 49 años).

“... casi no hay este árbol y ni siquiera plantitas alrededor de los que todavía quedan, no es como el “eloxóchitl” (Magnolia dealbata), esos sí hay bastantes...” (Carmela Tlaxcala Tepole, comerciante de orquídeas, 34 años).

Especies como *Quercus* spp. (encinos) que eran percibidos como abundantes hace 20 años, en la actualidad ya no lo son (cuadro 16) debido al aprovechamiento que hacen de estos para leña o carbón, aunque cabe destacar que en lugares donde hay recuperación forestal actualmente se perciben como abundantes al igual que *Magnolia dealbata*.

Cuadro 16. Percepción sobre la abundancia pasada y actual de las especies arbóreas en riesgo.

Especie	Hace 20 años			Actualmente			No. de entrevistados
	Mucha	Regular	Poca	Mucha	Regular	Poca	
<i>Abies hickelii</i>	50%	50%				100%	2
<i>Carpinus caroliniana</i>	50%	50%		50%		50%	2
<i>Juglans pyriformis</i>	60%	20%	20%	40%	30%	30%	10
<i>Litsea glaucescens</i>	6%	31%	63%	13%	31%	56%	16
<i>Magnolia dealbata</i>	83%		17%	50%	33%	17%	6
<i>Magnolia mexicana</i>	17%	67%	17%	17%		83%	6
<i>Quercus insignis</i>	50%	25%	25%	25%	50%	25%	4
<i>Quercus polymorpha</i>	92%	8%		41.5%	41.5%	17%	12
<i>Quercus sartorii</i>	92%		8%	41.5%	41.5%	17%	12
<i>Tilia americana</i>			100%			100%	1
<i>Ulmus mexicana</i>			100%			100%	4
<i>Vaccinium leucanthum</i>	50%		50%			100%	2

8.2.3 Otras especies arbóreas escasas

Entre los resultados obtenidos, los informantes perciben actualmente la escasez de otras especies de árboles (Ver cuadro 15). La gente atribuye la disminución de éstas a dos razones. La primera se debe a la naturaleza propia de las especies como la poca germinación y el lento crecimiento. La segunda debido a la excelente calidad de la madera, principalmente por su dureza y por lo tanto mayor interés en aprovecharlos. En menor medida reconocen el desinterés de la gente para propagarlas o por los cambios de cobertura y/o uso del suelo.

Diphyssa robinoides comúnmente llamada “*ixcohuite*” sobresale por ser una especie muy apreciada por la dureza de la madera, aunque su crecimiento es muy lento y es raro encontrarla.

“Son pocos y la gente los ocupa para horcones, además crece muy lento”. (Pedro Colohua, músico, apicultor, 70 años)

“... quizás porque han sembrado maíz... y porque se utiliza como camote para la construcción de las casas por su dureza”. (Antonio Velázquez, comercio y tecnologías alternativas, 57 años).

En la actualidad, árboles maderables como *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Cupressus benthamii* y *Pinus* spp., son especies abundantes a causa de las plantaciones forestales que se han promovido en los últimos años por el Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) de la CONAFOR. Sin embargo, en estado silvestre es difícil encontrar árboles de grandes diámetros de estas especies (por encima de los 50 cm).

Cuadro 17. Otras especies arbóreas escasas

Zona	Especie
Cálida	Peinecillo (<i>Terminalia amazonia</i>)
	Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i>)
	Xochikuawitl (<i>Cordia alliodora</i>)
	Zapote blanco (<i>Casimiroa edulis</i>)
	Zapote mamey (<i>Pouteria sapota</i>)
	Ixcohuite o palo amarillo (<i>Diphysa robinoides</i>)
	Cuapinole (<i>Hymenaea courbaril</i>)
	Guacalillo (<i>Vismia baccifera</i>)
Templada	Axocopa (<i>Gaultheria acuminata</i>)
	Equimite (<i>Erythrina americana</i>)
	Álamos (<i>Platanus mexicana</i>)
Fría	Tlaxca (<i>Cupressus benthamii</i>)
	Ocote (<i>Pinus</i> spp.)
	Oyamel (<i>Abies hickelii</i>)

8.3 Distribución potencial de las especies arbóreas útiles

8.3.1 Modelos de las especies arbóreas útiles

Para el modelaje de las siete especies seleccionadas se investigó sobre su distribución y ecología. Algunas de las especies arbóreas modeladas presentan distribuciones restringidas dentro del país, como *Q. sartorii*, *Juglans pyriformis* y *Magnolia dealbata*, las cuales son propias de los bosques mesófilos de montaña. Otras presentan una distribución amplia que va desde los Estados Unidos hasta Panamá en bosques mesófilos, bosques de pino-encino, de encino y bosques tropicales perennifolios con elevaciones de 200 a 2850 m. En total se obtuvieron 188 registros de colectas entre 1950 y 2014 correspondientes a las siete especies arbóreas seleccionadas de mayor importancia para la gente de acuerdo a sus usos y a la abundancia actual y pasada. La distribución potencial de siete especies arbóreas fue analizada únicamente para el área de estudio. La confiabilidad predictiva de estos modelos

fue alta con valores de AUC que fueron de 0.90 a 0.98. Las variables que mejor explican estos modelos son la precipitación del mes más húmedo, la temperatura media del trimestre más caliente y la precipitación del trimestre más frío. A continuación, se presentan los mapas obtenidos de la distribución potencial para cada especie.

1. *Litsea glaucescens*

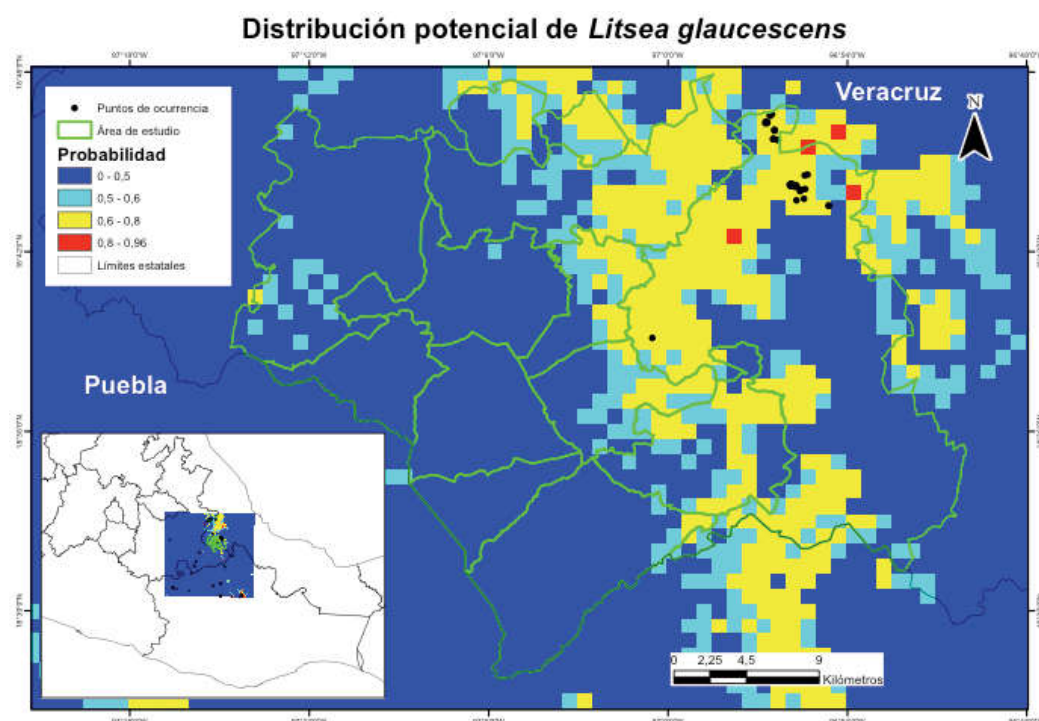


Figura 11. Mapa de distribución potencial de *Litsea glaucescens*. Fuente: Elaboración propia.

El modelo de la distribución potencial del laurel (*Litsea glaucescens*) en el área de estudio muestra áreas con alto potencial principalmente en los municipios con vegetación de bosque mesófilo como Magdalena, Tequila, Los Reyes, Texhuacan, Mixtla de Altamirano y el noroeste de Zongolica, y disminuye en los municipios con bosques de pino y de pino encino (figura 11). En la literatura consultada el laurel o tzakoko -como se conoce localmente- tiene un hábitat extenso que incluye bosques mesófilos, bosques de pino y de pino-encino, inclusive puede encontrarse en lugares más expuestos como los matorrales (Henk y Lorea, 1997; Luna-Vega, 2003a; Dávila, Flores, Morales, Clark y Pérez, 2011). En este modelo se utilizaron 67 registros de presencias: 47 para realizar el modelo de entrenamiento y 20 para evaluar dicho modelo (que corresponden a un 30% del total de los

datos). Los resultados mostraron un AUC de 90% y 79% respectivamente. Para el modelo las variables con mayor contribución fueron la temperatura media del trimestre más caliente (bio_10) y la precipitación del mes más húmedo (bio_13) con una contribución del 36.6% y 24.6% respectivamente.

2. *Quercus polymorpha*

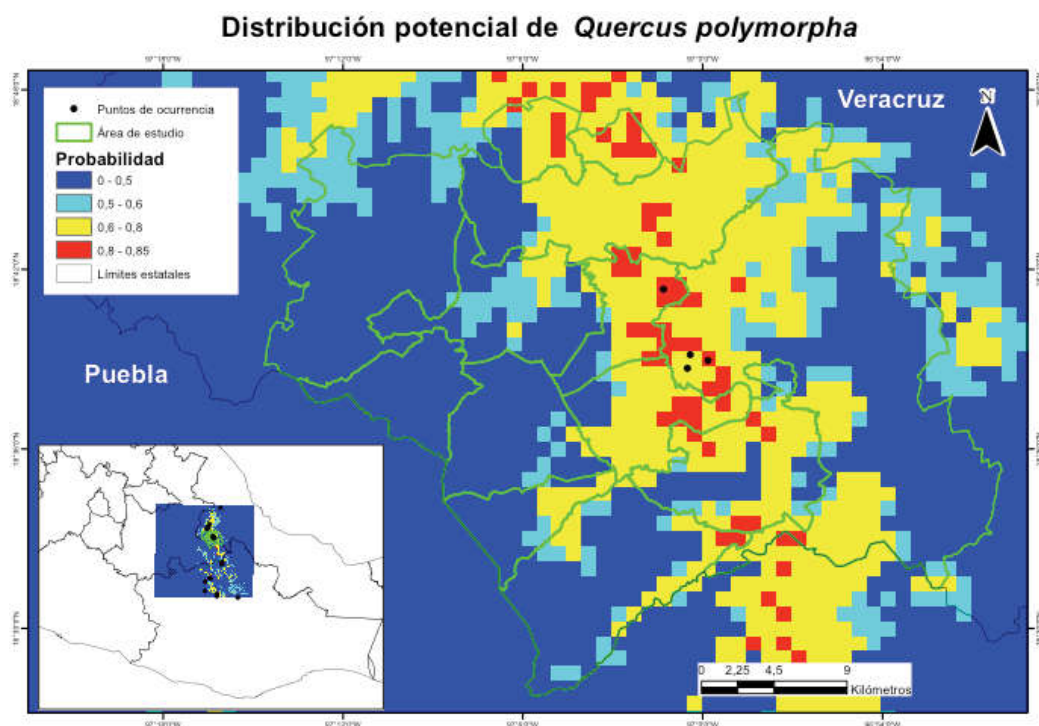


Figura 12. Mapa de distribución potencial de *Quercus polymorpha*. Fuente: Elaboración propia.

La distribución potencial de esta especie de encino en el área de estudio muestra un alto potencial en los municipios con bosque mesófilo, bosque tropical perennifolio y áreas de transición entre el mesófilo y bosques de pino-encino (figura 12). Los municipios con mayor potencial son San Andrés Tenejapan (con excepción del cerro Petlalcala), Magdalena (en su totalidad), Tequila (con menor potencial al oeste), Los Reyes, Texhuacan, Mixtla de Altamirano, Atlahuilco, Astacinga y Zongolica (con bajo potencial al suroeste). Para el modelo se utilizaron 19 registros con un AUC de 94%. Las variables con mayor contribución son el rango de temperatura diurno medio (bio_02), la isothermalidad (bio_03) y la precipitación del trimestre más frío (bio_19) con una contribución del 26.6, 15.4 y 12.5 % respectivamente.

3. *Quercus sartorii*

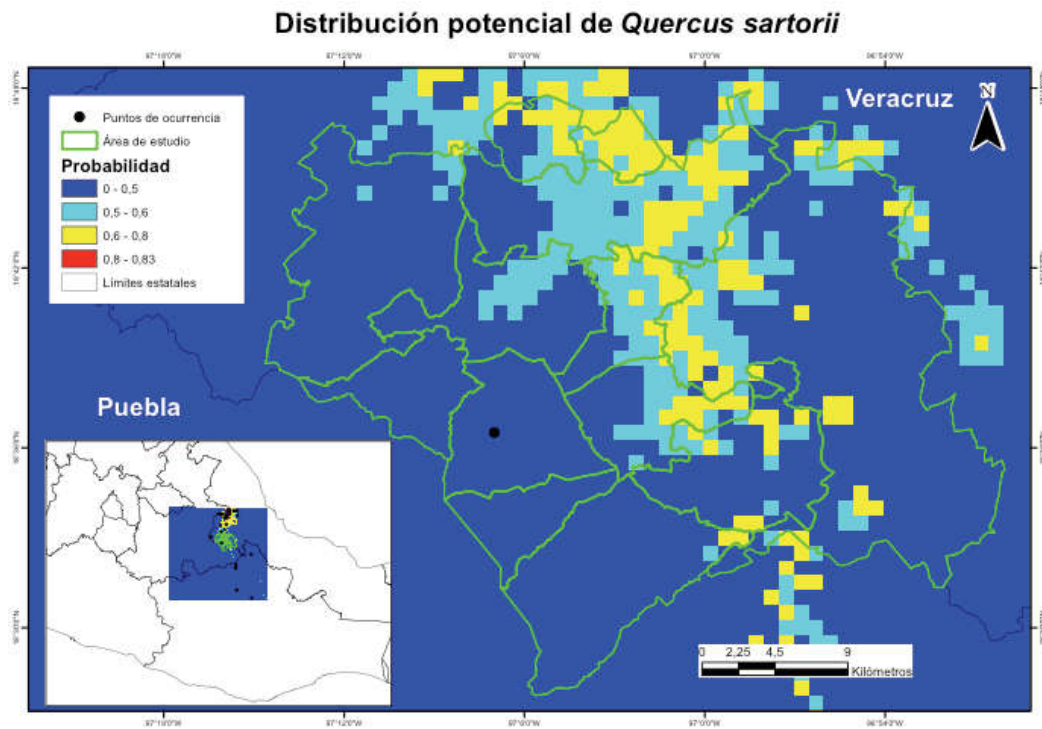


Figura 13. Mapa de distribución potencial de *Quercus sartorii*. Fuente: Elaboración propia.

La distribución potencial en el área de estudio está restringida a los municipios con bosque mesófilo y en las zonas de transición con bosque de pino y pino-encino (figura 13), San Andrés Tenejapan, Magdalena, Tequila, Atlahuilco, Los Reyes, Texhuacan, al noreste de Astacinga, norte de Mixtla de Altamirano y al oeste de Zongolica. Para el modelo se utilizaron 29 registros de presencias: 24 para el modelo de entrenamiento y 5 para el modelo de evaluación (correspondiente al 20% del total de los datos). Los resultados muestran un AUC de 95% y 94% respectivamente. Las variables con mayor contribución al modelo de entrenamiento son la precipitación del mes más seco (bio_14) con 37.2%, la temperatura media del trimestre más caliente (bio_10) con 25.1% y la precipitación del trimestre más frío (bio_19) con 15.8%.

4. *Juglans pyriformis*

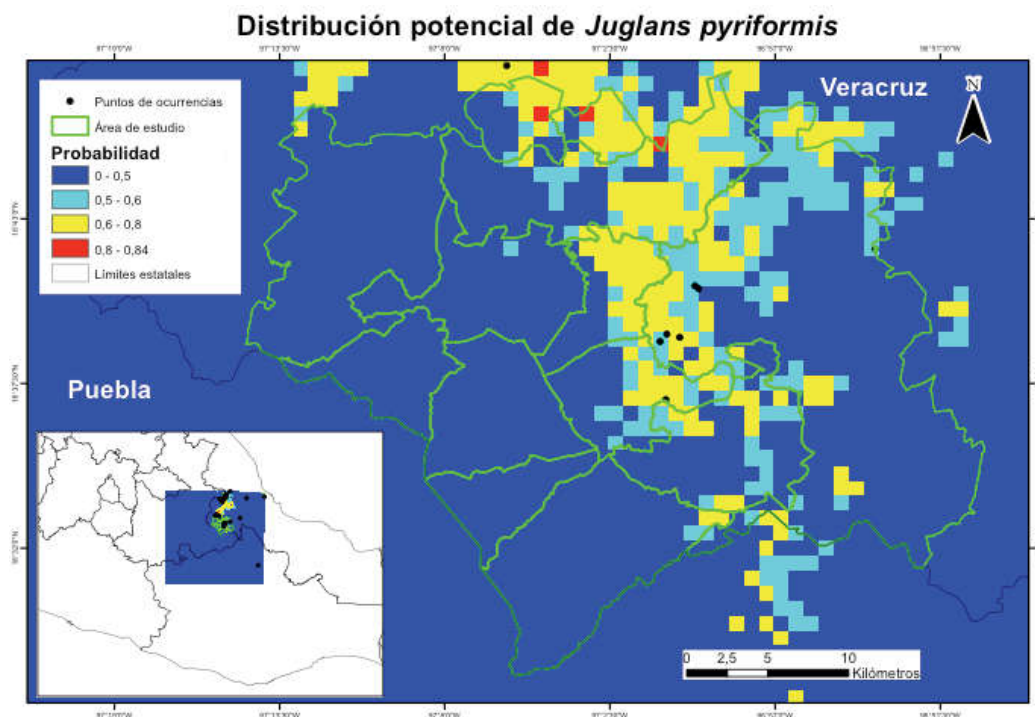


Figura 14. Mapa de distribución potencial de *Juglans pyriformis*. Fuente: Elaboración propia.

La distribución potencial del nogal en el área de estudio se restringe a los municipios con bosque mesófilo, así como en el área de transición hacia el bosque tropical perennifolio, en San Andrés Tenejapan, Magdalena, Tequila, Los Reyes, Texhuacan, Mixtla y Zongolica (figura 14). Para realizar el modelo se utilizaron 26 datos de presencia de los cuales 21 se utilizaron para realizar el modelo y 5 (correspondientes al 20%) se usaron para evaluar el modelo. Los modelos generaron un AUC de 96% y 97% respectivamente. Las variables que más contribuyeron al modelo fueron la precipitación del mes más húmedo (bio_13) con una contribución del 28.7%, el rango de temperatura diurno medio (bio_02) con 22% y la temperatura media del trimestre más caliente (bio_10) con 15.7%.

5. *Magnolia mexicana*

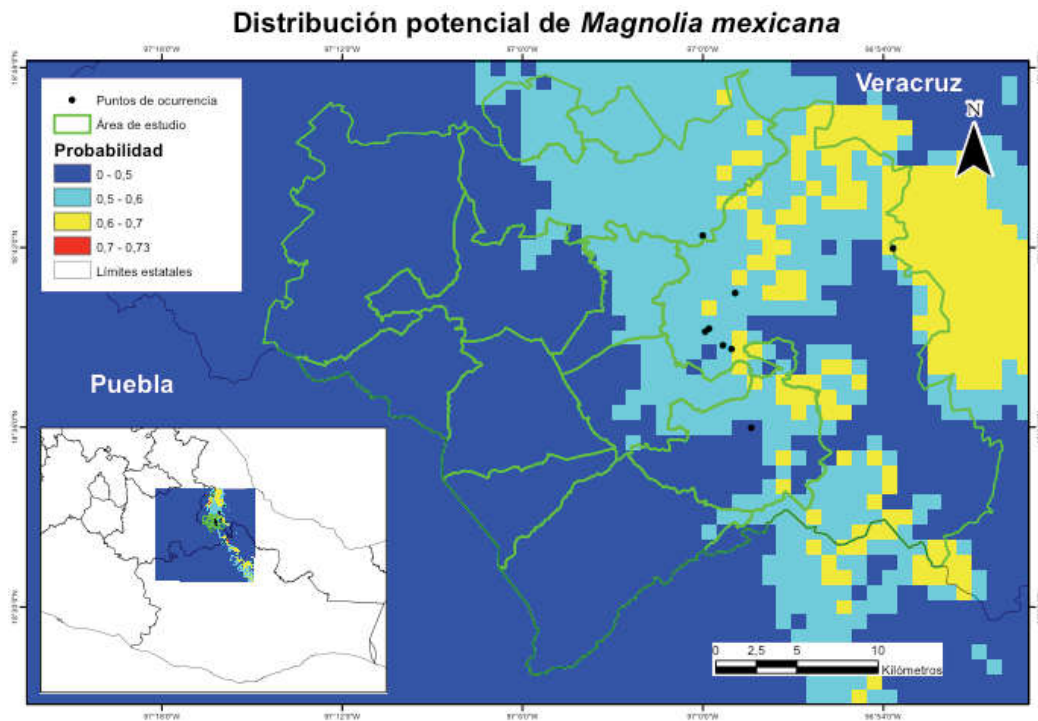


Figura 15. Mapa de distribución potencial de *Magnolia mexicana*. Fuente: Elaboración propia.

El mapa de distribución potencial de *Magnolia mexicana* en el área de estudio comprende los municipios con bosque tropical perennifolio y bosque mesófilo, principalmente en los municipios de Tequila y Zongolica (figura 15). En el modelo realizado se utilizaron 13 datos con lo cual se obtuvo un AUC de 92%. En este modelo las variables que más contribuyeron son la precipitación del mes más húmedo (bio_13) y la altitud (alt.) con 68.5% y 18.1% respectivamente.

6. *Magnolia dealbata*

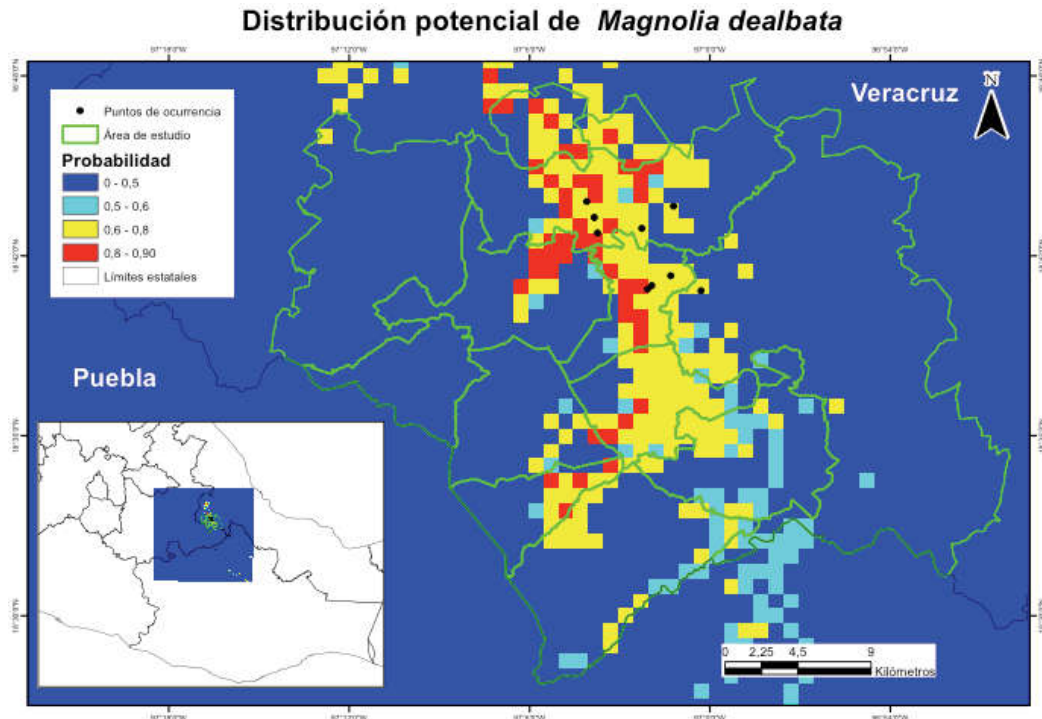


Figura 16. Mapa de distribución potencial de *Magnolia dealbata*. Fuente: Elaboración propia.

El mapa de distribución potencial de *Magnolia dealbata* presenta un alto potencial en la región central del área de estudio, en regiones con bosque mesófilo de montaña, principalmente en los municipios de San Andrés Tenejapan, Magdalena, Tequila (parte central), Los Reyes y Texhuacan. En menor proporción están los municipios de Zongolica y Astacinga (figura 16). Para la realización del modelo se utilizaron 10 registros de presencia con los cuales se obtuvo un AUC de 98%. Las variables que tuvieron una mayor contribución al modelo fueron la precipitación del mes más húmedo (bio_13) con 40.1%, la temperatura máxima del mes más caliente (bio_05) con 15.4% y la isothermalidad (bio_03) con 14.7%.

7. *Ulmus mexicana*

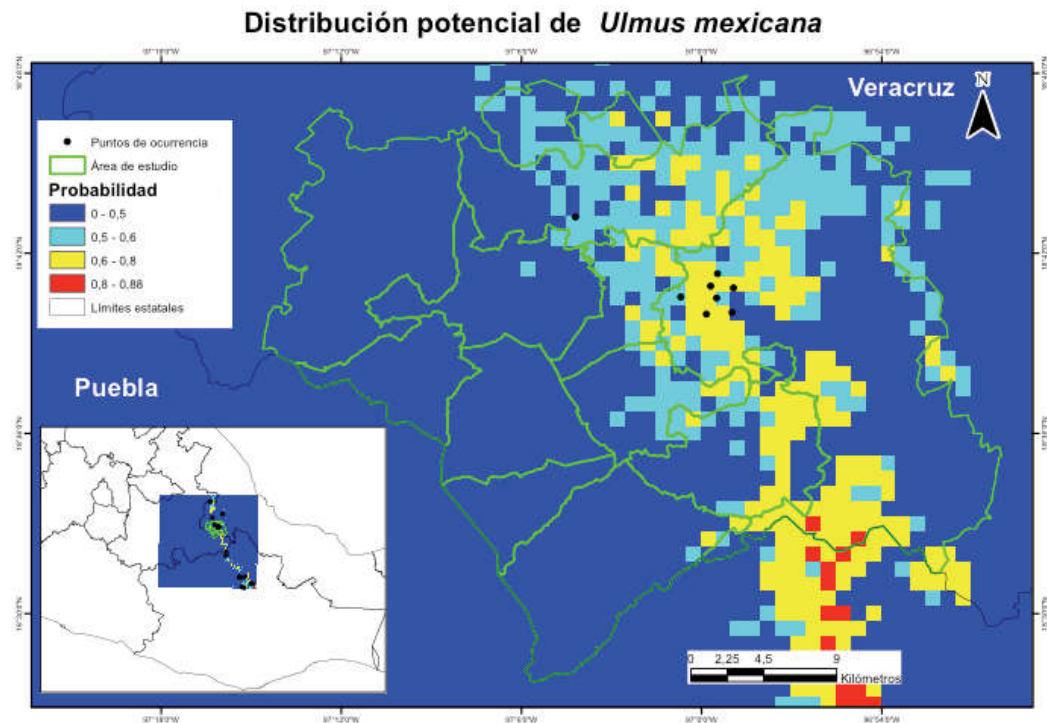


Figura 17. Mapa de distribución potencial de *Ulmus mexicana*. Fuente: Elaboración propia.

La distribución potencial más alta de *Ulmus mexicana* se presenta en las áreas con bosque tropical perennifolio principalmente en los municipios de Zongolica, Tequila, Mixtla de Altamirano y Los Reyes (figura 17). Para este modelo se utilizaron 24 registros de presencia de los cuales 20 fueron para generar el modelo de entrenamiento y 4 para evaluarlo. El AUC que se obtuvo fue de 97% y 96% respectivamente. Las variables que tuvieron una mayor contribución fueron la precipitación del mes más húmedo (bio_13) con 40.7 %, la temperatura media del trimestre más caliente (bio_10) con 24.5% y la precipitación del trimestre más frío (bio_19) con 19.5%.

8.3.2 Influencia de los cambios de cobertura en la distribución de las especies modeladas

Los modelos de distribución potencial de las especies proyectadas en los escenarios de cobertura y uso del suelo para los años 1995 y 2015 indican que las áreas potenciales realmente disponibles son menores a las áreas proyectadas por los modelos. Es decir,

aquellas áreas en donde se presume existen las condiciones para encontrar a las especies arbóreas en base a las variables predictoras y a la cobertura arbórea dejando fuera a la vegetación secundaria arbustiva, el uso agropecuario y la infraestructura (en ambos periodos de tiempo) por no reunir las condiciones bióticas para la permanencia de éstas.

En 1995, las áreas de distribución potencial disponible, es decir, aquellas con vegetación arbórea, mostraban de un 40 a 70% menos sobre aquellas áreas estimadas por los modelos, en todas las especies. En 2015, la reducción de las superficies de distribución potencial en los modelos osciló entre los 46 y 58%, lo cual muestra que las pérdidas de cobertura vegetal afectan las superficies proyectadas por los modelos y sólo en tres especies: *Quercus polymorpha*, *Q. sartorii* y *Magnolia dealbata*, se obtuvo un aumento de la distribución potencial disponible en relación a la recuperación de la vegetación arbórea (cuadro 18).

Cuadro 18. Áreas de distribución potencial disponible y porcentajes de reducción para siete especies arbóreas útiles de la Sierra de Zongolica

Especie	Distribución potencial	Distribución potencial disponible en 1995		Distribución potencial disponible en 2015	
	Hectáreas	Hectáreas	% de reducción	Hectáreas	% de reducción
<i>Litsea glaucescens</i>	32,332.30	18,743.73	42%	17,037.07	47%
<i>Quercus polymorpha</i>	46,319.72	22,629.81	51%	22,660.28	51%
<i>Quercus sartorii</i>	23,996.23	11,376.40	53%	11,984.60	50%
<i>Juglans pyriformis</i>	23,809.05	13,275.37	44%	12,355.74	48%
<i>Magnolia mexicana</i>	37,285.14	22,290.01	40%	20,247.56	46%
<i>Magnolia dealbata</i>	21,588.37	6,328.85	71%	9,143.86	58%
<i>Ulmus mexicana</i>	28,504.83	16,716.08	41%	14,888.46	48%

Litsea glaucescens. El escenario del modelo muestra una pérdida de la superficie potencial por encima del 40% en ambas fechas. La transformación de la cobertura arbórea a vegetación secundaria arbustiva es la causa principal en el bosque mesófilo de montaña, aunque en los últimos 20 años los cambios se han acentuado en las zonas cálidas del municipio de Zongolica y Tequila.

Quercus polymorpha. Para 1995 y 2015 la reducción de la superficie potencial de esta especie ha sido la misma (50%) la cual corresponde a las áreas ocupadas por vegetación secundaria arbustiva y uso agropecuario. Sin embargo, lo que se observó fue que en 1995

existía mayor superficie arbórea en la zona tropical y menor arbolado en los bosques templados. Para 2015, esta dinámica se invirtió siendo menor el arbolado en la zona tropical (principalmente en Zongolica y Tequila) y mayor en la zona de clima templado y frío, principalmente en los municipios de San Andrés Tenejapan, Atlahuilco, Texhuacan, Los Reyes, Astacinga y Tehuipango (Figura 18)

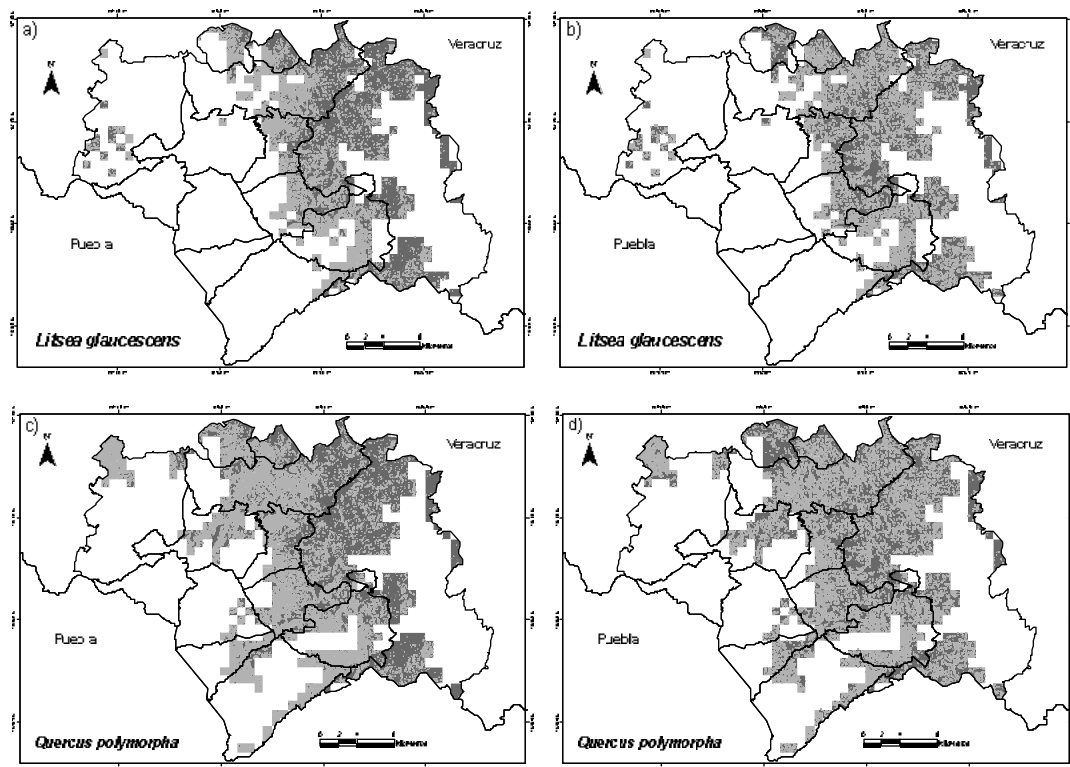


Figura 18. Distribución potencial disponible de *Litsea glaucescens* y *Quercus polymorpha*, para 1995 (a, c) y 2015 (b, d).

En gris oscuro las áreas de distribución disponibles que mantienen cubierta forestal, en gris claro las áreas de distribución no disponibles que han modificado su cubierta forestal debido a diversos cambios de usos del suelo.

Quercus sartorii. Este encino muestra una reducción de 50% del área potencial total en ambos periodos de tiempo. Sin embargo, para 2015 se tiene un ligero incremento de la superficie disponible debido a la recuperación de vegetación arbórea de los bosques templados (Figura 19).

Juglans pyriformis. La distribución potencial del nogal para 1995 presentó una reducción de 44% la cual se acentuó para el 2015, principalmente por la pérdida de cobertura forestal

en los bosques templados y tropicales, ya que en estos últimos también se le llega a encontrar (municipios de Zongolica y Tequila) (Figura 19).

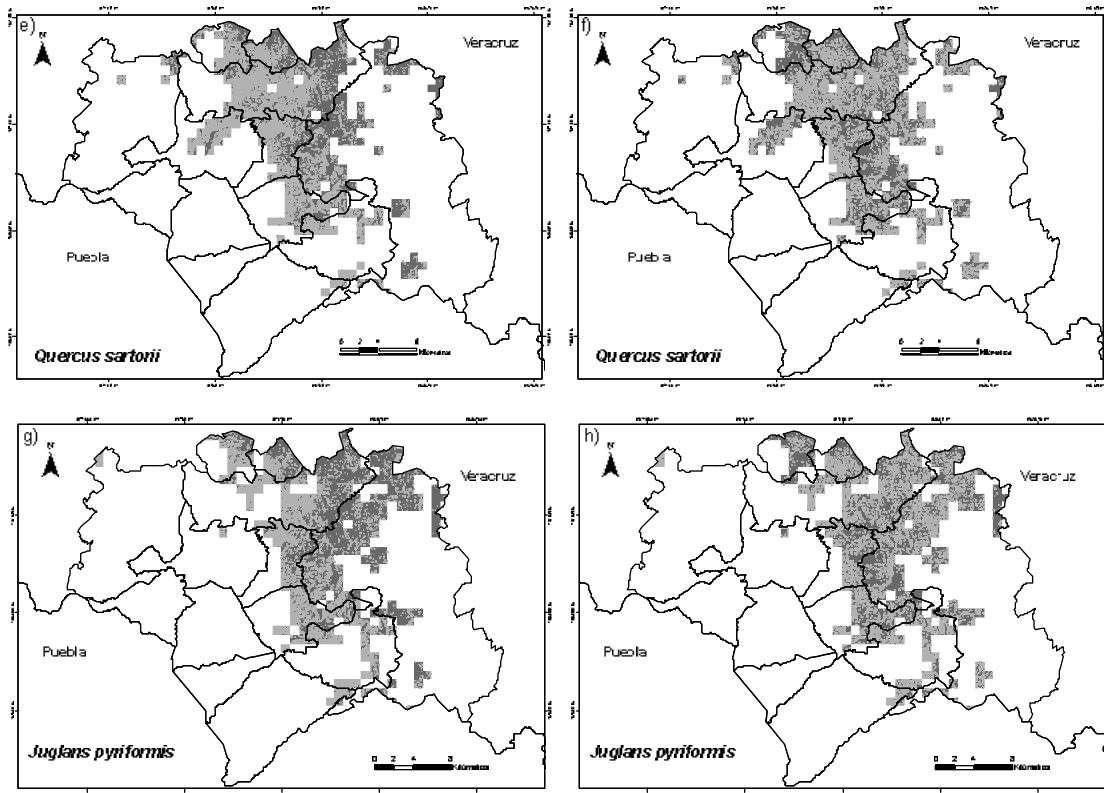


Figura 19. Distribución potencial disponible de *Quercus sartorii* y *Juglans pyriformis* para 1995 (e, g) y 2015 (f, h).

En gris oscuro las áreas de distribución disponibles que mantienen cubierta forestal, en gris claro las áreas de distribución no disponibles que han modificado su cubierta forestal debido a diversos usos del suelo.

Magnolia mexicana. En ambos periodos de tiempo, esta especie presenta una reducción por encima del 40% en la superficie de distribución potencial estimada en el modelo. En el año 2015, se muestra claramente la disminución de las áreas de distribución justo donde antes se encontraba arbolado por bosques tropicales, cafetales o vegetación secundaria arbórea del municipio de Zongolica y Tequila (Figura 20).

Magnolia dealbata. Esta magnolia destaca por presentar la menor superficie de distribución potencial con aproximadamente 21 mil hectáreas y por presentar una superficie de distribución potencial disponible 70% menor a la estimada por el modelo en 1995. Sin embargo, para 2015 hubo recuperación de áreas arboladas y por lo tanto de la distribución

potencial disponible, principalmente en las zonas con bosque mesófilo de montaña de los municipios de Atlahuilco, Astacinga, Los Reyes, San Andrés Tenejapan, Tequila, y Texhuacan (Figura 20). Cabe mencionar que la recuperación arbórea se muestra de manera fragmentada por lo que a simple vista no se visualiza la recuperación de la vegetación.

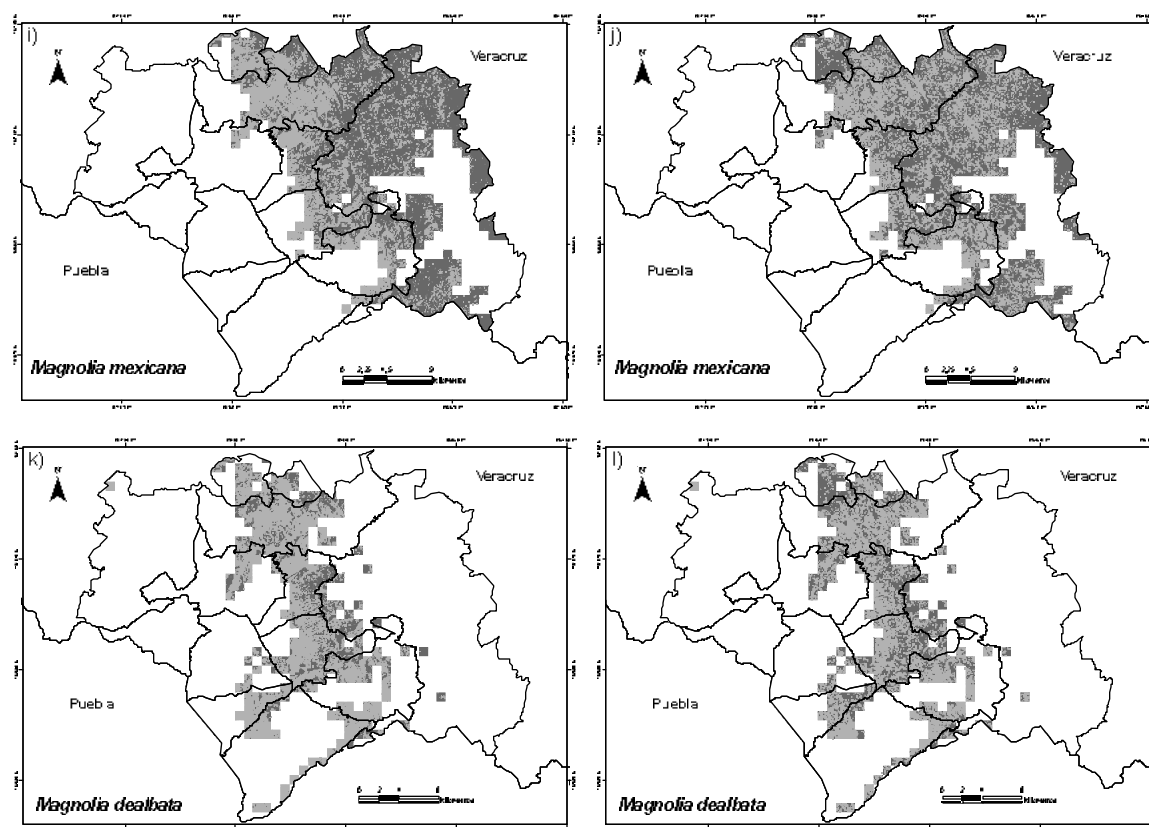


Figura 20. Distribución potencial disponible de *Magnolia mexicana* y *Magnolia dealbata* para 1995 (i, k) y 2015 (j, l).

En gris oscuro las áreas de distribución disponibles que mantienen cubierta forestal, en gris claro las áreas de distribución no disponibles que han modificado su cubierta forestal debido a diversos usos del suelo.

Ulmus mexicana. En 1995 la distribución potencial disponible de esta especie era de 16,716 ha con respecto al total estimado en el modelo, al 2015 esta superficie disminuyó hasta llegar a 14,888 ha siendo Zongolica el municipio que presentó la mayor pérdida de cobertura arbórea (figura 21).

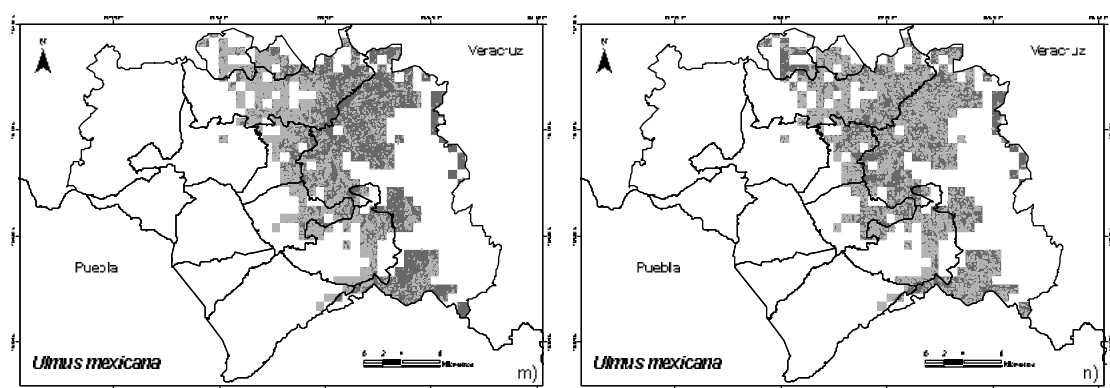


Figura 21. *Ulmus mexicana* para 1995 (m) y 2015 (n).

En gris oscuro las áreas de distribución disponibles que mantienen cubierta forestal, en gris claro las áreas de distribución no disponibles que han modificado su cubierta forestal debido a diversos usos del suelo.

8.3.3 Presencia de los árboles en las áreas de distribución potencial

Las entrevistas estructuradas se realizaron en 12 localidades pertenecientes a tres municipios Atlahuilco, Magdalena y Zongolica (Cuadro 19) En las localidades seleccionadas no se tuvieron registros previos de presencia de las especies modeladas. Lo anterior, con la finalidad de explorar la presencia de las especies en las áreas generadas por los modelos, ya que una evaluación estadística formal requiere de una metodología adicional no contemplada en este estudio.

Cuadro 19. Localidades seleccionadas con probabilidad de presencia de las especies arbóreas mayor a 50%..

Municipio	Localidades	Especies con probabilidad de presencia mayor a 50%	Número de entrevistados
Zona Fría Atlahuilco	Atezoc, Atlahuilapa, Cauatlamanca, Atetecocho, Atlahuilco	<i>Litsea glaucescens</i> , <i>Quercus sartorii</i> y <i>Quercus polymorpha</i>	10
Zona Templada Magdalena	Capultitla, Chapultepec, Chicomoceloc, Colonia Colosio, Helicotla, Tepetzingo,	<i>Litsea glaucescens</i> , <i>Quercus polymorpha</i> , <i>Quercus sartorii</i> , <i>Juglans pyriformis</i> , <i>Magnolia mexicana</i> , <i>Magnolia dealbata</i> y <i>Ulmus mexicana</i>	15
Zona Cálida Zongolica	Ixpaluca	<i>Litsea glaucescens</i> , <i>Quercus polymorpha</i> , <i>Juglans pyriformis</i> , <i>Magnolia mexicana</i> y <i>Ulmus mexicana</i>	4

Las personas entrevistadas reconocen la presencia de las especies en sus localidades, sobre todo en las áreas que conservan aún vegetación primaria (cuadro 20). En el caso del municipio de Magdalena, la gente percibe que estos árboles permanecen sólo en los cerros del municipio ya que en las localidades donde viven predomina el uso agropecuario de sus tierras.

Cuadro 20. Ubicación de los árboles modelados de acuerdo a los informantes.

Especies	No de entrevistados	Presencia de la especie en la localidad		Hábitat actual
		Sí	No	
<i>Juglans pyriformis</i>	19	100	0	En los cerros, cañadas y riveras de ríos.
<i>Litsea glaucescens</i>	29	100	0	En los cerros de la localidad, donde todavía hay bosques, en las barrancas y laderas.
<i>Magnolia dealbata</i>	13	85	15	En los cerros de la localidad, principalmente las cañadas y laderas
<i>Magnolia mexicana</i>	19	100	0	En los cerros donde hay vegetación, particularmente las cañadas
<i>Quercus sartorii</i>	25	100	0	En los cerros de la localidad, donde todavía hay bosques
<i>Quercus polymorpha</i>	29	100	0	En los cerros de la localidad, donde todavía hay bosques
<i>Ulmus mexicana</i>	19	58	42	En los cerros donde todavía hay bosques, principalmente las cañadas

En algunas de las localidades de Zongolica y Atlahuilco, los árboles de ciertas especies se conservan en las parcelas, como es el caso de *Magnolia mexicana*, *Litsea glaucescens*, *Juglans pyriformis* y los *Quercus spp*, debido al valor que tienen entre la población. Cuando los campesinos realizan labores de campo y reconocen a las especies en su estadio de plántula, “chapean”, es decir, limpian el terreno alrededor y las dejan crecer.

En las localidades de Atlahuilco se reconoce abiertamente las labores continuas de limpieza y poda para *Quercus sartorii* y *Quercus polymorpha*. La limpieza alrededor de los retoños de los encinos “chapeo” se realiza con la finalidad de eliminar competencia con respecto a

otras especies y las podas ayudan a que “crezca mejor” para su aprovechamiento futuro, principalmente para el carbón y la leña. Algunos informantes de las zonas templada y cálida mencionan que es común realizar limpieza en los cafetales o en sus parcelas y por lo general cuando realizan estas labores dejan crecer las plántulas de *Magnolia dealbata*, *Magnolia mexicana*, *Juglans pyriformis* y *Ulmus mexicana*. Sin embargo, los campesinos señalan que cuando las labores de campo (como el “chapeo”) las realizan los jóvenes, se pierden las “plantitas” ya que por desconocimiento las confunden con otras hierbas, eliminándolas en su totalidad. Sólo uno de los informantes de la zona fría mencionó que en algunas ocasiones trasplanta plántulas de regeneración natural de *Quercus* spp. a mejores sitios y dos dijeron sembrar *Juglans pyriformis* y *Magnolia mexicana*.

9. Discusión

9.1 Transición forestal en la Sierra de Zongolica

Los estudios de cambio de cobertura y uso del suelo permiten documentar la dinámica ocurrida en un determinado espacio geográfico (Mas *et al.*, 2009) y enfrentar los retos ambientales de una manera más eficiente. Sin embargo, para incidir de manera local es necesario buscar un enfoque interdisciplinario que permita analizar las causas sociales, económicas y culturales (Vitousek *et al.*, 1997; Lambin, 2001; Millán, 2004). Este estudio utilizó diversas herramientas para comprender la dinámica de la cobertura y uso del suelo en la Sierra de Zongolica así como la percepción de ésta por parte de algunos informantes clave.

Los resultados mostraron que la tasa anual de recuperación de los bosques fue del 1%, lo cual indica la presencia de una transición forestal. Sin embargo, esta difiere de manera parcial de lo observado en Estados Unidos y Europa como es el caso del abandono total de los campos (Rudel *et al.*, 2005). Con la crisis que se vive en el campo, los campesinos, sobre todo de la zona fría de la zona de estudio se han visto obligados a emigrar a las ciudades y posteriormente al extranjero para buscar mejores oportunidades de trabajo, sin embargo el campo no lo han abandonado en su totalidad. El abandono de sus parcelas sigue siendo temporal, aunque se redujo la intensidad del trabajo de campo (a diferencia de lo

registrado en los países desarrollados) ya que quienes se quedan (mujeres, personas adultas) continúan a cargo de estas parcelas, pero además optan por entrar a programas de reforestación ya que se ofrecen incentivos que les permiten tener ingresos extra, esto también quedó muy claro en las entrevistas realizadas, sobre todo en los municipios con mayor migración como son Astacinga, Tehuipango, Tlaquilpa y Atlahuilco. Asimismo, en esta región de estudio los aspectos culturales juegan un papel importante y que a diferencia de lo que sucede en otros países, puede mostrar dinámicas diferentes. En la sierra, las remesas permiten a muchas familias no depender del campo, sin embargo, la gente sigue sembrando su maíz porque es parte de sus costumbres aunque esto ya no sea con la misma intensidad y extensión en las superficies. En algunos aspectos, el presente trabajo coincide con el registro de tasas positivas en la cobertura de bosques de otros estudios realizados en nuestro país, como lo encontrado por Bray y Kepleis (2005) en el sureste de México (1960-2003); el realizado en Candelaria Loxicha, Oaxaca (1980-2005) por Aguilar y colaboradores (2011), el realizado por Klooster (2003) en la región purépecha de México (1942-1999), y el estudio de la subcuenca del río Pixquiac (Gerez, 2013) de 1975 al 2004 en Veracruz. Cabe mencionar que estos estudios comparten algunos elementos, sin embargo, los procesos de transición responden a diferentes causas y contextos por lo que cambian de un lugar a otro (Rudel *et al.*, 2005).

Los casos mencionados por Bray (2010) en México de transición forestal, sobre todo a nivel regional, muestran una complejidad de rasgos geográficos, culturales, económicos y sociales que deben considerarse para comprender los cambios que a escalas nacionales pueden pasar desapercibidos. Tan sólo en el estudio realizado por Rosete y colaboradores (2014) en el período comprendido de 1976 a 2007, se encontró que la superficie nacional ocupada por bosques y selvas disminuyó y las superficies ocupadas por la agricultura, pastizales y asentamientos humanos se incrementaron, esto pese a que la velocidad de pérdida arbórea se ha reducido a partir del año 2000. En este estudio se documentó el incremento en la superficie de áreas con vegetación secundaria y se observó que éstas áreas están sujetas a constantes alteraciones que impiden la recuperación de la vegetación arbórea, pero no son lo suficientemente intensas como para considerarse áreas deforestadas, de tal forma que podrían estar relacionadas con procesos de degradación forestal más que a procesos de recuperación.

A escala regional, en la Sierra de Zongolica ciertos elementos presentes muestran una transición forestal. En esta región se tienen dos fuerzas impulsoras de este proceso: el abandono de los cultivos y la valorización de los productos forestales (incluyendo el fortalecimiento institucional del sector forestal). La primera de las dos fuerzas impulsoras de este proceso es el abandono de los cultivos por sus bajos rendimientos y la migración de las poblaciones hacia las ciudades en busca de una mejor calidad de vida de la que se tiene en el campo (Klooster, 2003; Rudel, 2005; Rudel *et al.*, 2010), lo cual coincide con lo reportado en otros trabajos (Aguilar *et al.*, 2011; Gerez, 2013). Sin embargo, el abandono de los cultivos en esta zona no es definitivo, con frecuencia es temporal y cíclico, como sucede también en Candelaria Loxicha (Aguilar *et al.*, 2011). Durante el periodo estudiado en la Sierra de Zongolica se observó que esto se presenta fundamentalmente en la zona fría, cubierta por bosques de coníferas y encinos (Martínez, 2010), tal como fue reportado en la subcuenca del Pixquiac (Gerez, 2013).

La emigración al extranjero en los municipios de la zona fría ha sido impulsada principalmente por la crisis económica generada por la caída de los precios del café a finales de la década de los ochenta (Martínez, 2010), la privatización de los ingenios en 1992 (Zamudio *et al.*, 2004; citado en Martínez, 2010), y el retiro de los subsidios de precios y de crédito para la agricultura desde principio de la década de los noventa (Rodríguez, 2015). Es importante mencionar que estas crisis afectaron por igual a la zona cálida y a la zona fría, ya que la mayoría de los jornaleros ocupados en las fincas cafetaleras y en los cañaverales procedían principalmente de los municipios de la zona fría como Tehuipango, Tlaquilpa y Astacinga (Martínez, 2010). Lo anterior, terminó de impulsar la emigración, pasando de una migración rural-rural a una rural-internacional a partir de 1985, iniciada primeramente en el municipio de Astacinga (Martínez, 2010; Rodríguez, 2015).

En los últimos veinte años, esta emigración se ha intensificado en la Sierra de Zongolica (Rodríguez, 2015) caracterizándose principalmente por ser masculina, lo cual deja a las mujeres, hijos menores y adultos mayores a cargo de los hogares quienes se hacen responsables de las tareas domésticas, el pastoreo y la milpa. Esta situación genera un abandono parcial del campo, ya que por razones culturales, el cultivo del maíz sigue siendo la actividad preponderante en la región, así como el cultivo de café (Martínez, 2010a;

Córdova, 2012; Martínez, 2013). Igualmente, en esta zona, la participación en el empleo no agrícola y los programas sociales del gobierno evitan que los agricultores abandonen por completo sus tierras (Aguilar *et al.*, 2011).

Es importante mencionar que localmente la gente percibe también cambios culturales que van relegando las actividades rurales y que empieza erosionar su cultura. La pérdida de identidad, la cual fue identificada por la gente de mayor edad, se expresa al no hablar la lengua náhuatl, al dejar de vestir las prendas típicas de la región, cambiar los hábitos alimenticios e incluso hasta el olvido de rituales como el Xochitlallis (ritual que se hace antes de las cosechas).

La otra fuerza impulsora de la transición forestal sostiene que la valorización de los productos forestales (incremento de los precios) y el fortalecimiento institucional del sector forestal provocan un interés por el manejo de estos recursos e incita a los dueños a la forestación y/o reforestación de las tierras (Rudel *et al.*, 2005). Lo anterior, coincide con lo encontrado en el sureste de México en donde la recuperación forestal está asociada al desarrollo institucional y al empoderamiento de las comunidades rurales (Bray y Kepleis, 2005). En los municipios serranos del área de estudio esto ha ocurrido en años recientes y de manera incipiente aún.

La valorización de los recursos maderables comenzó en los municipios con bosques templados, impulsada no por el incremento de los precios, sino por las estrategias productivas de estos pueblos (Rodríguez y Álvarez, 1992). Actualmente estas personas obtienen ingresos directos por la venta de la madera y el carbón, tanto en mercados locales como regionales ya sea de manera legal o ilegal. Una organización de silvicultores que surgió principalmente en la zona templada y fría, a través de la Asociación de Silvicultores de la Sierra de Zongolica A.C., actualmente apoya a silvicultores en el aprovechamiento de la madera de la región y gestiona proyectos forestales. Para el caso de la zona cálida, aun no se ha gestado organización alguna en materia forestal, aunque existe un consejo cafetalero que reúne a los productores de la región.

La presencia de instituciones como CONAFOR ha incidido en el sector forestal de esta región. A partir del 2000 hubo mayor apoyo para las reforestaciones a través de los programas de esta dependencia, donde los primeros en ingresar fueron los campesinos de

las zonas templada y fría (Elizondo, 2015). El éxito de las plantaciones, sobre todo en la zona alta, se debió fundamentalmente al rápido crecimiento de las especies introducidas, como *Pinus patula*, las cuales son objeto de aprovechamiento maderable. De igual manera, la gente comenzó a reconocer que los árboles plantados crecen en un menor tiempo que los de regeneración natural por lo que se empiezan a tener expectativas de aprovechamientos a corto y largo plazo. Es necesario indicar que la mayor parte de los apoyos que ha otorgado CONAFOR en esta región han sido para reforestación con fines de conservación y/o restauración y en algunos casos con fines comerciales (CONAFOR, 2016). Lo anterior podría generar futuros conflictos ya que la mayor parte de los campesinos tienen en mente el aprovechamiento maderable a futuro aunque en la realidad sólo las plantaciones comerciales contemplan los aprovechamientos de madera.

A pesar de que los informantes destacan como positivos los procesos de reforestación, existen también críticas a las mismas. Se reconoce que ahora los “montes” tienen pocas especies y en algunos casos éstas no son las adecuadas para los lugares en donde se establecieron. El incremento de estas plantaciones forestales principalmente de la especie *Pinus patula* pone en riesgo las áreas con bosque mesófilo de montaña, ya que se están desplazando las especies nativas al introducir una sola especie. Esto mismo sucede con los encinos, ya que la gente percibe un cambio en su abundancia de mayor a regular en los últimos 20 años, lo cual puede estar relacionado con el incremento de las reforestaciones.

Finalmente, con la apertura de la carrera en Ingeniería Forestal en el año 2003, en el Instituto Tecnológico Superior de Zongolica (Elizondo, 2015), se ha iniciado un proceso de desarrollo de capacidades técnicas forestales en los jóvenes de la región, lo cual aún no se ve reflejado en el sector forestal pero seguramente tendrá un efecto en su desarrollo.

Algo que se observó en el análisis de cambio de cobertura y uso del suelo es el papel que juega la vegetación secundaria en el área de estudio para la recuperación de los bosques o para la pérdida de los mismos. Por un lado, la mayor parte de la recuperación arbórea proviene de estas áreas, aproximadamente 11,772 ha (dos tercios de lo reforestado y/o regenerado), y por el otro, 8% de lo deforestado se convirtió en vegetación secundaria. Esto último, muestra que existen procesos de degradación que pueden tener efectos sociales, económicos así como en las funciones ecológicas (Sasaki y Putz, 2009). En el presente

estudio, esto no fue posible contemplarlo debido a la metodología empleada, a diferencia de la investigación realizada por Gerez (2013) en la subcuenca del río Pixquiac, donde se pudo observar estos procesos al realizar una clasificación más detallada dentro de la categoría de deforestación considerando categorías intermedias como la cobertura arbustiva y la de árboles aislados en tierras agropecuarias.

Estudios realizados en nuestro país, como en el resto de los países latinoamericanos, puntualizan sobre la alarmante problemática ambiental que enfrentan las selvas no sólo por la deforestación sino por la degradación de las mismas con la conversión a otros usos (Lambin *et al.*, 2001, Castelan, Ruiz, Linares, Pérez y Flores, 2007; Mas *et al.*, 2009; Ellis *et al.*, 2011; Rosete *et al.*, 2014). Lo anterior también ocurre en el área de estudio. En los bosques tropicales de Zongolica, Tequila y Mixtla, se encontró la mayor extensión de zonas deforestadas. En el periodo de estudio 1995-2015, la vegetación arbórea se convirtió en vegetación secundaria arbustiva, pese a que en esta región se ha mantenido por muchas décadas la cafecultura (Elizondo, 2005). Sin embargo, a diferencia del estudio en Candelaria Loxicha, Oaxaca, en donde el remplazo del cultivo de la caña de azúcar por el café incentivó la recuperación forestal (Aguilar *et al.*, 2011), en la Sierra indígena de Zongolica no se pudo observar. Lo anterior podría deberse quizás a que los procesos de sustitución de la caña de azúcar por el café ocurrieron en las primeras décadas del siglo XX (Elizondo, 2015), mucho antes del periodo de estudio contemplado y lo que ocurre actualmente obedece a otros factores.

En la parte central del área de estudio, la vegetación secundaria arbustiva ha permanecido en su mayor parte durante los 20 años que comprende el análisis, lo que podría estar relacionado con la dinámica del cultivo de maíz de temporal (producción de autoconsumo) que realiza la población indígena, quienes tienen el sistema de roza, tumba y quema y el descanso de tierras (entre 10 y 15 años) (Rodríguez y Álvarez, 1992; Hernández, 1988; Rodríguez, 2010).

Asimismo, es importante reconocer que la vegetación secundaria representa una oportunidad para el establecimiento de especies nativas, siempre que se mantenga por periodos largos con el fin de detonar una recuperación no solo de la flora sino también de la fauna. Estudios realizados en la región peninsular del sur de Yucatán estimaron que

después de 25 años de sucesión secundaria ininterrumpida, la composición de las especies era muy similar a los bosques maduros existentes en la zona, inclusive se encontró que las características como la altura del dosel y el área basal pueden llegar a alcanzar valores similares a los de un bosque primario en tan sólo dos décadas. Sin embargo, en este caso, esto se debió en gran medida al efecto positivo de las reservas de conservación y aprovechamiento y a la resiliencia de éstas (Bray y Kepleis, 2005). En la zona de estudio, a diferencia de lo encontrado por Bray y Kepleis (2005), sólo se han decretado 12 reservas las cuales representan una alternativa del compromiso y trabajo voluntario para la protección de la biodiversidad bajo el modelo de Área Privada de Conservación (APC), categoría reconocida oficialmente en el estado de Veracruz y cuyo manejo recae en sus dueños (Villa, Ramírez, Sheseña AÑO). En conjunto las reservas cubren 530 ha lo que representa apenas un 0.5 % de la superficie total de la Sierra de Zongolica, por lo que difícilmente éstas iniciativas por el momento pueden tener una influencia en la región. Sin embargo, en esta sierra la emigración juega un papel importante al inducir la regeneración de la vegetación arbórea con el abandono de las parcelas de manera temporal (Martínez, 2010; Córdova, 2012; Rodríguez, 2015), lo cual se reconoció en las entrevistas a los informantes clave.

9.2 La distribución potencial de las especies y sus amenazas

El cambio de la cobertura y uso de suelo es determinante en la pérdida de biodiversidad (Lambin, 2001; SEMARNAT, 2013) sobre todo en especies en riesgo como las que fueron modeladas en el presente estudio. Aparentemente, la recuperación arbórea puede hacer pensar que las especies que se consideran escasas o en peligro de desaparecer pueden tener una oportunidad y asegurar su permanencia. En el caso de la modelación, ésta muestra grandes superficies en las cuales pueden prosperar las especies de las que realmente se encuentran disponibles, ya que se basa en factores ambientales sin considerar las modificaciones antropogénicas por lo que estos resultados son parciales. El cuantificar las áreas de distribución potenciales incorporando los cambios en la cobertura y uso del suelo, permitió obtener las áreas con las mayores amenazas (Keith et al., 2009) y las superficies potenciales suelen reducirse (Ríos y Navarro, 2009). En lo que concierne a las especies

modeladas, el grado de afectación por el cambio de cobertura vegetal y usos del suelo es muy variable. En algunos casos, la superficie modelada se redujo drásticamente (*Magnolia dealbata*) mientras que en otras no hubo disminuciones tan notables. Sin embargo, es importante considerar la fisiología y ecología propia de las especies, así como el valor que tienen para las personas. En el caso de *Magnolia mexicana*, se encontró una pérdida de la superficie modelada de alrededor del 40% (la menor de las especies modeladas). Sin embargo, esta especie presenta bajos porcentajes de germinación (20 a 40%) y ésta puede darse hasta los 14 meses (Niembro et al., 2004b). Asimismo, el uso que le dan a los frutos y flores debido a sus propiedades medicinales la pone en un mayor riesgo ya que se evita la propagación de las mismas. Por otro lado, es importante mencionar que para los informantes entrevistados, esta especie es altamente apreciada e incluso reconocen que los árboles que se encuentran en las localidades son cuidados por sus dueños debido al valor que representa para ellos. En lo que concierne a *Magnolia dealbata*, la situación es inversa. Esta especie tuvo el porcentaje más alto de reducción de la superficie de distribución potencial, pero a diferencia de *Magnolia mexicana*, no tiene problemas de germinación (Niembro et al., 2004) y de acuerdo a los informantes clave, prospera muy bien en sitios abandonados e incluso su crecimiento es rápido. Esto puede representar una ventaja para utilizarla en programas de reforestación ya que además es apreciada por la gente por sus usos medicinal y ornamental. Con esto, se deja claro la importancia de considerar otros factores al momento de evaluar el estatus de una especie en riesgo, sobre todo para llegar a establecer sus estrategias de conservación.

A nivel país, pocos son los estudios que han considerado específicamente los impactos de los cambios de la cobertura vegetal y de uso del suelo en la distribución de las especies (Ríos y Navarro, 2009; Contreras et al., 2010; Yañez et al., 2012; Armenta, et al, 2015). La mayor parte de estos estudios utilizaron modelos de cambios de uso de suelo a escala nacional y con diferentes metodologías, por lo que a una escala local presentan información que no se ajusta a la realidad (Velázquez, 2002) debido principalmente a que, a escala nacional, las pequeñas superficies se funden en otras clases que no muestran la problemática ambiental y social que se está viviendo en ella. Es decir, son tan pequeñas que ya no aparecen en los mapas nacionales. Al reconocer esto, se quiso complementar la información con otra perspectiva que ayudara a un mejor entendimiento de la problemática

ambiental, por ello se utilizó a la entrevista como el medio idóneo para conocer la percepción que tiene la gente del espacio que le rodea y de sus recursos (Millán, 2004). Así cuando se habla de la conservación de especies lo que pudiera considerarse un aspecto negativo, como las actividades antrópicas, podría no serlo en su totalidad; de manera inversa lo que pudiera ser positivo, como en el caso de la recuperación forestal, puede ser considerado por la gente como un problema en el corto y largo plazo.

Al analizar lo que está ocurriendo en las áreas de distribución potencial de las especies estudiadas se encontró que el impacto del cambio de cobertura y usos del suelo es severo sobre la posibilidad de ocurrencia de las especies, es decir, no toda la superficie modelada puede realmente albergar a las especies porque sencillamente la actividad humana no lo permite lo cual coincide con muchos otros estudios (Ríos y Navarro, 2009; Contreras et al., 2010; Yañez et al., 2012; Armenta, et al, 2015). Estas especies además tienen características que las hacen muy vulnerables, ya que la mayoría se encuentra en los bosques mesófilos de montaña y en los bosques tropicales, por lo que pertenecen a etapas sucesionales tardías, lo que dificultaría su establecimiento en áreas de vegetación secundaria (González *et al.*, 2011). Una excepción es *Litsea glaucescens*, la cual puede prosperar en sitios expuestos, es decir desprovistos de vegetación arbórea (Luna, 2003). Lo anterior también fue mencionado por los informantes clave en la zona fría al encontrarla en áreas rocosas y en la zona cálida en las áreas de cultivos, reconociendo un desarrollo rápido.

Sin embargo, al analizar las respuestas de las personas entrevistadas se encontró que la mayoría reconoce la importancia de esas especies e incluso durante sus labores de campo cuidan y fomentan el desarrollo de las mismas. Algunas de las acciones que realizan son la limpieza del terreno o “chapeo” alrededor de las plántulas que encuentran en los predios o en el “monte”, las podan, en algunas ocasiones trasplantan las plántulas que encuentran muy juntas, construyen viveros rústicos para propagarlas por semilla o simplemente no las cortan y las dejan crecer en el lugar. Esto también fue observado en el estudio realizado por Elizondo (2015) en dos comunidades del municipio de Zongolica, encontrando tres principales prácticas de manejo de las especies maderables presentes en los cafetales: tolerada, colecta de semillas y transplante de plántulas.

En lo que respecta a las zonas con recuperación de la cobertura forestal, como los bosques de pino y encino, y los bosques mesófilos, se observó un incremento de las plantaciones forestales (principalmente) de *Pinus patula*, lo cual no garantiza el hábitat de las especies nativas. La gente entrevistada reconoce el aumento de las reforestaciones de unas pocas especies, principalmente por el interés de obtener un recurso económico a futuro. Esto lo reconocen sobre todo los adultos mayores ya que mencionan que antes tenían una gran variedad de frutos que podían consumir y en algunos casos hasta vender. Ahora, las cosas han cambiado y si la gente no trabaja fuera entonces no tienen para comprar alimentos ya que el campo ya no se siembra o hay puros “ocotes” que por el momento no pueden cosechar.

Especies como *Magnolia mexicana* y *Ulmus mexicana*, cuyo hábitat son el bosque mesófilo de montaña y el bosque tropical perennifolio (Bucay, 2002; Niembro et al., 2004b; Niembro, Vázquez y Sánchez, 2010) en las zonas templada y cálida están en un mayor riesgo puesto que estos bosques presentan una gran pérdida forestal; sus principales amenazas son la apertura de caminos y el crecimiento de los asentamientos urbanos y rurales (Lambin et al., 2001; Keith et al., 2009; SEMARNAT, 2013). En las entrevistas, se identificó que el mayor número de “otros árboles” considerados actualmente escasos se encuentran en la zona cálida.

En el caso de los *Quercus* spp., los modelos muestran un aumento de su superficie potencial disponible, principalmente porque se les encuentra en bosques de encino, pino encino y mesófilo de montaña, que en la zona tienden a recuperarse. Además, por sus características fisiológicas, pueden desarrollarse vegetativamente, lo cual permite una regeneración mucho más rápida.

Es importante señalar que los resultados cualitativos ofrecen una aproximación de lo que está sucediendo en esta región. Para este estudio han sido fundamentales pues permiten comprender, desde la perspectiva de los pobladores que habitan estos lugares, los cambios del paisaje y sus recursos así como la manera en que estos influyen en sus vidas y familias. Estas metodologías complementan lo obtenido por los métodos cuantitativos, en el caso de los mapas de cambio de cobertura y usos del suelo, así como los modelos generados. En estos últimos, el reconocimiento local de las especies arbóreas que se hizo posterior al modelaje permitió constatar, aunque no fuera de manera estadística, la presencia de las

especies en las áreas con mayor probabilidad de presencia, así como reconocer la importancia que tiene para la gente entrevistada ya que dependen de éstas directa o indirectamente. En la zona fría, reconocen a las especies que incluso no están presentes en su localidad así como sus usos y/o valores. La gente corrobora que son especies que se encuentran en los “cerros”, en donde todavía hay bosques, lo cual coincide con el hecho de que las localidades seleccionadas se hicieron en base a la cubierta arbórea que aún mantienen y a la alta probabilidad de encontrar a las especies en esos lugares. En los modelos, se seleccionaron estas localidades porque se consideró que ahí se presentan condiciones que permiten a las especies su sobrevivencia y nuevamente en estas entrevistas se constató que los usos que tienen. En resumen, los mapas generados permitieron detectar áreas con alta probabilidad de presencia de las especies en base a las características físicas y biológicas, además con las entrevistas realizadas se pudo confirmar el valor de estas especies para la gente lo cual permite vislumbrar posibles estrategias para su manejo y/o conservación.

10. Conclusiones

En la Sierra de Zongolica los cambios de uso de suelo y vegetación que están sucediendo en los últimos años están dirigiendo a una recuperación forestal, la cual es incentivada por la conversión de las áreas agropecuarias y la vegetación secundaria arbustiva, principalmente en las zonas templada y fría. Lo anterior, puede parecer alentador en el ámbito de conservación de especies y ecosistemas, pero es necesario mirar a detalle estos cambios, sobre todo cuando existen áreas en las cuales continúan los procesos de deforestación como sucede en la zona cálida. Igualmente es importante mencionar que, aunque en los mapas no se clasificaron las áreas con plantaciones forestales, en campo esto si fue muy evidente en toda la región, así como la prevalencia de sólo pocas especies, lo que pone en riesgo a ecosistemas con alta diversidad biológica como el bosque mesófilo de montaña.

Con los mapas de distribución potencial generados para las especies en riesgo se pudieron reconocer las áreas en las cuales existen posibilidades de encontrarlas o donde éstas podrían

establecerse de acuerdo a las variables bioclimáticas y relieve contempladas, pero el incorporar los cambios de uso del suelo y vegetación permitió definir las áreas de distribución realmente disponibles para las especies en base a la existencia de cobertura arbórea. Lo anterior demuestra que la conjunción de herramientas utilizadas genera resultados más cercanos a la realidad. En este panorama, la vegetación secundaria representa una oportunidad ya que puede facilitar el establecimiento de las especies nativas en peligro, siempre que esta recuperación sea continua y acompañada de acciones de manejo enfocadas en ello. Como ejemplo de lo anterior son los trabajos que realizan los dueños de las reservas privadas de conservación en la región, quienes conservan áreas significativas de vegetación secundaria a las cuales dan manejo con el propósito de recuperar la vegetación arbórea y por lo general lo hacen con especies nativas altamente apreciadas. Asimismo, el reconocimiento de las especies en algunas localidades realizado por los informantes clave mostró que existe un interés en la gente por sus recursos forestales por lo que es primordial considerar en las estrategias de conservación los análisis de las dinámicas ecológicas, sociales, culturales y económicas a escala local, ya que son éstas las que pueden acelerar los procesos de extinción de las especies o lograr la conservación y/o recuperación de las mismas.

La incorporación de las entrevistas a informantes clave en el presente trabajo fue importante ya que la región de estudio está ubicada en una zona indígena en la que los recursos naturales son valorizados de diferentes maneras, a menudo esto no se considera en las iniciativas de conservación de los ecosistemas y/o especies. Los entrevistados se dan cuenta de los cambios temporales que afectan los lugares que ellos conocen, por lo que no son completamente ajenos y les preocupa lo que pueda suceder con las futuras generaciones. Los paisajes diversificados que prevalecen en el área de estudio permiten a los campesinos una flexibilidad en el uso de sus tierras para enfrentar las diversas crisis que se presentan. De esta manera tienen opciones productivas que les aseguran alimentos a sus familias e ingresos por los diversos productos que obtienen de sus parcelas. La visión indígena que tienen las personas mayores entrevistadas les permite ver el espacio geográfico como un todo que proporciona alimento para la familia, madera para sus viviendas, combustible para los fogones, medicinas, adornos, entre muchos otros.

A los campesinos de la sierra les importan sus árboles, sobre todo de los que dependen directamente y están preocupados por los mismos, por ello es de vital importancia que los proyectos forestales promuevan la visión de los paisajes diversificados así como el manejo de la vegetación secundaria. También es primordial que en las estrategias de conservación se involucre a los campesinos de manera directa y se consideren a las especies de mayor valor para ellos. Además, es fundamental que las dependencias gubernamentales reconozcan y asistan a los campesinos para regular el manejo forestal informal que realizan de algunas especies arbóreas útiles, sobre todo de aquellas catalogadas en riesgo como el laurel o los encinos. Este trabajo muestra oportunidades en el ámbito de la conservación y aprovechamiento de las especies, pero para ello es importante involucrar a los dueños y usuarios directos, además los conocimientos de la gente pueden detonar investigaciones futuras que fortalezcan al sector forestal.

11. Literatura citada

- Armenta, S., Carvajal, C. I., Ellis, E. A., y Krömer, T. (2015). Distribution and conservation status of *Phlegmariurus* (Lycopodiaceae) in the state of Veracruz, Mexico. *Tropical Conservation Science* 8(1): 114-137.
- Aguilar, S. M., Angelsen, A., y Moe, S. R. (2011). Back to the forest: Exploring forest transitions in Candelaria Loxicha, Mexico. *Latin American Research Review* 46(1): 194-216.
- Aguirre, J. y Duivenvoorden, F. (2010). Can we expect to protect threatened species in protected areas? A case study of the genus *Pinus* in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(3): 875-882.
- Ander, E. E. (2003). Métodos y técnicas de investigación social IV. Técnicas para la recogida de datos. Editorial LUMEN/HVMANITAS, Argentina. Pp. 85-116.
- Ambrosio, G., González, J. y Arévalo, V. (2009). Comparación de imágenes de satélite para la detección de cambios temporales. Málaga, España. Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática. Universidad de Málaga. Consultado el 12 de septiembre de 2015 de: <http://www.cea-ifac.es/actividades/jornadas/XXIV/documentos/viar/96.pdf>.
- Arias, A., Zamora, M. y Bolaños, V. (2014). Metodología para la corrección atmosférica de imágenes Aster, Rapideye, Spot 2 y Landsat 8 con el módulo FLAASH del software ENVI. Atmospheric correction methodology for Aster, Rapideye, Spot 2 and Landsat 8 images with envi flaash module software. *Revista Geográfica de América Central* 2(53): 39-59.
- Bermúdez, A., Oliveira, M. M. A., y Velázquez, D. (2005). La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia: Revista de Ciencia y Tecnología de América* 30(8): 453-459.
- Baena, M. L. y Halfiter, G. (2008). Extinción de especies, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México. Pp. 263-282.
- Boege, E. (2009). El reto de la conservación de la biodiversidad en los territorios de los pueblos indígenas. En: Capital Natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México. Pp. 603-649.
- Bray, D. B. y Klepeis, P. (2005). Deforestation, forest transitions, and institutions for sustainability in Southeastern Mexico, 1900-2000. *Environment and History* 11:195-223.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning* 45(1): 5-32.
- Brizuela, A., Aguirre, C. y Velasco, I. (2007). Aplicación de métodos de corrección atmosférica de datos Landsat 5 para análisis multitemporal. En: E. Chuvieco, I. Aguado, M. Yebra, H. Nieto, M.P. Martín, L. Vilar, J. Martínez, D. Padrón, S. Martín y J. Salas (Eds.). Teledetección. Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional. Editorial Martín. Buenos Aires. Pp. 207-214.

- Bucay, J. W. 2002. Uso tradicional e investigación científica de *Talauma mexicana* (DC) Don., o flor del corazón. *Revista Mexicana de Cardiología* 13(1): 31-38.
- Cabello, J. y Paruelo, J. (2008). La teledetección en estudios ecológicos. *Revista Ecosistemas* 17(3): 1-3.
- Castelán, R., Ruiz, J., Linares, G., Pérez, R., y Flores, T. (2007). Dinámica de cambio espacio-temporal de uso del suelo de la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México. *Investigaciones geográficas* (64): 75-89.
- Castillo, L. (2013). Inventario florístico del bosque mesófilo de montaña de la Reserva Bicentenario, Zongolica, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 104 pp.
- Cerda, H. M. A. (1980). Magnoliaceae. Flora de Veracruz, fascículo (14): 1-10.
- Céspedes, F. S. y Moreno, 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(2): 5-13.
- Cházaro, M. (1992). Exploraciones botánicas en Veracruz y estados circunvecinos I. Pisos altitudinales de vegetación en el centro de Veracruz y zonas limítrofes con Puebla. *La Ciencia y el Hombre* (10): 67-115.
- Chuvieco, E. (1996). Fundamentos de Teledetección. 3ª edición revisada. Ediciones RIALP. Madrid. 449 pp.
- Colohua, L. (2014). Estudio cuantitativo de la flora medicinal, un servicio ecosistémico en Cuauhtlanmanca, Atlahuilco, Veracruz con enfoque etnobotánico. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz. 70 pp.
- CONABIO (2011). Proyectos aprobados de la convocatoria para modelar la distribución geográfica de especies presentes en México. http://www.conabio.gob.mx/web/proyectos/pdf/seleccionados/Aprob_modelado.pdf Consultado el 12 de julio de 2016.
- CONABIO (2013). Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Veracruz. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Pp. 12-49.
- CONAFOR (2016). Apoyos del Programa Nacional Forestal. <http://www.conafor.gob.mx/web/apoyos/> Consultado el 2 de septiembre de 2016.
- Contreras, R. (2006). Los métodos de análisis biogeográfico y su aplicación a la distribución de las gimnospermas en México. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América* 31(3): 176-182.
- Contreras, R., Luna, I. y Ríos, C. (2010). Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio del uso del suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural* (83): 421-433.
- Córdova, R. (2012). Sin el bosque no queda más que irse: Migración internacional entre nahuas de Atlahuilco, Veracruz. *Migraciones internacionales* 6(4): 209-241.

- Corona, F. (2014). Diversidad de la familia Bromeliaceae en el área núcleo de la Reserva bicentenario, municipio de Zongolica, Ver. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Veracruz. 57 pp.
- Couturier, S., y Mas, J. F. (2009). ¿Qué tan confiable es una tasa de deforestación? Cómo evaluar nuestros mapas con rigor estadístico. *Investigación Ambiental* 1(2):117-135.
- Dávila, C. A., Flores, F. J., Morales, F., Clark, R. y Pérez, B. E. (2011). Estatus poblacional y niveles de aprovechamiento del laurel silvestre (*Litsea glaucescens* Kunth) en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(4): 47-59.
- Devos, S., Di Gessa, S., Fara, K., Firmian, I., Liversage, H., Mangiafico, M., y Rambaldi, G. (2009). Buenas prácticas en cartografía participativa. Coalición Internacional para el Acceso a la Tierra. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) Roma. 55 pp. Consultado el 8 de octubre de 2015 de: http://www.ifad.org/pub/map/pm_web_s.pdf
- Di Gregorio, A. y Jansen, J. (2005). Land Cover Classification System: Classification Concepts and User Manual for Software Version 1. FAO Environment and Natural Resources Service Series. Rome. 190 pp.
- Durand, L. (2008). De las percepciones a las perspectivas ambientales: una reflexión teórica sobre la antropología y la temática ambiental. *Nueva Antropología. Revista de Ciencias Sociales* (68): 75-87.
- Durán, E., Mas, J. y Velázquez, A. (2007). Cambios en las coberturas de vegetación y usos del suelo en regiones con manejo forestal comunitario y áreas naturales protegidas de México. En: Los bosques comunitarios de México. Manejo sustentable de paisajes forestales. D. B. Bray, L. Merino, y D. Barry (eds.). Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible. México. Pp. 267-299.
- Elith, J., Graham, C., Anderson, R., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., *et al.* (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* (29): 129-151.
- Elith, J., y Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40(1): 677.
- Elizondo, S. C. (2015). Conocimiento campesino de árboles maderables en cafetales diversificados en la zona templada de la Sierra de Zongolica. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana. 110 pp.
- Ellis, E. A., y Porter, L. (2008). Is community-based forest management more effective than protected areas?: A comparison of land use/land cover change in two neighboring study areas of the Central Yucatan Peninsula, Mexico. *Forest Ecology and Management* 256(11): 1971-1983.

- Ellis, E. y Martínez, M. (2010). Vegetación y uso de suelo. En: Florescano, E. y Ortiz, J. (Coords.). Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz. I Patrimonio natural. Comisión del Estado de Veracruz para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana. Veracruz, México. Pp. 203-226. Consultado el 12 enero de 2015 de: <http://148.226.12.104/bitstream/123456789/9654/1/08VEGETACION.pdf>
- Ellis, E., Martínez, M. y Monroy, R. (2011). Focos rojos para la conservación de la biodiversidad. En: La biodiversidad en Veracruz: Estudio de estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. Veracruz. Pp. 351-367.
- FAO. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe Nacional Mexico. Estudio FAO: Montes (Vol. 132). Roma. 98 pp.
- Fernández, R., Porter, L., y Sureda, J. (2010). Percepciones y conocimientos ambientales de la población infantil y juvenil de una comunidad rural de Veracruz. México. *Revista de Educación y Desarrollo* (12): 35-43.
- Fernández, Y. (2008). ¿Por qué estudiar las percepciones ambientales? Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en Áreas Naturales Protegidas. *Espiral. Estudios sobre Estado y Sociedad* 15(43): 179-202.
- Franklin, J. (2010). Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press. 340 pp.
- Gálvez, M. y de Ita, C. (1992). Análisis etnobotánico de tres mercados regionales del centro del Estado de Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz. 162 pp.
- García, E. (1998). – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), "Climas" (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000. México.
- Geissert, D. (1999). Regionalización geomorfológica del estado de Veracruz. *Investigaciones Geográficas* (40): 23-47.
- Geist, H. y Lambin, E. (2001). What drives tropical deforestation?: a meta-analysis of proximate causes and underlying sources of deforestation based on subnational case study evidence. LUCC Report Series. USA. (4) 136 pp.
- Geneletti, D. y Gorte, G. (2003). A method for object-oriented land cover classification combining Landsat TM data and aerial photographs. *International Journal of Remote Sensing* 24(6): 1273-1286.
- Gerez F., P. (2013). Procesos locales de deforestación y recuperación de bosques: retos para la conservación en el centro de Veracruz. Tesis para la obtención del grado de: Doctora en Ciencias (Biología). México: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 166 pp.
- González, M., Meave, J. A., Lorea, F. G., Ibarra, G., y Newton, A. C. (2011). The red list of Mexican cloud forest trees. *Fauna and Flora International*. 149 pp.

- Guisan, A. y Zimmermann, N. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135(2): 147-186.
- Guisan, A., Edwards, T. y Hastie, T. (2002). Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling* 157(2): 89-100.
- Gurrutxaga, M., y Lozano, P. (2008). Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. *Estudios Geográficos* 69(265): 519-543.
- Gutiérrez, L. y Dorantes, J. (2005). Especies forestales de uso tradicional del Estado de Veracruz: potencialidades de especies con uso tradicional del estado de Veracruz, con opción para establecer plantaciones forestales comerciales 2003-2004. Universidad Veracruzana. Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología. 378 pp.
- Hedley, J. (2013). Hyperspectral Applications. In Goodman, J., Purkis S. y Phinn, S. R. (Eds.). *Coral Reef Remote Sensing*. Springer Netherlands. Pp. 79-112.
- Henk Van D. W. y Lorea F. (1997). Lauraceae. Flora del bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 56. Octubre. Pp. 26-31.
- Herlihy, P. y Knapp, G. (2003). Maps of, by, and for the peoples of Latin America. *Human Organization*. 62(4): 303-314.
- Hernández, E. (1978). El concepto de Etnobotánica (No. 631.5 A3).
- Hernández, I. (2014). Evaluación de la transformación del paisaje para la determinación de áreas prioritarias de conservación en la región de Uxpanapa, Veracruz. Tesis para la obtención del grado de: Maestría en Ecología Tropical. México: CITRO, Universidad Veracruzana. 166 pp.
- Hernández, O. (2015). Historia y expresiones identitarias de los habitantes de la localidad de Zongolica. *Ulúa. Revista de Historia, Sociedad y Cultura* (25): 93-122.
- Horning, N., Robinson, J., Sterling, E., Turner, W. y Spector, S. (2010). *Remote sensing for ecology and conservation*. Oxford University Press. 496 pp.
- Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R. S., Brockhaus, M., Verchot, L., y Romijn, E. (2012). An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters* 7(4): 1-12.
- Hutchinson, G. (1957) Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symp Quant Biol* (22): 415– 427.
- INEGI. (2009). Censos económicos. <http://www.inegi.org.mx/> Consultado el 28 de mayo de 2016.
- INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda. Marco Geostadístico Municipal. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Jaramillo, J. y Martínez, N. (2014). Modelación de la distribución geográfica de las especies del género *Abies* presentes en México. Universidad Nacional Autónoma

- de México. Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. JM015. México. 49 pp.
- Jiménez, M. J., González, M. D. J., Escalona, M., Valdez, J. R., y Aguirre, C. A. (2011). Comparación de métodos espaciales para detectar cambios en el uso del suelo urbano. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente* 17(3): 389-406.
- Keith, D., Orscheg, C., Simpson, C., Clarke, P., Hughes, L., Kennelly, S. y Bedward, M. (2009). A new approach and case study for estimating extent and rates of habitat loss for ecological communities. *Biological Conservation*. 142(7): 1469-1479.
- Klooster, D. (2003). Forest transitions in Mexico: institutions and forests in a globalized countryside. *The Professional Geographer* 55(2): 227-237.
- Lambin, E., Turner, B., Geist, H., Agbola, S., Angelsen, A., Bruce, J., Folke, C. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11(4): 261-269.
- Larios, S. (2014). Aportes para el estudio del territorio: los Nahuas de Zongolica Veracruz. *Revista Collectivus* 1(1): 70-93.
- Lazos, E. y Paré, L. (2000). Miradas indígenas sobre una naturaleza "entristecida": percepciones del deterioro ambiental entre nahuas del sur de Veracruz. Instituto de Investigaciones Sociales-UNAM. Plaza y Valdés. México. 220 pp.
- Lazos, E. (2015). Percepciones y responsabilidades sobre el deterioro ecológico en el sur de Veracruz. En: Izazola, H. (Coord.) Población y medio ambiente descifrando el rompecabezas. El Colegio Mexiquense, Sociedad Mexicana de Demografía. Estado de México. Pp. 235-272.
- López, C. (1988). Los encinos *Quercus* spp. en asociaciones vegetales del municipio de Soledad Atzompa, Ver. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz. 142 pp.
- López, C. P. (2012). Cartografía social: instrumento de gestión social e indicador ambiental. Tesis de maestría. Medellín, Colombia. 131 pp.
- Luna, M. 2003a. *Litsea glaucescens*. Taxones del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental incluidos en la norma oficial mexicana. Herbario FCME, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W025. México. D.F.
- Luna, M. I. 2003b. *Magnolia dealbata*. Taxones del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental incluidos en la norma oficial mexicana. Herbario FCME, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W025. México. D.F.
- Martínez, K. (2012). Plantas medicinales del Barrio de Santa Cruz, Municipio de Tequila. Un enfoque etnobotánico. Tesis profesional, Facultad de Biología. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. 122 pp.

- Martínez, L. A. (2010)a. La dinámica comunitaria vista desde la migración en la Sierra nahua de Zongolica, Veracruz: Análisis y perspectivas de estudio. *Migraciones Internacionales* 5(4):7-37.
- Martínez, L. A. (2013). Cultura y economía para la sobrevivencia: procesos y relatos desde el etnoterritorio nahua de Tehuipango, en la Sierra de Zongolica, Veracruz. *Anales de Antropología* 47 (1): 73-108.
- Martínez, N. (2010). Apuntes sobre modelación de nichos ecológicos. *Laboratorio de Evolución Molecular y Experimental*. Instituto de Ecología de la UNAM. 66 pp.
- Mas, J. F., Velázquez, A., Díaz-Gallegos, J., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, C., Bocco, G. y Pérez-Vega, A. (2004). Assessing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5(4): 249-261.
- Mas, J. F., Velázquez, A., y Couturier, S. (2009). La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación ambiental* 1(1): 23-39.
- Mas, J. F., Pérez-Vega, A., Ghilardi, A., Martínez, S., Loya-Carrillo, J. O., y Vega, E. (2014). A suite of tools for assessing thematic map accuracy. *Geography Journal*. (2014): 1-10.
- Mata, F. (2011). La utilización de la flora y la religiosidad en Tequila, Veracruz: un estudio etnohistórico e interdisciplinario de un pueblo enclavado en el Bosque Mesófilo de Montaña. Tesis de maestría en historia y etnohistoria. Escuela Nacional de Antropología e historia, México, D.F. 226 pp.
- Melgarejo, L. M. V. (1994). Sobre el concepto de percepción. *Alteridades* 4(8): 47-53.
- Millán, E. M. (2004). La geografía de la percepción: una metodología de análisis para el desarrollo rural. *Papeles de Geografía* (40): 133-149.
- Moguel, P., y Toledo, V. M. (2004). Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas* 55: 1-7.
- Montoy, L. (2010). Estudio apibotánico para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales de la región de las montañas, Veracruz. Tesis profesional, Instituto Tecnológico de China, Campeche, México. 70 pp.
- Nagendra, H., Munroe, D. K. y Southworth, J. (2004). From pattern to process: landscape fragmentation and the analysis of land use/land cover change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 101(2): 111-115.
- Navarro, L. y Avendaño, S. (2002). Flora útil del municipio de Astacinga, Veracruz, México. *Polibotánica* (14): 67-84.
- Niembro, A., Morato, I. y Cuevas, J.A. (2004). Los principales tipos de vegetación arbórea de Veracruz y Puebla. En: Catálogo de frutos y semillas de árboles y arbustos de valor actual y potencial para el desarrollo forestal de Veracruz y Puebla. Instituto de Ecología, AC Reporte Final del proyecto CONACYT-CONAFOR-2002-CO1-5741. Xalapa, Veracruz, México. Pp. 9-50.

- Niembro, R. A., Morato, I y Cuevas, J.A. 2004b. *Talauma mexicana* (DC.) G. Don en Catálogo de frutos y semillas de árboles y arbustos de valor actual y potencial para el desarrollo forestal de Veracruz y Puebla. Instituto de Ecología, AC Reporte Final del proyecto CONACYT-CONAFOR-2002-CO1-5741. Xalapa, Veracruz. México. Pp. 851-858.
- Niembro, A., Vázquez, M., y Sánchez, S. O. (2010). Árboles de Veracruz: 100 especies para la reforestación estratégica. Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana. Gobierno del Estado de Veracruz. Universidad Veracruzana, Pp. 228-229.
- Olofsson, P., Foody, G. M., Stehman, S. V., y Woodcock, C. E. (2013). Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation. *Remote Sensing of Environment* (129): 122-131.
- Olofsson, P., Foody, G., Herold, M., Stehman, S., Woodcock, C., y Wulder, M. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment* (148): 42-57.
- Otukei, J. R. y Blaschke, T. (2010). Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* (12): S27-S31.
- Padilla, L. S. y Luna, M. A. M. (2003). Percepción y conocimiento ambiental en la costa de Quintana Roo: una caracterización a través de encuestas. *Investigaciones Geográficas* (52): 99-116.
- Palacio, J., Sánchez, M., Casado, J., Propin, F., Delgado, C., Velázquez, M. y Márquez, H. (2004). Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial. SEMARNAT-INE. México, D.F. Pp. 23-41.
- Pérez, V. (2009). Plantas medicinales de uso en traspatio en la zona centro del estado de Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz. 112 pp.
- Pérez, A. (1992). Paisaje y aprovechamiento del Suelo y la Vegetación en Tlaquilpa, Veracruz. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de posgraduados de Chapingo, Montecillos, México.
- Peterson, T y Cohoon, K. (1999). Sensitivity of distributional prediction algorithms to geographic data completeness. *Ecological modelling* 117(1): 159-164.
- Phillips, S. J., Dudík, M., y Schapire, R. (2004, Julio). A maximum entropy approach to species distribution modeling. In *Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning*. ACM. 83 pp.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. y Schapire, R.E. (2006). A maximum entropy modelling species geographic distributions. En: *Ecological Modelling* (190): 231-259.

- Pliscoff, P. y Fuentes, T. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande* (48): 61-79.
- Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión, o cambio-Lista de especies en riesgo. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.
- Ríos, C. y Navarro, A. (2009). Efectos del cambio de uso de suelo en la disponibilidad hipotética de hábitat para los psitácidos de México. *Ornitología Neotropical* (20): 491-509.
- Rodríguez, M. T., y Álvarez, H. (1992). Estrategias productivas entre los nahuas de Zongolica. Pp. 127-144.
- Rodríguez, H. H. y E. Boege. (2011). Una visión socioeconómica al comenzar el siglo XXI, pp. 101- 125. En: La biodiversidad en Veracruz. Estudio de Estado. Conabio, Gobierno del Estado de Veracruz, UV, INECOL, México.
- Rodríguez, M. (2010). Flores para la tierra. Paisaje y cultura en la Sierra de Zongolica. En. Ortiz E. y Florescano E. (Coord.). Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz. Vol. 3, Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana. Secretaria de Educación- Gobierno del Estado de Veracruz. México. 256 pp.
- Rodríguez, M. (2015). Prácticas territoriales y dinámicas migratorias en la Sierra de Zongolica, Veracruz. *Uhua. Revista de Historia, Sociedad y Cultura* (25) 69-91.
- Romero, J. (2014). Evaluación de los factores ambientales, socioeconómicos e institucionales que intervienen la dinámica del cambio de cobertura forestal en ejidos de Campeche y Quintana Roo, México. Tesis para la obtención del grado de: Maestría en Ecología Tropical. México: Universidad Veracruzana, CITRO. 115 pp.
- Rosete, F. A., Pérez, J. L., Villalobos, M., Navarro, E. N., Salinas, E., y Remond, R. (2014). El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques* 20(1): 21-35.
- Rudel, T. K., Coomes, O. T., Moran, E., Achard, F., Angelsen, A., Xu, J. y Lambin, E. (2005). Forest transitions: towards a global understanding of land use change. *Global Environmental Change* 15(1): 23-31.
- Rudel, T. K., Schneider, L., y Uriarte, M. (2010). Forest transitions: An introduction. *Land Use Policy* 27(2): 95-97.
- Ruiz, L. (2012). Sistematización de Plantas Medicinales de la Organización de Médicos Tradicionales de Tlaquilpa, Veracruz. Trabajo práctico técnico. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz. 36 pp.
- Rzedowski, J. (1992). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Ciencias* (006): 47-56.

- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.
- Santayana de P, P. G. M., y Pellón Gómez, E. (2003). Etnobotánica: aprovechamiento tradicional de plantas y patrimonio cultural [Ethnobotany: traditional management of plants and cultural heritage]. *Asn. Jard. Bot. Madrid* 60(1): 171-182.
- Sarukhán, J., *et al.* (2009). Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 100 pp.
- Schultes, R. E. (1939). La etnobotánica: su alcance y sus objetos. *Caldasia* (3): 7-12.
- SEMARNAT (2013). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. México. 361 pp.
- Soberón, J., y Peterson, A. T. (2005). Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas. *Biodiversity Informatics* (2): 1-10.
- Suárez, A. E. (2014). Análisis y comparación de imágenes de diferentes sensores para verificar su eficiencia y utilidad en estudios multitemporales. Tesis de licenciatura. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente. Sangolquí. 122 pp.
- Téllez, O., Dávila, P., y Lira, R. (2006). The effects of climate change on the long-term conservation of *Fagus grandifolia* var. *mexicana*, an important species of the Cloud Forest in Eastern Mexico. *Biodiversity and Conservation* (15): 1095-1107.
- Toledo, V. (2003). Hacia un modelo de conservación bio-regional en las regiones tropicales de México: biodiversidad, sustentabilidad y pueblos indígenas. Hacia una Evaluación de las Áreas Naturales Protegidas del Trópico, Xalapa. Veracruz, México: Universidad Veracruzana.
- Torreblanca, H. R. (Coord.). (2011). Sierra de Zongolica: Rumbo y Destino, Agenda 2060. H. Congreso del Estado de Veracruz, LXII Legislatura; Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. 464 pp.
- Trejo, I. y Dirzo, R. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94(2): 133-142.
- Trueba, S. (2009). Plantas tintóreas utilizadas en artesanías textiles de lana de Soledad Atzompa, Veracruz. Consejo Veracruzano de Arte Popular. Xalapa, Veracruz. 37 pp.
- Tuan, Y. F. (1974). *Topophilia* Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 260 pp.
- UICN 2014. La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2014 [Http://www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Descargado el 04 noviembre 2014.
- Vara, M. J. L. (2008). Cinco décadas de Geografía de la percepción. *Ería* (77): 371-384.
- Vázquez, D. (2005). Reconsiderando el nicho hutchinsoniano. *Ecología Austral* 15(2): 149-158.

- Vázquez, V. (1977). Contribución al estudio de la vegetación de la región de Zongolica, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- Velazco, C. G., Foroughbakhch, R., Alanís-Flores, G. J., y Alvarado-Vázquez, M. A. (2008). *Magnolia dealbata* en Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* (79): 459-463
- Velázquez, A., Mas, J. F., Gallegos, J. R. D., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, P. C., Castro, R., y Palacio, J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta ecológica* (62): 21-37.
- Velázquez, A., Durán, E., Mas, J., Bray, D. y Bocco, G. (2005). Situación actual y prospectiva del cambio de la cubierta vegetal y usos del suelo en México. Más allá de las Metas de Desarrollo del Milenio. CONAPO. México. Pp. 391-416.
- Velázquez, A. (2008). La dinámica de la cubierta forestal de México. Página de la Sociedad Mexicana de Física (<http://www.smf.mx/C-Global/webCubFor.htm>).
- Viccon, J. (2009). Riqueza y composición florística de las epífitas vasculares del Bosque Mesófilo de Montaña de las localidades de Atzalan y Zongolica, Veracruz. Trabajo de experiencia recepcional. Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz. 72 pp.
- Villa, B., Ramírez, A. y Sheseña, I. Las Áreas Privadas de Conservación en la Sierra de Zongolica como un nuevo concepto de conservación comunitaria en México. Coordinación Ecoforestal, Pronatura Veracruz A.C. 9 pp. <http://docplayer.es/15615973-Las-areas-privadas-de-conservacion-en-la-sierra-de-zongolica-como-un-nuevo-concepto-de-conservacion-comunitaria-en-mexico.html> Consultado el 28 de octubre de 2016.
- Vitousek, P.M., Mooney, H., Lubchenco J. y Melillo, J.M. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* (277): 494-499.
- Weimann, C. y Heinrich, M. (1997). Indigenous medicinal plants in Mexico: the example of nahua (Sierra de Zongolica). *Botánica Acta* 110 (1): 62-73.
- Whittaker, R., Araújo, M., Jepson, P., Ladle, R., Watson, J., y Willis, K. (2005). Conservation biogeography: assessment and prospect. *Diversity and Distributions* 11(1): 3-23.
- Whyte, A. (1978). Perception de l'environnement: lignes directrices méthodologiques pour les études sur le terrain. En: Unesco MAB technical notes (Vol. 5). Unesco. Paris. 136 pp.
- Yáñez, C, Mandujano, S., Martínez, E., Pérez, A. y González, A. (Abril, 2012). Modelación de la distribución potencial y el efecto del cambio de uso de suelo en la conservación de los ungulados silvestres del Bajo Balsas. México. *Therya* 3(1): 67-79.

12. ANEXOS

Anexo 1. Relación de personas entrevistadas. Entrevista semiestructurada

Antonio Clemente Trujillo	Xoxocotla, Xoxocotla
Margarito Tzanahua	Los Pinos, Tlaquilpa
Crispín Sánchez Tentzohua	Vista Hermosa, Tlaquilpa
María del Carmen Montalvo	Barrio Santa Cruz, Tequila
Lázaro de Jesús Méndez	Mexcala, Soledad Atzompa
Pedro Colohua	Atlanca, Los Reyes
Rafaela Temoxtle Mayahua	Los Naranjos, Zongolica
Carmela Tlaxcala Tepole	Ejiutepec, Zongolica
María Gudelia Cano Amayo	La Quinta, Zongolica
Antonio Velázquez	La Quinta, Zongolica
Fortino Corona Jiménez	Olla Chica, Zongolica
Reyna Esmeralda Velázquez Cano	Teopancahualco, San Andrés Tenejapan
Astroberta Sandoval Xalamihua	Xochitla, Mixtla de Altamirano
Francisco García Hernández	Xochitla, Mixtla de Altamirano
Alfonso Pérez Amayo	Xochitla, Mixtla de Altamirano
Jesús Primitivo Beristain Groth	Tlazololapan, Tequila
Lorenzo Tepepa Vázquez	Totomochapa Tequila

Anexo 2. Relación de personas entrevistadas. Entrevista estructurada

Malco Tocoehua Tzoyohua	Atezoc, Atlahuilco
Hugo Molohua Coxcahua	Atlahuilapa, Atlahuilco
Juana Colohua Coxcahua	Cuautlamanca, Atlahuilco
Basilio Ixmatlahua Molohua	Atetecochco, Atlahuilco
Luisa Cocotle Tlaxcala	Atlahuilco, Atlahuilco
Lorenzo Xicalhua Ixmatlahua	Cuautlamanca, Atlahuilco
Vicente Cocotle Tlaxcala	Cuautlamanca, Atlahuilco
Donaciano Molohua Tzontehua	Atlahuilapa, Atlahuilco
Lucio Tocoehua Tzoyontle	Atezoc, Atlahuilco
Laudencio Ixmatlahua Lemus	Atetecochco, Atlahuilco
Ofelia Zepahua Tzitzihua	Tepetzingo, Magdalena
Teresa Tezoco Xocua	Tepetzingo, Magdalena
Julián Mixteco Mixteco	Capultitla, Magdalena
Francisco Cotlame Tehuintle	Chapultepec, Magdalena
Plácido Colohua Tequihuactle	Helicotla, Magdalena
Cirila Xotlanihua Mixteco	Capultitla, Magdalena
Agustina Xotlanihua Mixteco	Capultitla, Magdalena
Aniceto Xotlanihua Xotlanihua	Chicomoceloc, Magdalena
Luisa Tehuactl Carbajal	Capultitla, Magdalena
Victorino Tequihuactle	Colonia Colosio, Magdalena
Isabel Ortega Carbajal	Capultitla, Magdalena
Marcos Sánchez	Tepetzingo, Magdalena
Pánfilo Mixcohua Morales	Tepetzingo, Magdalena
Julia Tequihuactle Cortez	Helicotla, Magdalena
Santos Tzitzihua Mixteco	Tepetzingo, Magdalena
José Roselino Xicalhua Flores	Ixpaluca, Zongolica
Leodegario Xicalhua Xochicale	Ixpaluca, Zongolica
Paula Tlehuactle Cuaquetzale	Ixpaluca, Zongolica
Rolando Tlehuactle Anastacio	Ixpaluca, Zongolica

Anexo 3. Entrevista semi-estructurada

Usos y recolección

¿Qué usos tienen estas plantas? Para cada parte de la planta: tronco, hojas, flores, semillas, raíces, etc.

¿Dónde la consigue-trae-cosecha?

¿Quién la trae-colecta-cosecha?, ¿Cada cuándo?, ¿En qué meses del año?

Abundancia

¿Qué tanto hay de esta planta en el monte? (Mucha, regular, poca)

Hace veinte años ¿cuánto había? (Mucha, regular, poca)

¿Cuál cree que sea la razón por la que hay menos?

¿Me podría decir de otra planta importante o muy útil para usted o su pueblo que ya no se encuentre tan fácilmente? ¿Por qué ha dejado de ser abundante?

Cambios en el paisaje y origen

¿Considera que el monte en su pueblo o municipio ha cambiado de lo que era antes, a lo que es ahora? ¿Qué es lo que cambió?

¿A qué cree que se debe ese cambio?, ¿Desde cuándo se dio ese cambio?

Anexo 4. Entrevista estructurada

Centro de Investigaciones Tropicales
Universidad Veracruzana
Entrevista sobre la presencia de árboles útiles de la Sierra de Zongolica

Lugar y fecha: _____
Nombre del entrevistado: _____ Edad: _____
Ocupación: _____ Sexo: F M

1.- ¿Conoce estos árboles? (Mostrar las fotografías de los árboles con los incisos) marcar con X

Especie	Sí	No	¿Con qué nombre lo conoce?
a) <i>Magnolia dealbata</i>			
b) <i>Q. sartorii</i>			
c) <i>Q. polymorpha</i>			
d) <i>Litsea glaucescens</i>			
e) <i>Juglans pyriformis</i>			
f) <i>Magnolia mexicana</i>			
g) <i>Ulmus mexicana</i>			

2.- ¿Se encuentran en su pueblo? *marcar con una X

Especie	Sí*	No*	¿En qué tipo de lugares crecen estos árboles?(cañadas, bosque, orillas de los ríos, etc.)
a) <i>Magnolia dealbata</i>			
b) <i>Q. sartorii</i>			
c) <i>Q. polymorpha</i>			
d) <i>Litsea glaucescens</i>			
e) <i>Juglans pyriformis</i>			
f) <i>Magnolia mexicana</i>			
g) <i>Ulmus mexicana</i>			

3.- ¿Por qué se mantienen estos árboles ?

Especie	Respuesta	¿Realizan alguna práctica o manejo para conservarlos? Sí (cuál) o No
a) <i>Magnolia dealbata</i>		
b) <i>Q. sartorii</i>		
c) <i>Q. polymorpha</i>		
d) <i>Litsea glaucescens</i>		
e) <i>Juglans pyriformis</i>		
f) <i>Magnolia mexicana</i>		
g) <i>Ulmus mexicana</i>		

Para la zona fría sólo se contemplarán las especies a), b), c) y d); para la zona templada todas las especies y para la zona cálida sólo las especies c), d), e), f) y g).

Anexo 5. Fichas técnicas de las especies arbóreas útiles de la Sierra de Zongolica.

Cedro nogal, nogal cimarrón

***Juglans pyriformis* Liebm**

Descripción taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Juglandales

Familia: Juglandaceae

Género: *Juglans*

Especie: *Juglans pyriformis*

Descripción de la especie

Árbol hasta de 25 m de altura, caducifolio, inerte, sin látex, con el tronco derecho, hasta de 90 cm de diámetro. Copa redondeada, dispersa, compuesta de ramas gruesas y ascendentes. Hojas compuestas imparipinnadas, raramente paripinnadas, lanceolados a oblongo-lanceolados, de 3.8 a 16.2 cm de largo, por 1.1 a 4.8 cm de ancho, con el margen entero o aserrulado¹. Las Flores son pequeñas, dispuestas en grupo formando una espiga². El fruto es una pseudodrupa globosa o subglobosa de 3.5 a 4.5 de diámetro, de color amarillo en la madurez.

Distribución y hábitat

El nogal es una especie endémica de México, se distribuye en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Hidalgo, Oaxaca y Chiapas^{1,2,3}. El rango altitudinal comprende entre los 1,200 y 1,450 metros sobre el nivel del mar¹.

Forma parte de los bosques mesófilos de montaña, en hábitats riparios o en laderas con pendiente^{1,3,4}. El árbol florece en los meses de febrero a marzo y los frutos maduran entre octubre y noviembre dependiendo de la localidad^{1,4}.

Estatus de protección

NOM 059-SEMARNAT⁵

Categoría: Amenazada (A)

IUCN Lista roja⁴

Categoría: En peligro (EN)

Importancia de la especie

La madera del cedro nogal está considerada como preciosa por su color veteado^{1,2}.

En la sierra se utiliza la madera para la construcción (tablas, vigas) aunque tarda mucho en secar ésta. Localmente es utilizada para la construcción de muebles finos así como de instrumentos musicales (voluta y mástil de violines), cruces y artesanías⁶.

La corteza, hojas y raíces tienen uso medicinal (para el crecimiento del cabello, para dar baños curativos y para elaborar tónicos). Las semillas son comestibles. Los frutos se utilizan también para teñir el cabello de negro y las mangas de color azul⁶.

En algunos lugares el árbol se utiliza para proporcionar sombra a las plantaciones de café^{1,6}, además se recomienda para la restauración del bosque mesófilo ya que las plántulas no tienen problemas de sobrevivencia¹.

Referencias

1. Niembro, R. A., Morato, I y Cuevas, J.A. 2004. Catálogo de frutos y semillas de árboles y arbustos de valor actual y potencial para el desarrollo forestal de Veracruz y Puebla. Instituto de Ecología, AC Reporte Final del proyecto CONACYT CONAFOR 2002 CO1-5741. Xalapa, Veracruz. México. Pp. 510-516.
2. Gutiérrez, C. L. y Dorantes, L. J. 2005. Especies forestales de uso tradicional del Estado de Veracruz: potencialidades de especies con uso tradicional del estado de Veracruz, con opción para establecer plantaciones forestales comerciales 2003-2004. Universidad Veracruzana. Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología. Pp 378.
3. Narave, F. H. 1983. Juglandaceae. Flora de Veracruz. Fascículo 31. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, México. Septiembre 1983. Pp. 21-25.
4. González, E. M., Meave, J. A., Lorea, H. F. G., Ibarra M. G., y Newton, A. C. 2011. The red list of Mexican cloud forest trees. Fauna and Flora International. Pp. 152.
5. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación / Diciembre 2010.
6. Entrevistas de campo.

Laurel, Tzakoko

Litsea glaucescens Kunth

Descripción taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: *Litsea*

Especie: *Litsea glaucescens*

Descripción de la especie

Árbol o arbusto de 0.5 a 10 m de altura, dioico¹. Hojas alternas a opuestas o subverticiladas, glabras o pubescentes. Las inflorescencias son solitarias o agrupadas en racimos cortos, axilares o en ramas áfilas muy cortas². Fruto esférico, de 8 a 10 mm de diámetro, negro en la madurez¹.

Distribución y hábitat

Se distribuye en México y Guatemala. En México se le encuentra en los estados de Aguascalientes, Durango, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz^{1,2,3}.

Su hábitat es extenso, puede encontrarse tanto en lugares húmedos y escarpados como los bosques mesófilos de montaña o en áreas menos húmedas y más expuestas como los bosques de pino o de matorral. Se encuentra en altitudes que van de 800 a 2,850 metros sobre el nivel del mar².

Florece de febrero a mayo y se ha recolectado con frutos maduros de agosto a septiembre¹.

Estatus de protección

NOM 059-SEMARNAT⁴

Categoría: Peligro de extinción (P)

IUCN Lista roja⁵

Categoría: Vulnerable (VU)

La deforestación, el cambio de uso de suelo, la explotación con fines comerciales y sin ningún manejo la han puesto en peligro de desaparecer².

Importancia de la especie

Esta especie tiene la capacidad para habitar diversos ambientes y se llega a encontrar en los huertos familiares y solares²(incluso como cerca viva).

Posee importancia por los múltiples usos que tiene su follaje: en rituales indígenas, usos ornamentales, medicinales y con fines culinarios^{3,6}.

Las hojas de esta especie (conocidas como "hojas de laurel") se recolectan y se comercializan ampliamente para su uso como condimento¹ y en especial en la elaboración de arreglos para las ceremonias católicas de Semana Santa, en especial el "Domingo de Ramos"^{3,6}.

Referencias

1. Henk V. D. W. y Lorea F. 1997. Lauraceae. Flora del bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 56. Octubre 1997. Pp. 26-31.
2. Luna V. M. 2003. *Litsea glaucescens*. Taxones del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental incluidos en la norma oficial mexicana. Herbario FCME, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W025. México. D.F.
3. Dávila F. C. A., Flores T. F. J., Morales D. F., Clark T. R. y Pérez M. B. E. 2011. Estatus poblacional y niveles de aprovechamiento del laurel silvestre (*Litsea glaucescens* Kunth) en Aguascalientes. Revista mexicana de ciencias forestales, 2(4), 47-59.
4. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación / Diciembre 2010.
5. González, E. M., Meave, J. A., Lorea, H. F. G., Ibarra M. G., y Newton, A. C. 2011. The red list of Mexican cloud forest trees. Fauna and Flora International. Pp. 152.
6. Entrevistas de campo

Eloxóchitl

Magnolia dealbata Zucc.

Descripción taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Magnoliales

Familia: Magnoliaceae

Género: *Magnolia*

Especie: *Magnolia dealbata*

Descripción de la especie

Árbol hasta de 15 m de altura, perennifolio, inerme, sin látex, tronco derecho, hasta de 40 cm de diámetro, sin contrafuertes. Copa alargada, densa, con ramas delgadas y ascendentes. Hojas simples, ovadas u oblanceoladas de 7 a 21 cm de largo por 3 a 9 cm de ancho, con el margen entero y el envés blanquecino^{1,2}. Las flores son blancas o color crema con frutos de aproximadamente 12 cm de longitud³.

Distribución y hábitat

Endémico de México, se distribuye en los estados de Oaxaca, Hidalgo, Querétaro, Nuevo León, San Luis Potosí y Veracruz^{1,2,4}.

Es una especie propia de los bosques de niebla. Crece en clima templado, prefiere suelos profundos, ricos en materia orgánica y húmeda. Se encuentra con frecuencia en pendientes de cerros y a las orillas de los ríos¹.

El rango altitudinal oscila entre los 1,400 y 2,000 metros sobre el nivel del mar¹.

El árbol florece en los meses de abril a junio y los frutos maduran entre agosto y noviembre dependiendo de la localidad¹.

Estatus de protección

NOM 059-SEMARNAT⁵

Categoría: Peligro de extinción (P)

IUCN Lista roja⁶

Categoría: En Peligro (EN)

Las poblaciones de esta especie han disminuido considerablemente debido a la destrucción de su hábitat, por efecto de la tala inmoderada y la ganadería extensiva².

Importancia de la especie

La madera de la *Magnolia* es utilizada para leña, elaboración de tablas, mangos para herramientas agrícolas¹ y en la sierra se utiliza para la construcción de viviendas aunque reconocen que no es muy buena esta madera⁷.

Esta especie es apreciada por sus usos ornamentales ya sea por la venta de las flores o para adornar los altares en la semana santa⁷.

Así mismo tiene usos en la medicina tradicional y restauración ecológica¹. Las flores y la corteza tienen propiedades medicinales para curar enfermedades del corazón¹. Algunas poblaciones indígenas utilizan los pétalos de las flores para preparar atole⁷.

Referencias

1. Niembro, R. A., Morato, I y Cuevas, J.A. 2004. Catálogo de frutos y semillas de árboles y arbustos de valor actual y potencial para el desarrollo forestal de Veracruz y Puebla. Instituto de Ecología, AC Reporte Final del proyecto CONACYT-CONAFOR-2002-CO1-5741. Xalapa, Veracruz. México. Pp. 510-516.
2. Luna, V. M. I. 2003. *Magnolia dealbata*. Taxones del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental incluidos en la norma oficial mexicana. Herbario FCME, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W025. México. D.F.
3. Cerda, H. M. A. 1980. Magnoliaceae. Flora de Veracruz, fascículo, 14, 1-10.
4. Velazco, M. C. G., Foroughbakhch, P. R., Alanís, F. G. J., y Alvarado, V. M. A. 2008. *Magnolia dealbata* en Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79, 459-463.
5. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación / Diciembre 2010.
6. González, E. M., Meave, J. A., Lorea, H. F. G., Ibarra M. G., y Newton, A. C. 2011. The red list of Mexican cloud forest trees. *Fauna and Flora International*. Pp. 152.
7. Entrevistas de campo.

Yoloxóchitl, Flor del corazón

Magnolia mexicana DC.

Descripción taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Magnoliales

Familia: Magnoliaceae

Género: *Magnolia*

Especie: *Magnolia mexicana*

Descripción de la especie

Árbol hasta de 30 m de altura, perennifolio, sin látex, con el tronco derecho, hasta de 1.3 m de diámetro, sin contrafuertes. Copa redondeada, densa y compacta, provista de ramas delgadas y ascendentes. Hojas simples, oblongas o elípticas, con el margen entero, coriáceas y brillantes de color verde oscuro por el haz y claro por el envés. Las flores son blancas, muy perfumadas, de pétalos gruesos y carnosos con estambres numerosos. El fruto es leñoso, con anillos rojos, de forma semejante a una chirimoya^{1,2}.

Distribución y hábitat

De manera natural se distribuye desde México hasta Guatemala y Honduras. Se distribuye en los estados de Chiapas, Guerrero, Morelos, Puebla y Veracruz¹.

Crece en clima tropical, en climas cálido y subcálido húmedos, prefiere suelos profundos, ricos y húmedos. Forma parte de los bosques tropicales perennifolios y bosques mesófilos de montaña. El rango altitudinal oscila entre los 450 y 1,500 metros sobre el nivel del mar¹.

El árbol florece en los meses de marzo a junio y los frutos maduran entre abril y mayo dependiendo de la localidad.

Se asocia a *Terminalia amazonia*, *Dialium guianense*, *Swuartzia cubensis*, *Guatteria anomala* y con *Ulmus mexicana*, *Tapirira macrophylla*, *Pseudolmedia oxziphyllaria* y numerosas Lauraceas³.

Estatus de protección

NOM 059-SEMARNAT⁴

Categoría: Especie amenazada (A)

IUCN Lista roja⁵

Categoría: Vulnerable (VU)

Es una especie vulnerable a los cambios en los ecosistemas donde habita ya que requieren ciertas condiciones para su sobrevivencia. Además el uso que se hace de la especie con fines medicinales, basado en el uso de las flores y frutos impide completar su ciclo reproductivo³.

La fragmentación de su hábitat, las actividades antropogénicas y los incendios la ponen en riesgo³.

Importancia de la especie

La madera es empleada localmente para la decoración de interiores y construcción de estantes¹. Se recomienda su uso en la fabricación de artesanías, cocinas integrales, muebles para hoteles, cajas para empaque de frutas y verduras, artículos torneados, mangos para herramientas y marcos para puertas y ventanas¹.

En la sierra, se emplea la madera para la construcción de viviendas (horcones, tablas)⁶.

El árbol tiene importancia ornamental para espacios abiertos como parques, glorietas y avenidas. Localmente es empleado como cerco vivo y para proporcionar sombra a las plantaciones de café¹.

Las aplicaciones medicinales del yoloxóchitl se remontan a la época prehispánica. La corteza, las hojas, las flores y las semillas son utilizados en la medicina tradicional para aliviar las afecciones del corazón, regular la presión arterial y para calmar los nervios^{1,6}.

En algunas zonas se utilizan los pétalos de las flores para preparar atole⁶.

Referencias

1. Niembro, R. A., Morato, I y Cuevas, J.A. 2004. Catálogo de frutos y semillas de árboles y arbustos de valor actual y potencial para el desarrollo forestal de Veracruz y Puebla. Instituto de Ecología, AC Reporte Final del proyecto CONACYT-CONAFOR-2002-CO1-5741. Xalapa, Veracruz. México. Pp. 851-858.
2. Bucay, J. W. 2002. Uso tradicional e investigación científica de *Talauma mexicana* (DC) Don., o flor del corazón. *Revista Mexicana de Cardiología*, 13(1).
3. Palacios, E. 2006. Ficha técnica de *Talauma mexicana*. Cuarenta y ocho especies de la flora de Chiapas incluidas en el PROY-NOM-059-ECOL-2000. Instituto de Historia Natural y Ecología. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W008. México. D.F.
4. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación / Diciembre 2010.
5. González, E. M., Meave, J. A., Lorea, H. F. G., Ibarra M. G., y Newton, A. C. 2011. The red list of Mexican cloud forest trees. *Fauna and Flora International*. Pp. 152.
6. Entrevistas de campo.

Encino, encino blanco, ahuatl

Quercus polymorpha Schltdl. et Cham

Descripción taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Fagaceae

Género: *Quercus*

Especie: *Quercus polymorpha*

Sinónimo: *Quercus petiolaris*

Descripción de la especie

Árbol de hasta 20 m de altura¹ aunque generalmente es más pequeño. Hojas con peciolo de 1.5 a 2 cm de largo; hojas maduras de 6.5 a 9 cm de largo y de 2.8 a 3.8 cm de ancho, ovadas, ovado lanceoladas o elípticas, coriáceas con margen entero. Frutos anuales, con pedúnculo de 1.8 mm de largo y de 1 a 2 mm de diámetro; la cúpula hemisférica tiene un diámetro de 1.5 cm y 0.7 cm de alto².

Distribución y hábitat

Se distribuye desde Estados Unidos hasta Guatemala^{1,3}. En nuestro país se distribuye en los estados de Chiapas, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. Es una de las especies de más amplia distribución en Latinoamérica^{2,3}.

Su hábitat es extenso en bosques de encinos, de coníferas y mixtos, así como ocasionalmente se le encuentra en bosques mesófilos y bosques tropicales perennifolios y caducifolios^{1,2,4}. En altitudes que comprenden los 700 a los 2450 metros^{1,2,3}.

Fructifica en enero².

Estatus de protección

IUCN Lista roja

Categoría: En peligro (EN)¹

Importancia de la especie

Esta especie es ampliamente utilizada por su madera como combustible (carbón y leña)¹.

En la sierra se utiliza la madera para la construcción de viviendas (horcones, polines, vigas), para durmientes, carrocerías y cabos de herramientas. En algunos lugares se utilizan las bellotas para la elaboración de artesanías o juguetes. La corteza es medicinal para los dientes⁵.

Referencias

1. González, E. M., Meave, J. A., Lorea, H. F. G., Ibarra M. G., y Newton, A. C. 2011. The red list of Mexican cloud forest trees. Fauna and Flora International. Pp. 152.
2. Vázquez V., L. 2000. Fagaceae Dumort. Flora del Valle de Tehuacán -Cuicatlán. Fascículo 28. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 39.
3. Valencia A., S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (75), 33-53.
4. Niembro R., A., Morato, I, y Cuevas S., J.A. (2004). Los principales tipos de vegetación arbórea de Veracruz y Puebla. En: Catálogo de frutos y semillas de árboles y arbustos de valor actual y potencial para el desarrollo forestal de Veracruz y Puebla. Instituto de Ecología, AC Reporte Final del proyecto CONACYT-CONAFOR-2002-CO1-5741. Xalapa, Veracruz. México. Pp. 9-50.
5. Entrevistas de campo.

Encino, Ahuapitzatl

Quercus sartorii Liebm.

Descripción taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Fagaceae

Género: *Quercus*

Especie: *Quercus sartorii*

Sinónimo: *Quercus huitamalcana*, *Quercus serra*, *Quercus xalapensis*.

Descripción de la especie

Árboles de 13 a 20 m de alto, caducifolios¹. Presenta lenticelas de color café en las ramas. Hojas elíptico-lanceoladas de 9 a 13 cm de largo y 2.5 cm de ancho con ápice agudo, base típicamente redondeada, margen con dientes aristados. La corteza es escamosa, de color gris o algunas veces café oscuro, con escamas gruesas, generalmente de tamaño y forma irregular; la corteza interna es de color rosa pálido. La bellota de ≤ 1.5 cm de largo con cúpula en forma turbinada y más o menos esférica^{2,3,4}.

Distribución y hábitat

Especie endémica de México. Se distribuye en los estados de Chiapas, Hidalgo, Nuevo León, San Luis Potosí, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tamaulipas y Veracruz^{1,5}.

Su hábitat comprende los bosques mesófilos así como en bosques húmedos de encino en altitudes de 1300 a 2000 m⁵.

Estatus de protección

IUCN Lista roja⁵

Categoría: En peligro (EN)⁵

Importancia de la especie

Se le utiliza como combustible: leña y para la elaboración de carbón, también se le utiliza de manera local para la construcción de viviendas (horcones, polines, tablas) y muebles rústicos. Asimismo, destacan sus usos medicinales para el crecimiento del cabello, para apostemas, golpes internos y para dar baños a las parturientas (las hojas y la corteza). Algunas personas utilizan las semillas para artesanías⁶.

Esta especie tiene potencial para la elaboración de muebles (salas, comedores, mesas y vitrinas), pisos, chapa, lambrín, canceles, plafones, gabinetes para máquinas de coser, partes de instrumentos musicales, cajas de empaque para material científico, molduras de puertas y ventanas, canillas, hormas para calzado, culatas para rifles y pistolas, mangos y cabos para herramientas sometidas y no sometidas a impacto³.

Referencias

1. Vázquez V., L. 2000. Fagaceae Dumort. Flora del Valle de Tehuacán -Cuicatlán. Fascículo 28. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 39.
2. Martínez C., D., Zavala-Chávez, F. y Terrazas, T. 2011. Estudio morfométrico de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* (Fagaceae). Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 551-568, 2011.
3. Corral L., G. (1981). Anatomía de la madera de siete especies del género *Quercus*. Bol. Tec. Inst. Nac. Invest. Forest. Mexico, (72), 55.
4. Martínez C., D., Terrazas, T., y Zavala C., F. (2003). *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* (FAGACEAE). Boletín de la Sociedad Botánica de México, (73), 63-72.
5. González, E. M., Meave, J. A., Lorea, H. F. G., Ibarra M. G., y Newton, A. C. 2011. The red list of Mexican cloud forest trees. Fauna and Flora International. Pp. 152.
6. Entrevistas de campo.

Cempoalebatl

Ulmus mexicana

Descripción taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Urticales

Familia: Ulmaceae

Género: *Ulmus*

Especie: *Ulmus mexicana*

Sinónimos: *Chaetoptelea mexicana*

Descripción de la especie

Árbol caducifolio que alcanza alturas de 50 m y diámetros de 2.5 m. Es inerme, sin látex, presenta contrafuertes. Son hermafroditas, tienen el tronco recto y la copa piramidal o redondeada, densa, compuesta de ramas gruesas y ascendentes^{1,2}. Hojas alternas, simples, ovadas, angostamente ovadas, ovado-oblongas o lanceoladas, de 3.5 a 10 cm de largo, por 1.5 a 4.5 cm de ancho, con el margen aserrado o biserrado^{1,2}.

Distribución y hábitat

Esta especie es originario de las regiones tropicales húmedas y subhúmedas de América, se distribuye desde el sureste de México hasta Panamá. En la República Mexicana habita en los estados de Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz^{1,2}.

El olmo forma parte los bosques tropicales perennifolios, bosques mesófilos de montaña y bosques de encino^{1,2}.

Su distribución altitudinal abarca desde los 200 a los 2,120 metros de elevación^{1,2}.

Florece durante febrero y marzo y los frutos maduran entre marzo y abril dependiendo de la localidad².

Estatus de protección

IUCN Lista roja

Categoría: En peligro (EN)³

Importancia de la especie

La madera del olmo es dura y pesada, localmente es empleada para la elaboración de tablas, muebles, artículos torneados, cajas de empaque y construcción de viviendas rurales^{1, 4}.

En algunos lugares es plantado como árbol de sombra, cerco vivo y ornamental por lo atractivo de su porte. Es un árbol con potencial para la restauración ecológica en áreas perturbadas de bosques mesófilos de montaña y contribuye a la regeneración de la cubierta vegetal¹.

Referencias

1. Niembro R., A., Morato, I, y Cuevas S., J.A. 2004. Catálogo de frutos y semillas de árboles y arbustos de valor actual y potencial para el desarrollo forestal de Veracruz y Puebla. Instituto de Ecología, AC Reporte Final del proyecto CONACYT CONAFOR 2002 CO1 5741. Xalapa, Veracruz. México. Pp. 906-911.
2. Niembro R., A., Vázquez T., M., y Sánchez, S. O. 2010. Árboles de Veracruz: 100 especies para la reforestación estratégica. Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana. Gobierno del Estado de Veracruz. Universidad Veracruzana, Pp 228-229.
3. González, E. M., Meave, J. A., Lorea, H. F. G., Ibarra M. G., y Newton, A. C. 2011. The red list of Mexican cloud forest trees. Fauna and Flora International. Pp. 152.
4. Entrevistas de campo