



**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES METALURGICAS

**Análisis del Cambio de cobertura y uso del suelo en la Reserva de la
Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz (1996- 2011)**

TESIS

que presenta

BIÓL. NAHUM EFRÉN GUZMÁN GARCÍA

Como requisito parcial para obtener el Grado de

**Maestro en Ciencias
Con especialidad en Geociencias y Planificación del Territorio**

Directora de Tesis: Dra. Erna Martha López Granados

Co-Director: Dr. Manuel E. Mendoza Cantú

Morelia, Michoacán, julio de 2013.



Contenido

ÍNDICE DE CUADROS.....	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	
Abreviaturas	
Resumen	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general	7
Objetivos específicos.....	7
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Cambio de cobertura y uso de suelo	8
2.2 Sistemas de Información Geográfica.....	10
2.3 Percepción Remota.....	11
3. ANTECEDENTES.....	16
3.1 Estudios en la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.....	18
4. ÁREA DE ESTUDIO	22
4.1 Geología.....	23
4.2 Geomorfología.....	26
4.3 Edafología.....	33
4.4 Hidrología.....	37
4.5 Clima.....	37
4.6 Tipos de vegetación	37
4.8 Fauna.....	40
4.7 Población	41
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
5.1 Materiales.....	42
5.2 Litología	44
5.3 Geomorfología.....	45
5.4 Edafología.....	45
5.5 Bases de datos vectoriales.....	45
5.6 Información socioeconómica	45
5.7 Métodos	46
5.8 Fusión y georeferenciación de imágenes satelitales.....	47
5.9 Interpretación visual de imágenes de satélite	47

5.11 Matrices y análisis del cambio de cobertura y uso del suelo en la RBLT	55
6. RESULTADOS	63
6.1 Análisis espacial del cambio de cobertura y uso del suelo	65
6.2 Matriz de probabilidad de transición y matriz de cambios para el periodo de 1996-2011 en la reserva.....	79
6.3 Procesos de cambio en la Reserva de la Biósfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.	86
6.4 Zonificación dela Reserva de la Biósfera de “Los Tuxtlas” 1996- 2011 y la cobertura y uso de suelo	93
6.5 Cobertura y uso del suelo (1996-2011) en los municipios de la ANP.....	96
7. DISCUSIÓN.....	100
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	102
Glosario	111
ANEXO:	116

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Áreas Naturales Protegidas en México Fuente: CONANP, 2012.	5
Cuadro 3.1. Riqueza de la biodiversidad del país comparada con Los Tuxtlas (CONANP, 2010)..	21
Cuadro 4.1. Frecuencia, superficie y porcentaje de las unidades de paisaje.....	28
Cuadro 4.2. Población total para los municipios que comparten la reserva de la biósfera.	41
Cuadro 5.1. Claves de las ortofotografías utilizadas para esta investigación.....	43
Cuadro 5.2. Claves de las imágenes SPOT utilizadas en la investigación.	44
Cuadro 5.3. Material digital utilizado en este trabajo Fuente: Elaboración propia.....	46
Cuadro 5.4. Leyenda detallada utilizada en esta investigación.	50
Cuadro 5.5. Leyenda generalizada de cobertura y uso de suelo.	51
Cuadro 5.6. Fuente: Pountius <i>et al.</i> , 2004.	57
Cuadro 6.1. Matriz de confusión de la interpretación de la cobertura y uso de suelo	64
Cuadro 6.2. Superficies y porcentajes de las categorías generalizadas.	65
Cuadro 6.3. Existencia de ganado vacuno por municipio en el año 1991 y 2007.	70
Cuadro 6.4. Unidades de paisaje, grupos de suelo y pastizales-cultivos.....	71
Cuadro 6.5. Unidades de paisaje, grupos de suelo y selva perennifolia	72
Cuadro 6.6. Unidades de paisaje, grupos de suelo y bosques.....	73
Cuadro 6.7. Unidades de paisaje, grupos de suelo y manglar	74
Cuadro 6.8. Unidades de paisaje, grupos de suelo y dunas costeras.....	75
Cuadro 6.9. Unidades de paisaje, grupos de suelo y áreas sin vegetación aparente	75
Cuadro 6.10. Unidades de paisaje, grupos de suelo y asentamientos humanos.....	78
Cuadro 6.11. Matriz de probabilidad de permanencia del año 1996 a 2011.	80
Cuadro 6.12. Matriz de flujo de la Reserva.....	80
Cuadro 6.13. Índice de persistencia.....	82
Cuadro 6.14. Resultados de la tabla cruzada con pérdidas ganancias para los periodos de 1996 y 2011 valores dados en hectáreas.	83
Cuadro 6.15. Porcentaje de la cobertura y uso del suelo, ganancias, pérdidas, cambio total, intercambio y cambio neto.	84
Cuadro 6.16. Tasa de cambio en la RBLT.....	85
Cuadro 6.17. Velocidad de cambio en la ANP.....	85
Cuadro 6.18. Matriz de procesos de cambio en la reserva	86
Cuadro 6.19. Procesos de cambio en la Reserva de la Biósfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.	88
Cuadro 6.20. Grado de marginación en la RBLT.....	90
Cuadro 6.21. Caracterización de las unidades de paisaje en la Reserva de la Biósfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz	92
Cuadro 6.22. Zonificación de la Reserva de la “Biósfera de “Los Tuxtlas” en el año 1996, los valores están dados en ha y porcentaje.	95
Cuadro 6.23. Zonificación de la Reserva de la “Biósfera de “Los Tuxtlas” en el año 2011, los valores están dados en ha y porcentaje	95
Cuadro 6.24. Cobertura y uso de suelo en municipios que comparten ANP en el año 1996 valores dados en ha.....	98
Cuadro 6.25. Cobertura y uso de suelo en parte de los municipios que comparten la RBLT, 2011, valores dados en ha y porcentaje.	99
Cuadro 6.26. Cobertura y uso de suelo año 1996 en la parte de los municipios que contienen la RBLT, valores dados en porcentajes.	119
Cuadro 6.27. Cobertura y uso de suelo en parte de los municipios que comparten la RBLT, 2011, valores dados en ha y porcentaje.	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Localización de la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.	22
Figura 4.2. Litología generalizada de la Reserva de la Biosfera “Los Tuxtlas”.	24
Figura 4.3. Mapa Complejo Volcánico de Los Tuxtlas, Garduño-Monroy, 1990	25
Figura 4.4. Unidades superiores del relieve de Los Tuxtlas. Elaborado por Mendoza 2012.	29
Figura 4.5. Tipos de relieve de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, elaborado por Mendoza, 2012.....	32
Figura 4.6. Tipos de suelo en la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”.	36
Figura 5.1. Ortofotografías de la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.	43
Figura 5.2. Imagen pancrómica	44
Figura 5.3. Imagen multiespectral.....	44
Figura 5.4. Categoría: Bosques	51
Figura 5.5. Categoría: Bosques	51
Figura 5.6. Subcategoría: Selva alta perennifolia	52
Figura 5.7. Subcategoría: Selva alta perennifolia	52
Figura 5.8. Subcategoría: Selva mediana perennifolia	52
Figura 5.9. Subcategoría: Selva mediana perennifolia	52
Figura 5.10. Categoría: Manglar	52
Figura 5.11. Categoría: Manglar	52
Figura 5.12. Subcategoría: Pastizal	53
Figura 5.13. Subcategoría: Pastizal	53
Figura 5.14. Subcategoría: Cultivos	53
Figura 5.15. Subcategoría: Cultivos	53
Figura 5.16. Categoría: Playas y dunas costeras	54
Figura 5.17. Categoría: Playas y dunas costeras	54
Figura 5.18. Categoría: Cuerpos de agua.....	54
Figura 5.19. Categoría: Cuerpos de agua.....	54
Figura 5.20. Categoría: áreas sin vegetación	54
Figura 5.21. Categoría: áreas sin vegetación	54
Figura 5.22. Categoría: Asentamientos humanos.....	55
Figura 5.23. Categoría: Asentamientos humanos.....	55
Figura 5.24. Metodología utilizada en esta investigación.	62
Figura 6.1. Comparación de la cobertura y uso del suelo de los años de 1996-2011 en la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.	65
Figura 6.2. Cobertura y uso de suelo del año 1996 en la RBLT.....	66
Figura 6.3. Cobertura y uso de suelo del año 2011 en la RBLT.....	67
Figura 6.4. Población dentro de la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.	77
Figura 6.5. Localidades dentro de la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.....	78
Figura 6.6. Porcentaje de los procesos de cambio en la RBLT.....	86
Figura 6.7. Procesos de cambio en la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz	89
Figura 6.8. Índice de marginación en la RBLT	91

Abreviaturas

ANP	Áreas Naturales Protegidas
CCUS	Cambios de cobertura y uso de suelo
CIGA	Centro de Investigación en Geografía Ambiental
CNES	Centro Nacional de Estudios Espaciales
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación
DOF	Diario Oficial de la Federación
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FMCN	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza
INE	Instituto Nacional de Ecología
INECOL	Instituto de Ecología A.C.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
MDE	Modelo Digital de Elevación
PROFEPA	Procuraduría de Protección al Ambiente
RBLT	Reserva de la Biósfera de "Los Tuxtlas"
RBMM	Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca
RMS	Error Medio Cuadrático
SAGARPA	Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
SEMAR	Secretaría de Marina
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIG	Sistemas de Información Geográfica
Spot	Sistema Probatorio de Observación de la Tierra o Satélite para la Observación de la Tierra
UNAM	Universidad Autónoma de México
WMS	Servicio de Mapas Web
WRB	World Reference Base for Soil Resources (Base Referencial mundial para recursos de suelos)

Resumen

La cobertura corresponde a cuerpos naturales o artificiales que cubren la superficie del suelo, por lo tanto pueden originarse de ambientes naturales como el resultado de la evolución ecológica (bosques, selvas, etc.) y antrópicos (presas, bordos). El uso de suelo resulta de las actividades productivas y asentamientos humano sobre la cobertura del suelo, las cuales satisfacen las necesidades materiales o espirituales del ser humano. En nuestro país el sistema de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) constituye un instrumento legal para salvaguardar los recursos naturales y culturales con miras al desarrollo sustentable. Una de las ANP más importantes de México es la Reserva de la Biósfera de “Los Tuxtlas” (RBLT), la cual fue creada en el año de 1998 en el estado de Veracruz. La Reserva presenta una extensión de 155,122 ha, con tres áreas núcleo (Volcán San Martín, Sierra Santa Marta y San Martín Pajapan) y su zona de amortiguamiento. Ciertas áreas de la RBLT han sido ampliamente estudiadas debido a su alta biodiversidad de flora y fauna. Sin embargo, los estudios se han realizado en escalas muy detalladas a nivel local, por lo que no existen investigaciones recientes que abarquen completamente a toda la reserva, por tal motivo, el objetivo de esta investigación es: caracterizar y analizar la distribución espacial de la cobertura y uso de suelo de los años 1996 y 2011 en la RBLT.

La digitalización e interpretación del año de 1996 se realizó con ortofotografías del INEGI con una resolución espacial de 2m por 2m por pixel y para el año 2011, se utilizaron imágenes fusionadas SPOT con una resolución espacial de 2.5m por 2.5m por pixel. Tanto la digitalización e interpretación de la cobertura y uso de suelo se realizaron en pantalla de computadora con una escala de despliegue de 1:11,000. La confianza en la interpretación se basó en la matriz de confusión, cuya exactitud global fue de 95.7%. Las categorías que más superficies presentaron fueron: los pastizales-cultivos con 53.7% en el año 1996 y 55.8% en el año 2011; la selva perennifolia 41.3% en 1996 y 39.1% en el año 2011. Los asentamientos humanos 0.3% en 1996 y 1.0% para el 2011. Las tres áreas núcleo más del 90% de su superficie son selva perennifolia. Las tasas de cambio anual en el periodo de estudio fueron: bosque de -0.97%, selva perennifolia-0.33% y el manglar de 0.19%. La velocidad de cambio se encuentra en ligeras para bosque, selva perennifolia y matorral.

Palabras clave: Cobertura y uso de suelo, teledetección, Reserva de la Biósfera “Los Tuxtlas”, Sistemas de Información Geográfica.

1. INTRODUCCIÓN

La población humana se apropia del 20 y 40% de la productividad primaria neta del planeta tierra, así mismo el tamaño de la población y sus patrones de consumo tienen una influencia directa en la transformación de los ecosistemas (Lambin *et al.*, 2001). La tasa, magnitud y extensión de las alteraciones humanas ha transformado sustancialmente el paisaje biofísico terrestre, especialmente en el último siglo, en una forma que no tiene precedente (Lambin *et al.*, 2001).

La cobertura son todos aquellos cuerpos naturales o artificiales que cubren la superficie del suelo, por lo tanto pueden originarse de ambientes naturales como el resultado de la evolución ecológica (bosques, selvas, etc.) o a partir de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre (cultivos, represas, ciudades) (López *et al.*, 2004). El uso del suelo resulta de las actividades productivas y asentamientos humanos que se desarrollan sobre la cobertura del suelo para satisfacer las necesidades materiales o espirituales. Las características del uso del suelo son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos (López *et al.*, 2004).

En décadas recientes el cambio de cobertura y uso suelo (CCUS) se ha convertido en un tema relevante a investigar al ser reconocido como el factor más importante del cambio global, los cuales, desempeñan un papel muy importante en los procesos actuales, se relacionan directamente con la seguridad en la producción de alimentos, la salud humana, la urbanización, la biodiversidad, la migración transfronteriza, los refugios ambientales, la calidad del agua y del suelo, la escorrentía, entre otros procesos (Lambin *et al.*, 2001; López *et al.*, 2004; Mas *et al.*, 2011; Rosete *et al.*, 2009).

Diversos autores afirman que ante la necesidad de realizar políticas ambientales efectivas se debe recurrir a todas las formas del conocimiento humano. Dentro de esta tendencia, hacia la integración de ciencias y disciplinas, presenta un creciente interés para la colaboración entre científicos de las áreas sociales, naturales y expertos en percepción remota para tener un mayor conocimiento de las causas y los procesos que permitan una interpretación profunda de los patrones del cambio de cobertura y uso del suelo (Mas y Flamenco, 2011).

La caracterización del estado actual de la cobertura y uso de suelo (CUS) es un elemento esencial en el proceso de planificación para el desarrollo del territorio, esto debido a que se considera un indicador clave para cuantificar el capital natural de un territorio. Además de que es parte del insumo base para realizar el análisis de procesos de cambio, mismos que se transforman en indicadores de la tendencia que tienen los cambios en el territorio, tanto biofísicos como sociales (Mathews, 2008).

Las condiciones socio-ambientales que influyen los procesos de CCUS son aún poco conocidos (Mas *et al.*, 2010). El monitoreo del CCUS no explica las causas que provocan los cambios de cobertura, es necesario en la actualidad encontrar la relación del cambio con las variables biofísicas y socioeconómicas que lo producen, siendo este tema de importancia crítica para el planeta (Lambin *et al.*, 2001).

Desde una perspectiva espacial, las interrelaciones en el sistema humano-ambiente-biofísico funcionan a múltiples escalas, en donde los factores endógenos y exógenos que las conforman pueden ser dependientes de ellas (López-Velázquez *et al.*, 2007). En estudios recientes se han integrado, tanto análisis de imágenes de satélite de alta resolución, como entrevistas de campo a niveles más locales con esto se pretende entender mejor los procesos que llevan a la deforestación y a los cambios en la complejidad del paisaje (Evangelista-Oliva *et al.*, 2010; Lara, 2010).

A nivel mundial no existen suficientes estudios a nivel semi-detallado sobre CCUS debido a los costos para realizar este tipo de estudios. En México, la elaboración de dichos estudios, es difícil, debido a su enorme superficie, es un reto poder contar con insumos de la resolución espacial adecuada, dado que por un lado una escala muy pequeña como 1:1,000,000, no es posible representar y analizar de procesos locales sobre la dinámica de CUS, por otro lado, a una escala grande, como 1:50,000 resultaría muy costoso mantener la base de datos actualizada, es por ello, que la selección de un área de estudio, a menudo depende de la preocupación conjunta de investigadores, población y gobierno local para estudiar un recurso específico (López-Vázquez *et al.*, 2009; Mas y Velázquez 2009; Pérez Damián, 2012).

De acuerdo a la FAO, (2012) en el planeta existían alrededor de 1,172 millones de ha de selvas tropicales de las cuales el 56% estaba en América, el 26% en Asia y 19% en África. En el mundo se pierden 21 ha/minuto de las selvas tropicales, generando una pérdida anual de 11 millones de hectáreas. En Latinoamérica para finales del siglo XX, los bosques y selvas tuvieron una reducción del 53% de la cobertura original, principalmente: Brasil, México y Costa Rica son quienes contribuyen con el 33% del total estimado (Dirzo *et al.*, 2009).

De acuerdo a Dirzo *et al.*, (2009) las selvas ocupan 7% de la superficie total terrestre y albergan más de la mitad de las especies del planeta. A pesar de que cuenta con gran proporción de la biodiversidad, presenta las mayores tasas de deforestación y fragmentación a nivel global y nacional. Los factores que causan la destrucción de las selvas son: la deforestación que convierte las áreas en potreros para la ganadería extensiva, la apertura de terrenos agrícolas y en menor escala, la explotación forestal comercial masiva como consecuencia la fragmentación de los hábitats naturales (Guevara *et al.*, 2010). Uno de los principales problemas ambientales de México es la deforestación, que ha llegado a alcanzar hasta 1.5 millones de hectáreas por año (Velázquez *et al.*, 2001). Esta pérdida de vegetación se presenta incluso dentro de las ANP como la reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca (Ramírez y Zubieta, 2005).

Diversos autores (Paré *et al.*, 2004; Dirzo *et al.*, 2009; Guevara *et al.*, 2010) coinciden en señalar que la deforestación en nuestro país comenzó en el periodo colonial (siglos XVI y XVII), pero tuvo su auge en la década de los años sesenta del siglo XX debido en gran parte a los proyectos de desarrollo, así como los grandes subsidios para la ganadería extensiva, esto propicio una fuerte conversión de las áreas forestales, ocupada por la ganadería en un poco más del 60% del área del país, los terrenos agrícolas un 14% adicional. La deforestación continuó durante la década de 1980 en buena medida por la crisis económica y la profunda pobreza rural, como consecuencia, surgen paisajes altamente modificados (paisajes antropizados o agrosistemas).

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son zonas del territorio nacional sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas o restauradas (PROFEPA, 2012). Las ANP se crean mediante decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento, así como en los Programas de Conservación y Manejo y del Ordenamiento Ecológico (CONANP, 2013). La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), es el órgano desconcentrado de la Secretaría Medio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), encargado de la Administración de las Área Naturales Protegidas.

En México el sistema de ANP representa una estrategia para la conservación de la biodiversidad de los bienes y servicios ecológicos. Constituyen la posibilidad de reconciliar la integridad de los ecosistemas que no reconocen fronteras político-administrativos, con instituciones y mecanismos de manejo fundamentado en la legislación. Las ANP son en cierta forma, unidades productivas estratégicas generadoras de una corriente vital de bienes sociales y patrimoniales que deben de ser reconocidos y valorizados (CONANP, 2011; PROFEPA, 2012; SEMARNAT, 2012).

Una de las categorías del sistema nacional de ANP lo constituyen las Reservas de la Biosfera, las cuales se consideran áreas donde los objetivos de conservación de la biodiversidad y los recursos naturales se han de hacer compatibles con el desarrollo sustentable de la población que vive en dichas áreas y en sus zonas de influencia (CONANP, 2011). Tomando en cuenta que las ANP son creadas para garantizar la conservación de los recursos naturales y culturales (CONANP, 2012), se ha discutido la efectividad de los decretos de protección oficial en la conservación y algunos autores opinan que puede representar estrategias exitosas para evitar la pérdida de bosques (Bruner *et al.*, 2001), otros autores consideran que las amenazas pueden incrementarse después de los decretos (Paré *et al.*, 2004; Ramírez y Zubieta, 2005).

De acuerdo a la CONANP, (2012) en México existen decretadas 174 Áreas Naturales Protegidas de carácter federal que abarcan una superficie de 25,384,818 de hectáreas, lo que representa el 12.9 % del territorio nacional.

Número de ANP	Categoría	Superficie en hectáreas	Porcentaje de la superficie del territorio nacional
41	Reservas de la Biósfera	12,652,787	6.44
67	Parques Nacionales	1,482,489	0.75
5	Monumentos Naturales	16,268	0.01
8	Áreas de Protección de Recursos Naturales	4,440,078	2.26
35	Áreas de Protección de Flora y Fauna	6,646,942	3.38
18	Santuarios	146,254	0.07
174		25,384,818	12.92

Cuadro 1.1. Áreas Naturales Protegidas en México Fuente: CONANP, 2012.

Históricamente la región de los Tuxtlas ha estado impactada por la intensa actividad humana, la cual comenzó con el proceso de colonización de los Olmecas

hace aproximadamente 1,500 años (Guevara *et al.*, 2010). En el año 1522 los españoles llegan a la zona, pero fue hasta mediados de la década de los años cuarenta que se insertan en los asentamientos locales, acelerando la transformación de la región. Actualmente los asentamientos humanos son tanto urbanos como rurales, siendo las principales actividades económicas las agrícolas y ganaderas (Paré *et al.*, 2004; Guevara *et al.*, 2006; Guevara *et al.*, 2010; INEGI, 2011).

Debido a la intensa actividad humana, el paisaje en la región de los Tuxtlas es altamente fragmentado, dominado por grandes extensiones de pastizales dedicados a la ganadería extensiva (Dirzo y García, 1992; Dirzo *et al.*, 2009; García-Aguirre *et al.*, 2010).

La investigación que se desarrolla a continuación consta de siete secciones: La primera corresponde a la introducción; en donde se describe la información básica de la cobertura y uso de suelo, además de las Áreas Naturales Protegidas en México. Se presentan los objetivos de esta investigación, así como la importancia de este tipo de estudios. En la segunda sección se desarrolla el marco teórico de la tesis; además de los conceptos relacionados a la cobertura y uso de suelo, la utilización de la Percepción Remota y de los Sistemas de Información Geográfica. La sección de antecedentes provee ejemplos de estudios realizados en algunas ANP en el país, además de investigaciones dentro el área de estudio en los últimos años.

La sección de área de estudio presenta consideraciones sobre la geología, geomorfología, edafología y aspectos poblacionales del área de estudio. En la sección cinco se describen los materiales y métodos utilizados en la investigación para la fusión, corrección, digitalización e interpretación visual, así como la elaboración de matrices de cambio. En la sección de resultados y discusión se presenta la descripción, análisis y discusión de los resultados, comenzando por el análisis espacial en la reserva en 1996 y 2011; el análisis de la matriz de probabilidad de transición; los procesos de cambio de la reserva en el periodo de estudio; la zonificación de la reserva con la cobertura y uso de suelo y la cobertura

que se encuentra en cada municipio que comparten la reserva. En el capítulo final se darán conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

Justificación

La reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas presenta una alta biodiversidad en especies de flora y fauna del país. Es importante realizar el análisis de CUS debido a que son los principales modeladores del paisaje y están relacionados con la pérdida de biodiversidad, permiten observar y cuantificar los cambios en la cobertura vegetal a través de diferentes periodos, estos estudios son realizados con un trabajo multidisciplinario y son fundamentales para una buena planificación del territorio. No existen trabajos actuales sobre la cobertura y uso de suelo y menos aún sobre el CCUS de los años 1996-2011 que abarquen toda el área de la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, la información resultante en este estudio se pretende sea un instrumento de apoyo para los tomadores de decisiones en la zona y a la población en general que lo requiera. Esta investigación contribuye a la comprensión del papel de una reserva en el contexto de la secuencia del cambio de uso del suelo.

Objetivo general:

- Analizar la distribución espacial de la cobertura y uso de suelo para los años 1996-2011, en la Reserva de la Biosfera “Los Tuxtlas”, Veracruz, México.

Objetivos específicos:

- Identificar el patrón de la cobertura y uso del suelo en la zona de estudio para los años 1996-2011.
- Determinar los patrones de los procesos de cambio sucedidos en los últimos 15 años en la Reserva de la Biosfera.
- Evaluar las tasas de cambio en dichos periodos por unidad de paisaje tanto en las tres zonas núcleo como en la zona de amortiguamiento.

2. MARCO TEÓRICO

El análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo se basa en el uso intensivo de técnicas de percepción remota (PR) y los sistemas de información geográfica (SIG) permitiendo delimitar, cuantificar, analizar, modelar espacialmente y temporalmente los cambios que ocurren a lo largo del tiempo.

2.1 Cambio de cobertura y uso de suelo

El ser humano, desde que surgió como especie dominante ha transformado los sistemas naturales. Ha habido una tendencia tradicional a suponer el progreso social y económico está asociado invariablemente con la creciente urbanización y el desarrollo de las ciudades en él. La conversión humana de los hábitats naturales es la causa más grande de pérdida de diversidad biológica, funciones ecológicas, así como de alteraciones del ciclo hidrológico (Lambin *et al.*, 2001).

El balance entre hábitat natural y el paisaje humano podría determinar el futuro de la conservación de la diversidad biológica en grandes áreas del planeta. Por lo tanto es importante cartografiar y cuantificar el grado de conversión humana del hábitat natural al perturbado o dominado por el hombre (Luna, 2011). El acelerado avance de la tecnología geoespacial, principalmente la PR y los SIG; en su conjunto permiten realizar una serie de aplicaciones computarizadas las cuales ayudan en el estudio de diversos problemas de índole socio-territoriales relacionados con el CUS (Reyes *et al.*, 2005).

Con la ayuda de los anteriores mencionados y a las diversas características físicas espaciales de la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas” es evidente la necesidad de recurrir a la tecnología de los SIG y la PR enfocados al estudio de CUS mediante la incorporación de técnicas, instrumentos de cómputo modernos y equipos de percepción remota, así como la incorporación de versiones recientes de SIG y procesadores de imágenes de satélite, herramientas indispensables para aplicar la PR en forma eficiente y oportuna.

Los CCUS son el resultado de una compleja interacción entre los seres humanos y el ambiente. Estos cambios afectan a una amplia gama de escalas espaciales y temporales. Su comprensión y sus fuerzas sociales son vitales para la comprensión, modelización y predicción de los cambios locales, regionales y globales (López-Granados, 2004). Los estudios de CCUS proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de degradación de suelo, deforestación, desertificación y la pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Lambin *et al.*, 2001)

Caracterizar el CCUS de un área, así como sus cambios espaciotemporales en relación con las actividades humanas es fundamental para predecir la dinámica de los componentes del paisaje. Proporcionan un marco de referencia para el estudio de la sucesión dinámica del ecosistema, así como para el diseño de las políticas y estrategias de planificación para el manejo sostenible de los recursos naturales. Permiten entender las causas y consecuencias de las tendencias de los procesos de degradación, desertificación, disminución de la biodiversidad y en general la pérdida del capital natural y cultural. Así, desde una perspectiva puramente académica resulta obvio la relevancia de las bases de datos de CCUS para documentar los procesos antes descritos (Mas y Velázquez, 2009; Dupuy-Rada *et al.*, 2012).

Los estudios sobre CUS han madurado en diferentes aspectos desde los teóricos, metodológicos a los instrumentales. Además, la investigación interdisciplinaria está ganando más importancia en este campo (Mas *et al.*, 2009). Los CCUS son ampliamente distribuidos en el paisaje, incluyen tantas alteraciones causados por las actividades humanas, como los que suceden por procesos naturales. Sin embargo, los mayores CCUS han sido inducidos por las sociedad humanas y solo una mínima parte es producto de acciones naturales, tales como huracanes, incendios y erupciones volcánicas, entre otros (Bocco *et al.*, 2003).

La biodiversidad del planeta está cambiando a tasas sin precedentes como una respuesta compleja a muchos cambios inducidos por el hombre. Estas tasas son cientos o miles de veces mayores que los niveles existentes antes de la aparición del hombre (García-Aguirre *et al.*, 2010). La causa más severa de los cambios en la biodiversidad global, es el CCUS en los trópicos, la transformación más notable del hábitat ha ocurrido durante la segunda mitad del siglo XX (FAO, 2012). La modificación de uso de suelo debido a las actividades humanas ha provocado una pérdida generalizada de la biodiversidad mundial, desencadenando procesos de degradación ambiental y ha contribuido de manera significativa al cambio climático (Velázquez *et al.*, 2002).

2.2 Sistemas de Información Geográfica

Un SIG es un conjunto de programas de computación que permiten el acopio, manipulación y transformación de datos espaciales (mapas, imágenes de satélite) y no espaciales (atributos) provenientes de varias fuentes temporal y espacialmente diferentes. Los SIG fueron desarrollados en los años setentas promovidos por el advenimiento de las computadoras. Una importante cantidad de estudios sobre el estudio CCUS se basan en herramientas de SIG (Chuvieco, 2001; Bocco *et al.*, 2003; Lambin, 2004).

A través del tiempo se ha ido ampliando el concepto de SIG, por ejemplo, Berry (1996) lo definió como un sistema informático diseñado para el manejo, análisis y cartografía de información espacial (Luna, 2011). Los tipos de datos geográficos que se pueden crear y manipular pueden ser abióticos (rocas, formas del relieve y suelo); bióticos (flora y fauna); socioeconómicos (capital demográfico, producción, circulación y consumo de bienes); culturales (cosmovisión comunitaria, toponimia, etnoconocimientos). Gran parte de estos datos existen en formato digital (mapas, censos, encuestas) y otros son creados por la comunidad, donde generalmente se recurre a técnicas de interpretación de fotografías aéreas y/o imágenes de satélite (Rosete *et al.*, 2009).

Rosete y Bocco, (2003) reconocen cuatro elementos de los cuales está integrado el SIG: 1) el módulo de entrada de datos (selección y captura); 2) el módulo de manejo de datos (almacenamiento, recuperación, base de datos geográficos); 3) módulo de análisis de datos (modelamiento, reglas o normas de análisis, monitoreo) y 4) el módulo de salida de la información (productos generados, intermedios o finales)

Los SIG son importantes debido a que integran datos espaciales y no espaciales en un sistema simple el cual ofrece un marco consistente para el análisis de los datos geográficos (Reyes *et al.*, 2005). Su objetivo general es generar información válida para la toma de decisiones. Mientras que sus objetivos particulares, son manejar bases de datos grandes y heterogéneas referenciadas geográficamente, interrogar a las bases de datos sobre la existencia de ciertos fenómenos (que sucede, en donde y cuando), permitir la interacción en forma flexible del sistema y el intérprete, incrementar el conocimiento sobre el fenómeno estudiado e implementar modelos sobre su comportamiento (Rosete *et al.*, 2011).

La modelación de los CCUS en un sistema de información Geográfica (SIG) permite identificar las áreas más susceptibles de sufrir cambios, ayudar en la comprensión de los procesos que llevan a los cambios y realizar proyecciones basadas en diferentes escenarios (Lambin *et al.*, 2001; Mas *et al.*, 2010).

2.3 Percepción Remota

La percepción remota (PR) es la técnica que permite obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno bajo investigación (Chuvieco, 2001). El objetivo de la PR es obtener información cualitativa y cuantitativa de la radiación electromagnética reflejada o emitida por la superficie terrestre y con ella es posible analizar los CCUS, el relieve y paisajes a diferentes escalas (López-Granados, 2004). Los estudios de la superficie de la tierra utilizando técnicas de percepción remota suponen el registro de la radiación electromagnética reflejada o emitida por la superficie terrestre mediante sensores a larga distancia.

Los productos de la percepción remota son: las fotografías aéreas, las imágenes de satélite y las imágenes de radar, entre otras (Rosete *et al.*, 2003). El método general de la percepción remota consta de cinco componentes principales: la energía, la fuente de radiación, el blanco sobre el cual incide la radiación, el sensor y la vía de transmisión. La fuente de radiación más importante y de la cual se derivan las radiaciones más utilizadas en la percepción remota es el sol (Rosete *et al.*, 2003).

De acuerdo con Chuvieco *et al.*, (2001) los productos de PR tienen cuatro tipos de resolución:

Resolución espacial: es la distancia mínima entre dos objetos, de tal manera que el sensor los pueda separar como objetos distintos (tamaño de celda). Se refiere al objeto más pequeño que puede distinguirse como unidad independiente y es representada por el tamaño de un pixel (celda).

Resolución espectral: es el ancho del espectro electromagnético medido y el número de canales empleados, es decir, el número y ancho de las bandas espectrales registradas por el sensor.

Resolución radiométrica: es la sensibilidad del sensor para diferenciar una señal, es decir, qué partes del espectro electromagnético registra, su capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe.

Resolución temporal: es el lapso mínimo comprendido entre la toma de dos imágenes de una misma zona, esto es, la periodicidad con la que el sensor adquiere imágenes del mismo punto de la superficie terrestre.

Por ello es muy importante la experiencia y el conocimiento del intérprete sobre el área (Bocco *et al.*, 2003).

Adicionalmente cualquier imagen adquirida por un sensor remoto, ya sea fotografía aérea o imagen de satélite, presenta una serie de alteraciones geométricas debidas a varios factores. Esto se explica porque la imagen detectada no coincide exactamente con la posición, forma y tamaño de los objetos

(Velázquez *et al.*, 2002). Estas imágenes presentan errores sistemáticos (rotación de la tierra durante la adquisición de la imagen, la curvatura de la tierra, excesivo campo de visión) y los no sistemáticos (variaciones en la altitud y velocidad del satélite, averías del sensor y pérdidas de propiedades) son las principales anomalías que presentan las imágenes adquiridas.

Para la eliminación de estos errores o alteraciones detectados sobre las imágenes, se debe proceder a la corrección geométrica, mediante el proceso conocido como rectificación de Imágenes (Chuvienco *et al.*, 2001). La corrección geométrica es el proceso de ubicar datos en un plano de acuerdo con un sistema de proyección: es decir la imagen original tomada por el sensor definida en un sistema local donde la localización de cada pixel queda determinada por su situación en filas y columnas y cuando se aplica la corrección por medio de Puntos de Control Terrestre (GCP) ajusta esta imagen a un nuevo espacio de referencia, donde cada pixel tiene asignado el valor X Y que le corresponde en un sistema de proyección cartográfica determinada (Chuvienco *et al.*, 2001).

La cantidad de puntos de control necesarios para una buena rectificación depende del relieve del área y del grado de precisión requerido, los puntos deben de ser ampliamente distribuidos en toda la imagen y no solo en un cierto lugar. La tolerancia máxima de error debe de ser menor a un pixel a su resolución espacial de la imagen (Velázquez *et al.*, 2001; Velázquez *et al.*, 2002).

El Error Medio Cuadrático (RMS) es la distancia entre la posición de un punto de control en el origen (imagen original) y su posición transformada (imagen referenciada). El residual de la regresión es la diferencia entre el valor estimado y el real, para cada una de las observaciones empleadas en el proceso. Cuando más grande sea ese valor, el ajuste entre las variables es menor, se considera que la corrección geométrica de una imagen es correcta cuando el valor RMS es menor que la resolución de la imagen en cuestión (Chuvienco *et al.*, 2001).

En el análisis visual de las imágenes se consideran diferentes criterios de identificación los cuales ayudan al interprete a reconocer los elementos que se van a identificar como lo son el tono, el color, la textura, la forma, el tamaño, patrones y la localización (Luna, 2011). Victoria-Hernández *et al.*, (2010) para mostrar los diferentes tipos de cobertura y uso del suelo recomienda escalas de despliegue en pantalla mayores de 1:25,000 para planificar actividades de manejo de recursos naturales.

En los últimos años el número de investigaciones del CCUS basados en imágenes de satélite han crecido de manera exponencial, siendo la teledetección un instrumento práctico para el monitoreo de los recursos naturales (Mas *et al.*, 2007). Una de las aportaciones de la teledetección al estudio del ambiente es su capacidad para seguir procesos dinámicos. Los estudios multitemporales permiten prevenir y evaluar una amplia gama de fenómenos que pueden ser utilizados en los procesos de planificación (López -Vázquez *et al.*, 2009).

Los estudios de CCUS basados en el procesamiento digital de imágenes de satélite han permitido identificar, monitorear y cuantificar a escala global, regional y local los grandes procesos de cambio y son considerados como una fuente de información de la superficie terrestre, convirtiéndose en una herramienta importante para el reconocimiento de la cobertura vegetal (Velázquez *et al.*, 2002; Mas *et al.*, 2009).

La sobreposición cartográfica es una de las técnicas más poderosas en el modelamiento espacial, la cual está basada en la relación espacial denominada coincidencia espacial. Esta permite identificar, por un lado las características que describen a alguna porción del suelo, es decir con ella se puede caracterizar al paisaje. Sin embargo, la importancia es mayor cuando los datos productos de la sobreposición permiten monitorear cambios a lo largo del tiempo, de tal manera que sea posible definir tasas de cambio de procesos o fenómenos de carácter geográfico. Tal es caso del CCUS y crecimiento de las ciudades (López-Granados, 1999).

Las coberturas arbóreas y arbustivas y sus condiciones primarias y secundarias se agregan, y su dinámica de cambio se describe en un modelo. En éste se enfatiza la probabilidad de cambio de cualquiera de estas categorías hacia las cubiertas antropogénicas. A este cambio se le denomina *proceso de deforestación*, es un indicador de presión sobre los recursos forestales y resulta un elemento esencial en la evaluación y diagnóstico del comportamiento de otras variables ambientales (clima, suelos, hidrología, entre otras) y socioeconómicas (crecimiento demográfico, densidad de población, actividades económicas, entre otras) asociadas. Se ha considerado a la vegetación como uno de los indicadores más importantes de las condiciones del territorio, y no sólo del clima, suelo y agua sino también de las influencias antrópicas recibidas. El análisis de los cambios producidos a la cobertura vegetal (deforestación, degradación, revegetación, etc.), considerando básicamente aquéllos ocasionados por las actividades antrópicas, es un elemento fundamental en la caracterización del paisaje y el soporte de las comunidades faunísticas (Palacio-Prieto *et al.*, 2004).

3. ANTECEDENTES

Actualmente existe un gran interés en cartografiar y monitorear la distribución de los cambios en el paisaje a escalas locales, regionales y globales, siendo un hecho que los científicos, políticos y manejadores ambientales tienen grandes expectativas hacia los cambios ocurridos en el paisaje en dos o más periodos diferentes de tiempo (Fuller, *et al.*, 2003). Por tal motivo en los últimos años se han incrementado los estudios ligados al CCUS, se han tratado de integrar las ciencias naturales y sociales apoyadas por herramientas de teledetección (fotografías aéreas, imágenes de satélite, etc.), así como la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (Chuvieco, 2002; Mas y Flamenco, 2010).

A continuación se darán algunos ejemplos de estudios realizados sobre CCUS en los últimos años en diferentes lugares de la República Mexicana, los cuales forman parte de los antecedentes para la realización de esta investigación.

Díaz Gallegos *et al.*, (2001) realizan una investigación en comunidades rurales del estado de Yucatán comparando la selva en los años de 1970-1995, en donde la selva presentó una pérdida de 1,244 ha (26.3%), con una tasa de cambio de 5%. en este sentido, la tasa de cambio, comparada con Chamela, Jalisco (3.8%) y la cuenca del Usumacinta en la selva Lacandona (4.5%).

Algunos estudiosos se han enfocado al análisis de la tasa de deforestación principalmente en ANP donde el recurso es significativo, como el trabajo de Santana *et al.*, (2005), en la Reserva de la Biosfera del Nevado de Toluca, comparación de CUS en los periodos de 1972-2000; sus resultados indican que el bosque de pino denso disminuyó un 41.15% y el bosque de latifoliadas semidenso disminuyó un 18%. Ramírez *et al.*, (2005), realizaron un estudio en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM), la cual presenta diversos problemas, como elevadas tasas de deforestación y degradación, además de conflictos en el uso del suelo y tenencia de la tierra.

Se cuentan con estudios en comunidades indígenas como el de Dupuy Rada *et al.*, (2007), que analizaron el CUS en dos comunidades rurales en el noreste de Quintana Roo y encontraron que el principal proceso de cambio fue la deforestación, debido a la disponibilidad de selvas para usos agropecuarios así como el fomento por parte de programas federales para la ganadería. Evangelista-Oliva (2009), analizó la dinámica del CCUS en un área cafetalera en la Sierra Norte de Puebla, detectó que el 41.6% de la zona sufrió cambios. Los principales tipos de cambio fueron de pastizal (cultivado e inducido) o agricultura anual a cafetales con sombra; asimismo el proceso de CCUS está relacionado directamente con la problemática del café; la pobreza reflejada en condiciones de alta y muy marginación en los municipios que producen dicho cultivo, bajos ingresos, desigualdad en la distribución de los apoyos gubernamentales, entre otras, (Robles Berlanga, 2011).

Estudios relacionados al turismo como Mendoza Gonzales (2009) y Seingier *et al.*, (2009) coinciden que el turismo afecta las zonas costeras, lo que ha provocado el deterioro de importantes partes de espacios con cubiertas vegetales, algunas de ellas tienden a desaparecer en el corto plazo como el popal-tular, el palmar, la vegetación de galería y halófila.

Arriaga *et al.*,(2009) elaboraron el análisis de CCUS en la región del Cabo ubicada en el estado de Baja California Sur, las diversas actividades socioeconómicas y los asentamientos humanos han provocado la modificación de estos ambientes alterando y degradando las coberturas vegetales. Las actividades que tienen mayor impacto espacial y temporal, han sido el desmonte, la pérdida de vegetación y suelo como resultado de actividades productivas (agricultura, turismo, ganadería).

3.1 Estudios en la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.

La región de los Tuxtlas posee una enorme biodiversidad; esto se debe a su ubicación geográfica en medio de la planicie costera, a la amplitud de su gradiente altimétrico, al terreno escarpado y su posición respecto a los vientos húmedos provenientes del Golfo de México, en consecuencia se pueden identificar hasta nueve tipos de vegetación (CONANP, 2010).

La Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas es una de las más estudiadas en trabajos locales en América Latina, pero también es una de las áreas protegidas donde mejor se ha documentado los procesos de deforestación de las selvas tropicales (Dirzo *et al.*, 2009), específicamente en la porción correspondiente al macizo volcánico de San Martín Tuxtla. Dirzo y García, (1992) realizan un estudio en la parte norte de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas y reportan que entre los años de 1967 a 1987 la selva disminuyó en 56%, lo que implica que el total de la selva original se redujo a un 44% hacia finales de ese año.

De acuerdo a los trabajos de Mendoza *et al.*, (2005) y Dirzo *et al.*, (2009), la fragmentación en la parte norte de la región de Los Tuxtlas inicia en la década de los años cuarenta, cuando se insertan en los asentamientos las etnias locales, acelerando la transformación de la región. Las partes bajas, está dominado por grandes extensiones de pastizales dedicados a la ganadería extensiva. Esto a pesar de múltiples estudios y trabajos de investigación por instituciones académicas nacionales y extranjeras, programas gubernamentales de desarrollo social para la región, no se ha podido detener el avance de la deforestación, tráfico de especies silvestres y contaminación de cuerpos de agua entre otras (Paré *et al.*, 2006; García-Aguirre *et al.*, 2010).

El estado de Veracruz de Ignacio de la Llave es uno de los principales estados que tiene mayor producción ganadera en el país (SAGARPA, 2012), por lo que es igual su impacto en el ambiente (Guevara *et al.*, 2010). De acuerdo a González-Sierra (1991) el impacto ganadero comenzó en la época Colonial, cuando las primeras vacas llegaron a Veracruz, principal entrada de productos durante esta época.

En las primeras encomiendas localizadas en las cercanías de la ciudad de Santiago Tuxtla se criaron varios hatos ganaderos, a los españoles se les daba concesiones de más 1,755 ha para el ganado. Las encomiendas estaban dedicadas a la crianza de ganado y al cultivo de caña de azúcar, a finales del siglo XVI la ganadería tomo importancia y gran parte del ganado se dejaba libre en la selva (Guevara *et al.*, 2010).

En la segunda mitad del siglo XIX comenzó a utilizarse las cercas para separar a los cultivos del ganado y se lleva a cabo la introducción de los primeros forrajes con esto las actividades pecuarias empezaron a ganar terreno en la selva; tanto por la cría de ganado como el cultivo de forraje y granos que demandaron más terreno (Guevara *et al.*, 2010). En el siglo XX especialmente en la década de 1960 distintos acontecimientos en el ámbito nacional hicieron que el estado de Veracruz fuera una fuente de alimentación para el país. El florecimiento de la industria petrolera en Minatitlán y Coatzacoalcos con ello se formaron centros de población y nuevos mercados para el ganado y los productos agrícolas, ocurriendo desplazamientos poblacionales al estado de Veracruz y grandes extensiones fueron convertidas en ejidos y propiedad privada, la inmigración poblacional propició el origen de nuevos asentamientos en la región de los Tuxtlas.

La nueva población que se asentaba en la región carecía de una cultura de preservación forestal, de esta forma surge un concepto agrario que ha prevalecido en los ejidos del país. En ese momento cultural al ejidatario que quería conservar el monte, se le aplicaba la ley de la tierra ociosa, perdiendo de su propiedad la tierra selvática o boscosa con la cual había sido beneficiado mediante el reparto agrario (Paré *et al.*, 2006). La política agraria produjo un cambio masivo en el uso del suelo apoyado por la recién formada Comisión Nacional de Desmontes y fomentada por una carencia de cultura forestal y desprecio de todo lo que fuera prácticas y sistemas de manejo tradicional de los grupos indígenas (Guevara *et al.*, 2010).

Entre los años de 1972 y 1977 con el apoyo de la Comisión Nacional de Desmontes se cortaron más de 400,000 ha de selva húmeda en todo el país (Toledo *et al.*, 1988). Entre 1970 y 1977, aumentaron los créditos de bancos nacionales e internacionales para la ganadería (como World Bank, Interamerican Development Bank, entre otros). La actividad ganadera en México se consolidó y superó los niveles de otros países de América Latina (Toledo *et al.*, 1988).

A final de la década de 1970, muchos ejidatarios y campesinos convirtieron al menos una parte de sus tierras agrícolas en potreros, actividad que aumentó en la década siguiente (Paré *et al.*, 2006). Este apoyo monetario nacional e internacional explica las enormes cantidades de carne que fueron exportadas a Estados Unidos que continuó hasta la década de 1980, los créditos fueron destinados a apoyar la actividad ganadera, favoreciendo a propietarios de grandes superficies de tierra y caciques (González-Montagut, 1999).

La ganadería en la región de los años de 1960 a 1990 aumentó más de 180% (SEMARNAP, 1997). La producción en propiedad ejidal es de 77.1% mientras el 20.4% es propiedad privada, el tipo de ganadería extensiva es el predominante en la zona y este tipo de manejo solo permite mantener dos cabezas de ganado por hectárea en las partes bajas y una cabeza de ganado en la montaña (SEMARNAP, 1997; INE, 1997). En la década de los sesenta y setenta el estado de Veracruz era uno de los mayores productores de maíz en la República Mexicana pero en el año de 1984 se convirtió en el estado con mayor producción de ganado vacuno en el país (Guevara *et al.*, 2010).

Los trabajos de Paré, (2000); Paré y Fuentes, (2004); Paré y García, (2006) han sido realizados con las comunidades campesinas en la Sierra Santa Marta, reconociendo que no basta con un decreto para conservar los recursos naturales sino que es necesario más trabajo de concientización y apoyo para las comunidades que ahí habitan, además hay evidencias en estas zonas donde los pueblos indígenas y comunidades campesinas conservan la biodiversidad.

Esta región se caracteriza por su riqueza natural; la cual es un mosaico de paisajes que van desde áreas bien conservadas en las zonas núcleo, hasta aquellas completamente modificadas, como los grandes potreros y las áreas de cultivo en la zona de amortiguamiento. Su cercanía con el Golfo de México, su accidentada topografía, la elevada precipitación y su variedad de suelos, han dado lugar a una amplia biodiversidad de especies animales y vegetales (CONANP, 2012) (Cuadro 3.1.).

Biodiversidad			
Especies	País	Los Tuxtlas	%
Flora	23,702	2,697	10.06
Anfibios	290	46	15.86
Reptiles	704	120	17.04
Aves	1,054	565	53.22
Mamíferos	491	139	28.3
Insectos	-	1,117	-

Cuadro 3.1. Riqueza de la biodiversidad del país comparada con Los Tuxtlas (CONANP, 2010).

4. ÁREA DE ESTUDIO

El nombre “Los Tuxtlas” viene del vocablo náhuatl “toxtli” (conejo). La reserva de la Biosfera “Los Tuxtlas” (RBLT), se encuentra ubicada en la parte centro-sur del Estado de Veracruz, aproximadamente a una hora y media de la ciudad y puerto de Veracruz. Se llega por la Carretera Federal No. 180 Panamericana, tramo Veracruz – Coatzacoalcos (DOF, 1998; INEGI, 2010).

El 23 de noviembre de 1998 se lleva a cabo el DECRETO de formación de la reserva por el Presidente de la República Ernesto Zedillo Ponce de León, por el cual se declara área natural protegida con carácter de reserva de la biósfera la región denominada Los Tuxtlas, ubicada en los municipios de Ángel R. Cabada, Santiago Tuxtla, San Andrés Tuxtla, Catemaco, Sotepan, Mecayapan, Tatahuicapan de Juárez y Pajapan. Sus coordenadas geográficas son: Latitud 18°42'36"- 18°03'00" N longitud 95°25'48"- 94°32'12" W, las alturas van de 0-1780 msnm (DOF, 1998; CONANP, 2006; INEGI, 2010).

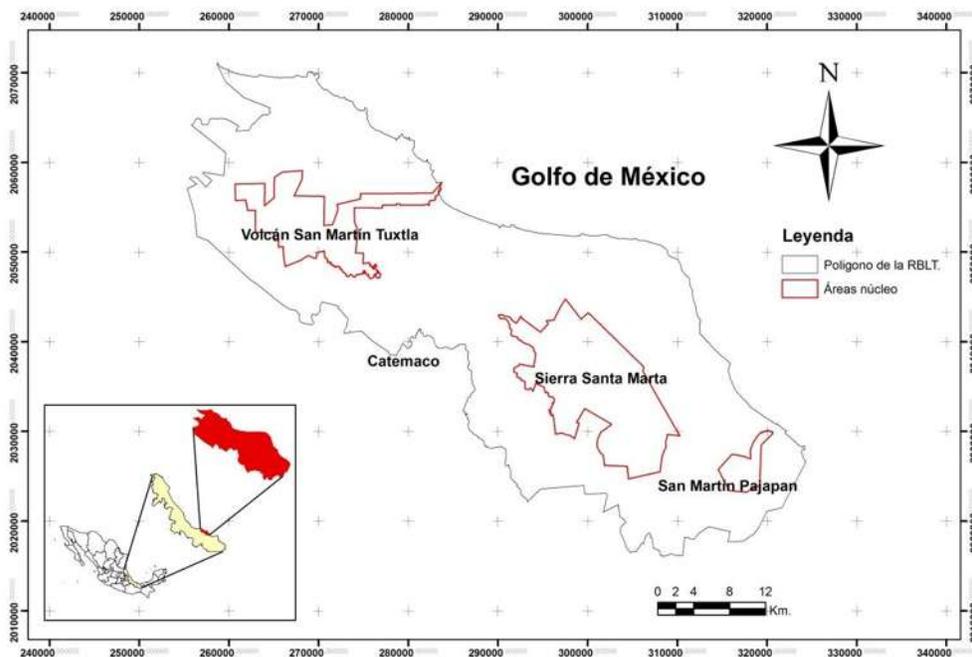


Figura 4.1. Localización de la Reserva de la Biósfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz. Los polígonos en rojo representan tres áreas núcleo de la reserva. Fuente: Elaboración propia.

La superficie de la RBLT es de 155,122 ha, e incluye tres zonas núcleo: El Volcán de San Martín Pajapan con 1,883 ha, el Volcán Santa Marta con 18,031 ha y el Volcán San Martín Tuxtla con 9,805 ha. La Zona de amortiguamiento cubre 125,401 ha (DOF, 1998; INE, 2006; CONANP, 2010).

4.1 Geología

Los Tuxtlas está conformada por un macizo volcánico de 80 km de largo, por 18 km de ancho con dirección noreste-sureste, cubriendo una superficie total de 4,432 km² (INECOL, 1993). En Los Tuxtlas sobresalen siete grandes volcanes que son: el Volcán de Sierra de Santa Marta o Sierra de Sotapan (1,700 msnm), San Martín Tuxtla (1,680 msnm), El Campanario (1,540 msnm), El Cerro Platanillo (1,550 msnm), Mono Blanco (1,380 msnm), Bastonal-Yohualtápan (1,640 msnm) y el Volcán San Martín Pajapan (1,250 msnm) y aproximadamente otros 300 conos volcánicos de composición basáltica, con una orientación noroeste-sureste) (INE, 1993; INECOL, 1998; Pallares-Trujillo, *et al.*; 1998; Geissert *et al.*, 2004).

De acuerdo a algunos autores, Los Tuxtlas constituyen el extremo oriental del sistema volcánico transversal, pero están aislados de otros sistemas montañosos y sus prominencias volcánicas marcan un fuerte contraste morfológico con las extensas planicies costeras que lo rodean (Mayer, 1962; Guevara *et al.*, 2004; Plan de manejo RBLT, 2006; García *et al.*, 2010).

A fines del Mioceno se retiran los mares definitivamente, iniciándose el periodo de erosión (Mayer, 1962). A partir de entonces se registra una intensa volcánica dividida en dos fases; la más antigua ocurrió entre el Plio-Pleistoceno y el Pleistoceno medio, los depósitos volcánicos principalmente basaltos y andesitas de este periodo se encuentran actualmente fuertemente intemperizadas y se observan en el sureste de la sierra de Santa Marta, así como al sur y suroeste del Lago de Catemaco. La secuencia más joven se forma desde el Pleistoceno tardío al presente y sus depósitos consisten en lavas y cenizas volcánicas provenientes del volcán San Martín Tuxtla, cuyas erupciones más recientes se registraron en 1664 y 1793 (Mayer, 1962; Guevara *et al.*, 2010; Plan de manejo RBLT, 2006; García *et al.*, 2010).

Las rocas ígneas (basaltos y andesitas) y cenizas volcánicas cubren la mayor parte del área aunque existen escasos afloramientos de sedimentos marinos del Terciario (Geissert *et al.*, 2004).

Garduño-Monroy (1990), realizó el mapa “Complejo Volcánico de Los Tuxtlas” en donde reconocieron más de 19 unidades geológicas, dominando la zona el vulcanismo monogenético básico en la parte norte el cual provienen las coladas de lava del Volcán San Martín Tuxtla; el vulcanismo andesítico en la Sierra Santa Marta y en el Volcán San Martín Pajapan principalmente (Figura 4.3). Este mapa se generalizó para la litología de la RBLT (Figura 4.2).

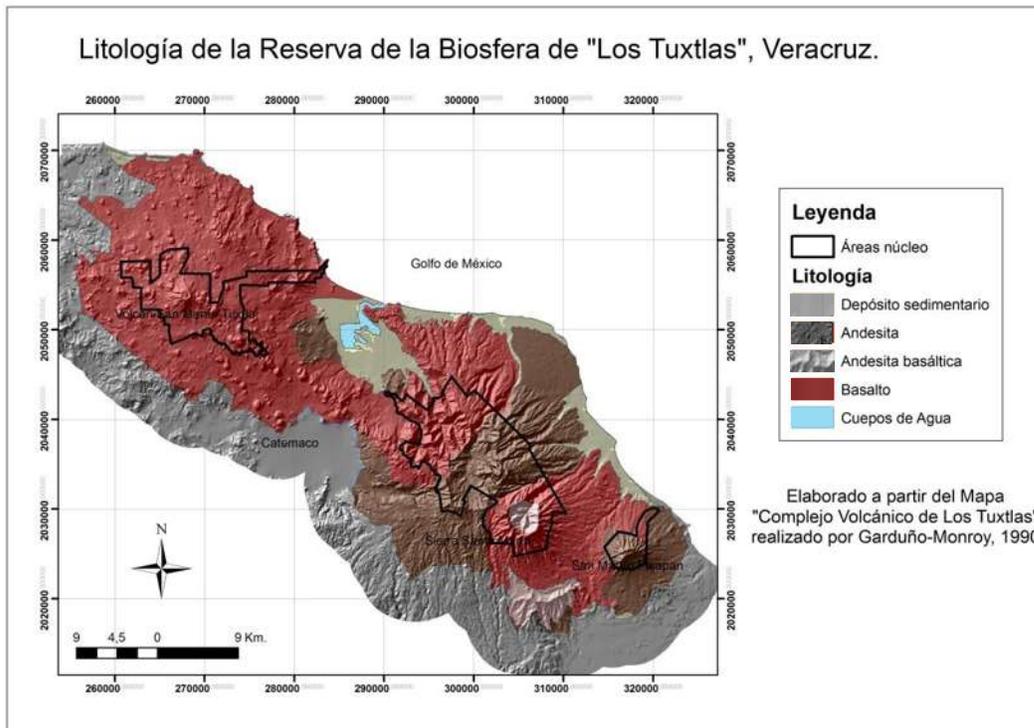
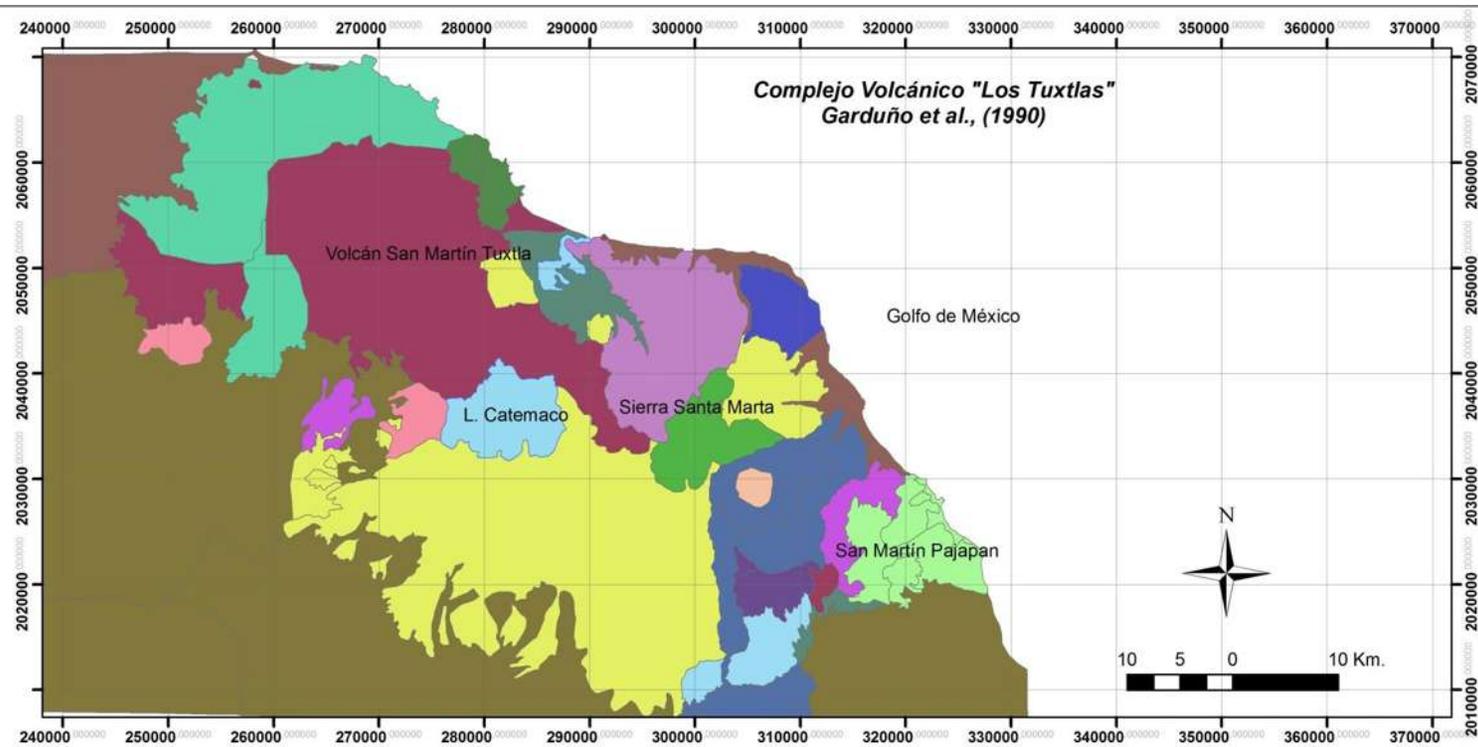


Figura 4.2. Litología generalizada de la Reserva de la Biosfera “Los Tuxtlas”. Elaborado por Garduño-Monroy, 1990.



Leyenda

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Depósito sedimentario del Cuaternario; Píamonte Depósito sedimentario del Cuaternario; Playa Vulcanismo monogenético básico del Volcán San Martín Vulcanismo del Cuaternario andesítico basáltico Vulcanismo andesítico basáltico y vulcanismo explosivo del Volcán Cerro San Martín y Piedra Labrada (coladas epiclastita y depósitos de calda) Vulcanismo basáltico tipo meseta de la base del Volcán San Martín (colada, producto de caída, epiclastita) Vulcanismo basáltico tipo meseta de la base del Volcán San Martín (coladas y productos de caída, epiclastitas) Vulcanismo basáltico de la Caldera Yohualtapan (coladas, epiclastita y productos de calda) Vulcanismo basáltico andesítico de la Caldera Piedra Labrada | <ul style="list-style-type: none"> Vulcanismo andesítico basáltico del Cordon Pelón (coladas, diques y epiclastita) Vulcanismo andesítico con lava porfídica de Mecayapan (coladas, productos de caída y sedimentos lacustres, flujos epiclasticos y dique) Vulcanismo andesítico con productos de flujo de la Caldera Azufrera Vulcanismo andesítico de La Caldera La Azufrera (colada y productos de calda) Vulcanismo andesítico tipo meseta con lava porfídica de La Azufrera (coladas, productos de calda, epiclastitas, flujos y diques) Vulcanismo basáltico porfídico del Volcán Cerro del Vigía Vulcanismo monogenético basáltico del Monte Pio (coladas y diques) Rocas sedimentarias tipo turbidítico del Mioceno Superior Cuepos de Agua |
|---|--|

Figura 4.3. Mapa Complejo Volcánico de Los Tuxtlas. Elaborado por Garduño-Monroy, 1990.

4.2 Geomorfología

Los Tuxtlas se reconocen como una cordillera cuya formación inicia en el Oligoceno; los plegamientos de rocas y la intensa actividad volcánica presente desde sus orígenes, influyeron en la formación de diferentes estructuras, lo que demuestra su alta complejidad. Así se encuentran volcanes, cerros, acantilados y lagos (Geissert *et al.*, 2004). En algunos sitios aún se pueden observar manifestaciones termales de origen magmático, tal es el caso de los manantiales térmicos y aguas minerales hacia el oeste de la región. Aunado a esto, en la actualidad existe también deposición de sedimentos de origen aluvial, palustre y litoral, sobre todo en las cercanías de los lagos y a todo lo largo de la franja costera (Geissert *et al.*, 2004)

Los rasgos geológicos muestran que la región de Los Tuxtlas se encuentra en la provincia morfotectónica de la planicie costera del Golfo de México y la actividad volcánica que le dio origen se inició en el Mioceno. Los indicios más recientes de actividad volcánica provienen de la erupción del Volcán San Martín Tuxtla, en 1664, aunque en 1793 y 1829 se menciona la formación de fumarolas y emisiones de cenizas (DOF, 1998; Geissert, *et al.*, 2006; Plan de manejo RBLT; 2006).

La erupción del año 1793 fue descrita por Don José Mariano Moziño un naturalista en la comisión del virrey de la Nueva España; Espíndola *et al.*, (2011) identificaron un depósito de cenizas relacionado con esta erupción, asignaron su distribución y determinaron su actividad con explosiones freatomagmáticas explosivas, que fueron seguidas por una actividad estromboliana, este periodo comienza en marzo de 1793. La actividad efusiva duró aproximadamente dos años (Espíndola *et al.*, 2011).

La interpretación de la geomorfología de la reserva fue realizada por Mendoza, (2012), se encuentra conformada por siete clases de relieve (cuadro 4.1). Las colinas se ubican principalmente en la parte noreste de la reserva, con una cubren el 48.1%; las montañas se encuentran en la parte centro principalmente en la Sierra Santa Marta y en las áreas núcleo de la RBLT, cubren una porción del 22.6%; el piedemonte se encuentra en la parte norte y sur de la RBLT, con un 13.2%; las planicies se ubican en zonas costeras y en la parte de la Laguna de Sontecomapan.

Las unidades de paisaje que fueron diferenciadas en la realización de este estudio se basan principalmente en las unidades de relieve de las cuales se derivan las unidades de paisaje. La caracterización integral de las unidades del paisaje se presenta en el cuadro 6.7. A continuación se describirán las unidades superiores de relieve presentes en la RBLT (figura 4.5):

Montaña: Es una elevación natural de la superficie terrestre con respecto a las porciones contiguas, escabrosa, profundamente disectada, caracterizada por alturas importantes con relación a las unidades de paisaje circundantes (externas) de posiciones más bajas (p.e. planicies, piedemontes); importante disección interna, generando una neta energía de relieve entre las áreas montañosas y los valles intercalados (Zinck, 2012), dentro de la RBLT se localizan en las tres áreas núcleo las cuales van de alturas de 700-1400 msnm y se encuentran en un rango de pendientes de los 11° a 58° estos últimos en las cimas de los volcanes San Martin Tuxtla, Santa Marta y San Martin Pajapan.

Piedemonte: es una superficie marginal inclinada al pie de las unidades de paisaje más elevadas (p.e. altiplanicie, montaña). Su composición interna está asociada a la depositación de materiales volcánicos, como derrames de lava y avalanchas (Lugo-Hubp, 2011). En la RBLT se encuentra desde los 60 a los 550 msnm y pendientes de 2° a 7°.

Lomeríos: porción de terreno que se origina por la disección de una planicie inclinada (piedemonte) o por la nivelación de montañas, caracterizada por una repetición de colinas redondas o lomas alargadas, con cumbres a alturas variables, separadas por una red hidrográfica moderadamente densa y vallecitos coluvio-aluviales (Zinck, 2012) se encuentra de los 50 a los 500 msnm y en pendientes que van de 5° a los 25°.

Colinas: elevación natural de poca altura (no supera los 200m) desde la base hasta la cima, con laderas suaves, alargada, con una base fácil de delimitar menor que una montaña, se localizan desde los 60 a los 600 msnm, con pendientes superiores a 3° y menores a 20°.

Planicie: Extensión de la superficie terrestre de cualquier dimensión equivalente a un plano horizontal o de poca inclinación del terreno que tiene el mismo nivel en todas sus partes se encuentran dentro de la RBLT desde los 10 a los 500msnm, y su pendiente inferior a 3°, amplitud, en general menor a 100m dependiendo su magnitud.

Unidades de paisaje	Frecuencia	Superficie ha.	%
Montañas	47	42,701.2	26.3
Lomeríos	12	8422,4	5.1
Piedemonte	20	25,710.2	15.8
Colinas	193	62,630.3	38.6
Planicies	21	14,232.6	8.8
Cuerpos de agua	3	8,511	5.0

Cuadro 4.1. Frecuencia, superficie y porcentaje de las unidades de paisaje.

Unidades superiores de relieve de la Reserva de la Biósfera de "Los Tuxtlas", Veracruz.

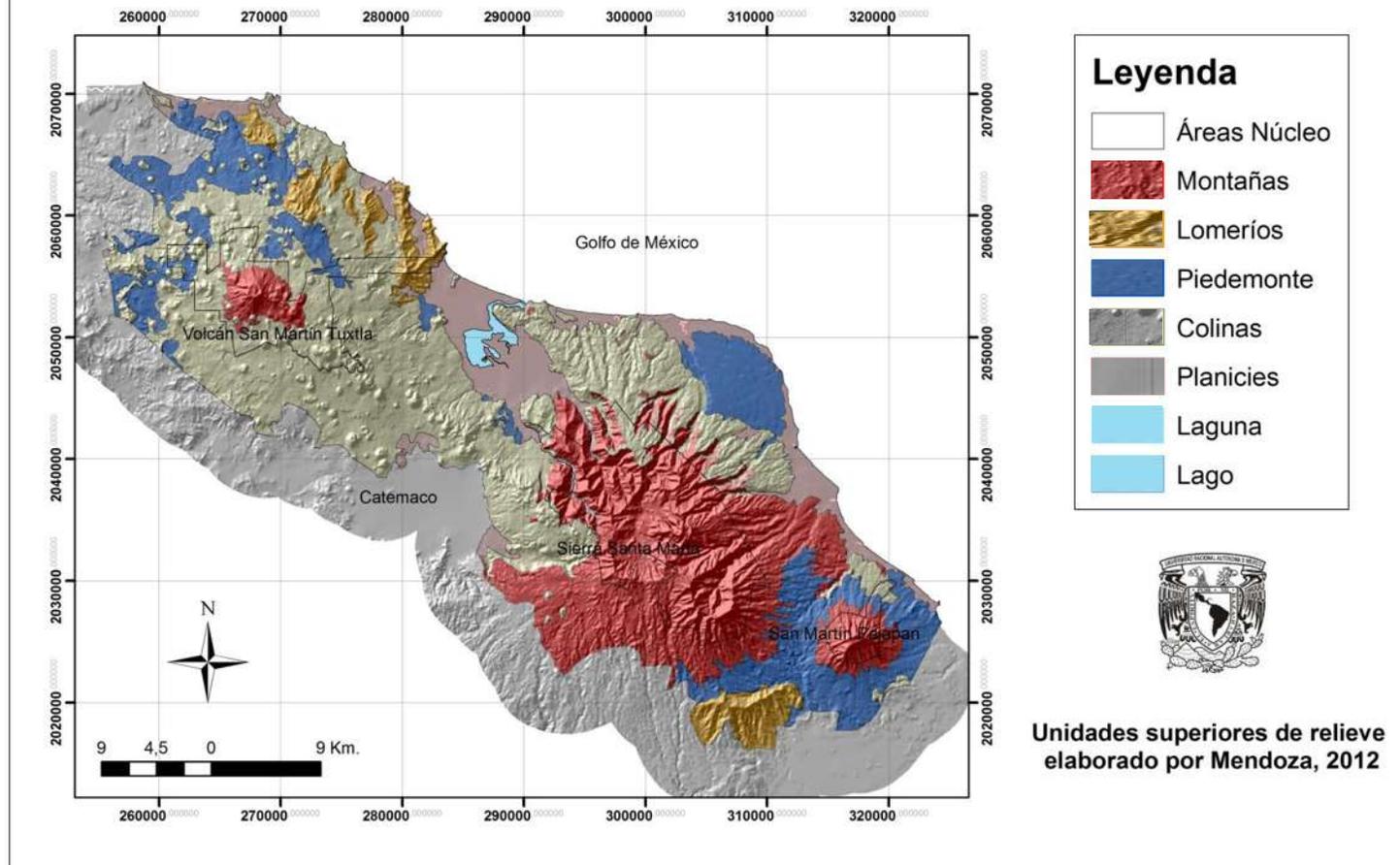


Figura 4.4. Unidades superiores del relieve de Los Tuxtlas. Elaborado por Mendoza, 2012.

Unidades inferiores de relieve o también llamados tipos de relieve, en la zona de estudio son:

Conos volcánicos: es el lugar por donde salen a la superficie los materiales volcánicos en forma de lava o piroclastos provenientes de las cámaras magmáticas el cual se forma por la acumulación del material volcánico alrededor de la chimenea (Lugo-Hubp, 2011).

Superficie cumbral: porción nivelada del relieve situada en las montañas y las planicies, de génesis diversa (erosiva o acumulativa) (Lugo-Hubp, 2011).

Ladera escarpada: porción inclinada de la superficie terrestre que delimita formas positivas o negativas (Lugo-Hubp, 2011). Las laderas se localizan de los 800-1300 msnm principalmente al sur de la RBLT en los volcanes de Sierra Santa Marta y San Martín Pajapan sus pendientes mayores son de 40° y menores a 50°.

Laderas inclinadas: se encuentran en pendientes de 10° y menores a 40°

Laderas suaves: estas laderas presentan pendientes menores a 10°.

Laderas muy suaves: tienen pendientes menores a 5°.

Piedemonte inferior regular: se localiza en la parte oeste de la RBLT, sus pendientes van desde 1° hasta los 5°.

Piedemonte inferior irregular: se localiza principalmente en la parte norte de la reserva su pendiente va de 1 a 7 grados.

Rampa piedemonte: superficie inclinada en menor a 15° dentro de la RBLT.

Planicie: es una porción de la superficie terrestre de cualquier dimensión, equivalente a un plano horizontal o de poca inclinación (Lugo-Hubp, 2011), se localiza principalmente en la zona costera y en los márgenes de la Laguna de Sontecomapan sus pendientes son menores a los 4°.

Lago: depresión del suelo producida por diversos procesos geológicos, colmatados de agua más o menos tranquilas. Las formas y extensiones de los lagos son muy variadas dependiendo de la estructura geológica precedente o erosionada, del tipo de roca, de los procesos geológicos desarrollados en el lugar, (Lugo-Hubp, 2011), en la RBLT se presenta en pendientes menores a 1°

Laguna: es un cuerpo de agua, natural, somero, separado del mar por franjas de bancos costeros, barras, o unión de estas con estrechos (Lugo-Hubp, 2011), dentro de la reserva se encuentra la Laguna de Sontecomapan con pendientes de 0°.

Tipos de relieve de la Reserva de la Biosfera de "Los Tuxtlas", Veracruz.

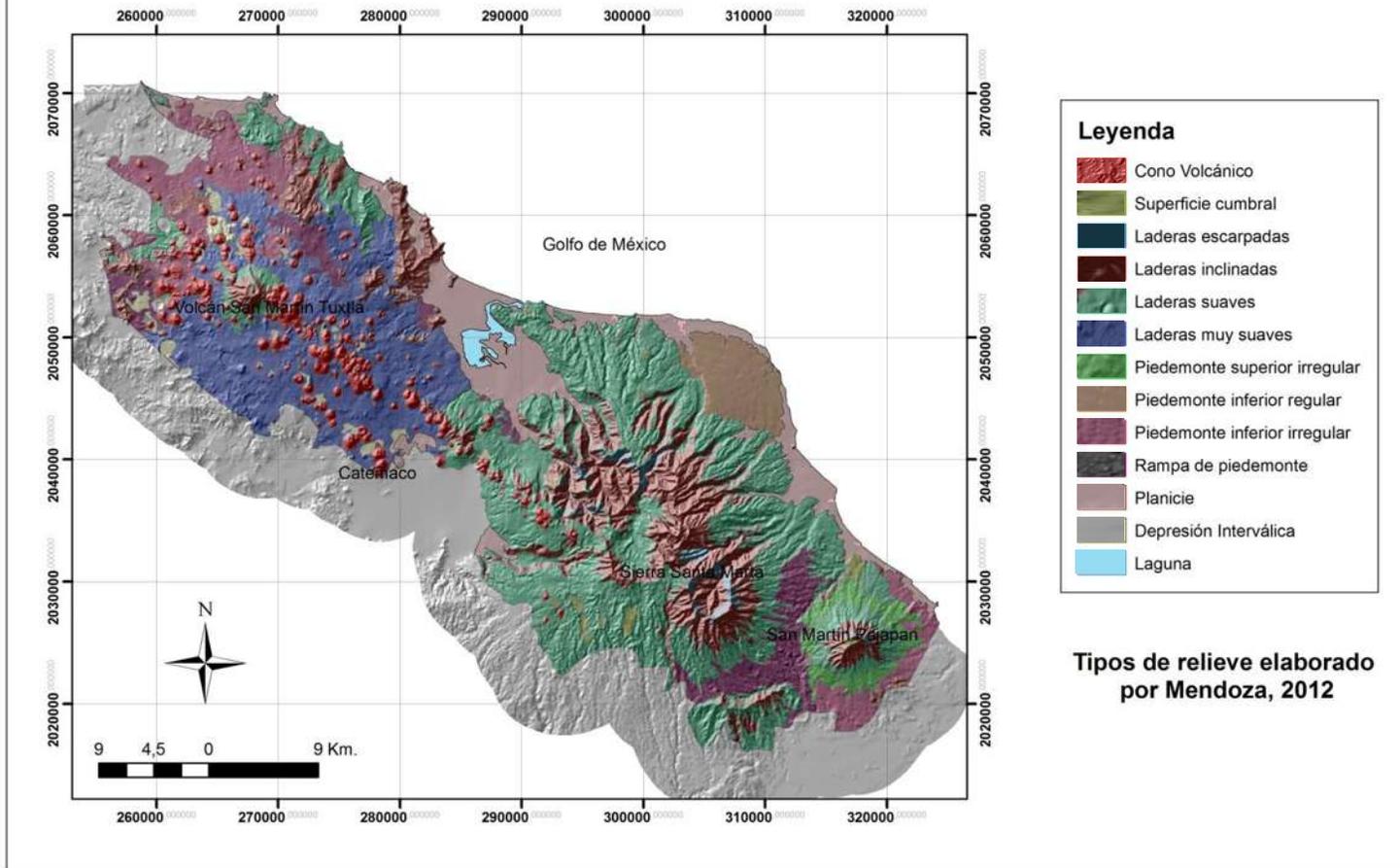


Figura 4.5. Tipos de relieve de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas. Elaborado por Mendoza, 2012.

4.3 Edafología

Los suelos en la región de Los Tuxtlas están ligados a las condiciones ecogeográficas allí establecidas. Estos suelos proceden de la alteración de los materiales expulsados por los tres volcanes principales (San Martín Tuxtla, Sierra Santa Marta y San Martín Pajapan). Las condiciones climáticas muestran que los materiales geológicos están sometidos a un interperismo de ambiente tropical (Campos, 1998).

Aunque existen pocos estudios en el área, acerca de los tipos de suelo presentes, se reconocen nueve grandes grupos principales dentro de la Reserva: andosol, feozem, luvisol, acrisol, vertisol, cambisol, nitosol, regosol y litosol (figura 4.7) (INEGI, 2000; Campos, 1998), que van desde aquellos suelos considerados como jóvenes o de reciente formación por ejemplo el Litosol, constituidos por una capa delgada (Regosol), hasta aquellos muy profundos, fértiles, con abundancia de materia orgánica y ácidos (Vertisol, Feozem, Andosol). Sin embargo, la mayoría presenta problemas de erosión debido a pendientes pronunciadas y remoción de la cubierta vegetal, faltan prácticas de conservación de suelos y en algunos casos, existen graves problemas de contaminación por los insumos agrícolas utilizados (INEGI 2000; Campos, 1998; Campos *et al.*, 2006; Plan de Manejo RBLT; 2006)

Los grupos de suelo que se localizan en la RBLT en base a la Clasificación de suelos de la WRB-FAO (2007) son:

Acrisol: Del latín hacer, muy ácido. Suelos ácidos fuertemente meteorizados con baja saturación en algunas profundidades se localizan en antiguas superficies colinosas u onduladas, en regiones con un clima húmedo tropical/monzónico, subtropical o templado cálido. Se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo por sus colores rojos, amarillos o amarillos claros con manchas rojas, muy ácidos y pobres en nutrientes. El tipo de vegetación natural corresponde a la selva (INEGI, 2004; WRB, 2007; FAO, 2009), dentro de la RBLT se localiza principalmente en la Sierra Santa Marta.

Andosol: de las palabras japonesas an: oscuro; y do: tierra. Literalmente tierra negra, son suelos de origen volcánico, constituidos, principalmente, a partir de ceniza, la cual contiene alto contenido de alófono, que le confiere ligereza.

Se encuentran en bosques o selvas. Tienen bajos rendimientos en la agricultura debido a que retienen el fósforo y este no puede ser absorbido por la planta. Son muy susceptibles a la erosión eólica (INEGI, 2004; WRB, 2007; FAO, 2009), este tipo de suelo domina la zona y se ubica en la parte norte de la reserva, así como en el Volcán San Martín Pajapan.

Cambisol: del latín *cambiare*: “literalmente suelo que cambia”, estos suelos son jóvenes poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación o clima excepto en zonas áridas, se caracteriza por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca y pueden además tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso son de moderada a alta susceptibilidad del suelo (INEGI, 2004; WRB, 2007; FAO, 2009) se localiza al oeste de la Sierra Santa Marta y en pequeñas partes al norte del área de estudio.

Feozem: del griego *phaeo*: pardo; y del ruso *zemljá*: tierra “tierra parda”. Son suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, se localizan principalmente en lugares planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal (INEGI, 2004; WRB, 2007; FAO, 2009) se localiza en una porción pequeña en la parte sur del Volcán San Martín Tuxtla.

Gleysol: del ruso *gley*: pantano. Literalmente, “suelo pantanoso”, son suelos que se encuentran en zonas donde se acumula y estanca el agua la mayor parte del año dentro de los 50 cm de profundidad, como las llanuras costeras de Veracruz y Campeche, así como en las llanuras y pantanos tabasqueños donde son los suelos más importantes por su extensión. Se caracterizan por presentar, en la parte donde se saturan con agua, colores grises, azulosos o verdosos, que muchas veces al secarse y exponerse al aire se manchan de rojo regularmente

estos suelos presentan acumulaciones de salitre, se localizan en la parte sur de la Laguna de Sontecomapan. Se usan en el sureste de México para la ganadería de bovinos con resultados moderados a altos buenos resultados en cultivos como el arroz y la caña que requieren o toleran la inundación (INEGI, 2004).

Luvisol: del latín luvi, luo lavar. “suelo con acumulación de arcilla”. Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas, la vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros, se destinan principalmente a la agricultura con rendimientos moderados. En algunos cultivos de café y frutales en; con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería (INEGI, 2004; WRB, 2007; FAO, 2009, Campos *et al.*, 2010), están en al este del Volcán San Martín Tuxtla...

Regosol: del griego reghos: manto, “cobija o capa de material suelto que cubre a la roca”. Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen (INEGI, 2004; WRB, 2007; FAO, 2009), se encuentra en la parte noreste de la Sierra Santa Marta, en la zona costera.

Vertisol: del latín vertere, voltear. “suelo que se revuelve o que se voltea”, son suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa, la vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas, que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Su color más común es el negro o gris oscuro en la zona centro a oriente de México y de color café rojizo hacia el norte del país. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo (INEGI, 2004; WRB, 2007; FAO, 2009; Campos *et al.*, 2010), se localiza una pequeña superficie (80 ha) al sur del Volcán San Martín Pajapan.

Grupos de suelo en la Reserva de la Biósfera de "Los Tuxtlas", Veracruz.

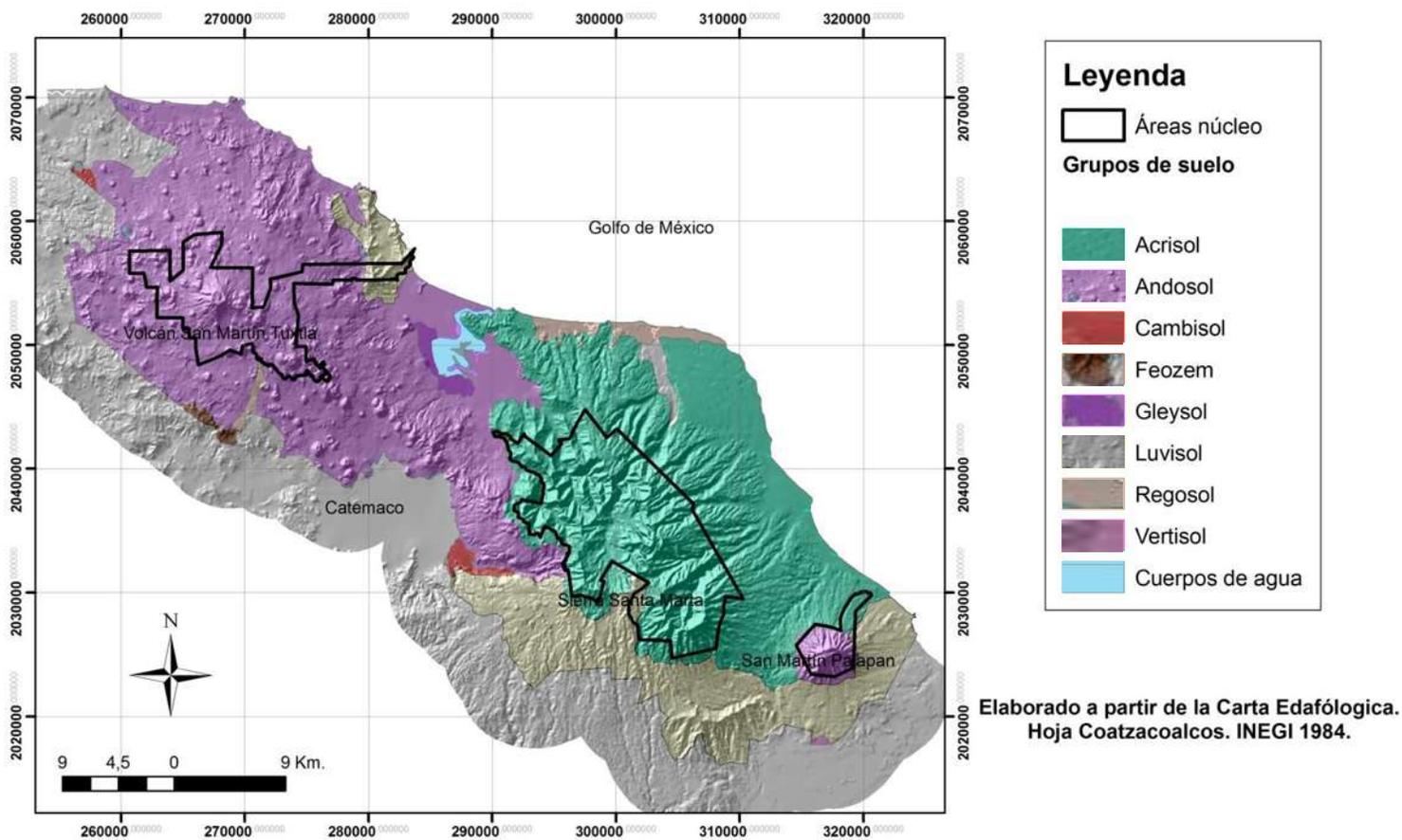


Figura 4.6. Tipos de suelo en la Reserva de la Biósfera de "Los Tuxtlas". Fuente: INEGI, 1984.

4.4 Hidrología

La Región de los Tuxtlas queda comprendida dentro de las Regiones Hidrológicas No. 28 y 29 (INECOL, 2004; INE, 2006; INEGI, 2010,). La Región Hidrológica 28 pertenece a la Cuenca del Río Papaloapan, una de las tres más importantes del país, con un gasto medio de 68.01 m³/s y un área de drenaje total de 57,756 m³. Por su parte, la Región Hidrológica 29 abarca las cuencas de los ríos Coatzacoalcos, Tonalá, Santa Ana y Seco, cubriendo un área total de 29,802 km² (INE, 2006; INEGI, 2010; CONAGUA, 2011). La abundancia de agua y lo accidentado de su topografía hace que los ríos descarguen hacia diferentes vertientes. Actualmente la zona abastece de agua a las regiones industriales ubicadas fuera de la reserva como la ciudad de Minatitlán y Coatzacoalcos (Alemán, 2004; Guevara *et al.*, 2006; Vásquez *et al.*, 2006).

4.5 Clima

El clima de la región de los Tuxtlas está influenciado por su complejo y abrupto relieve lo cual ocasiona un gradiente de variación altitudinal en la temperatura y humedad, con altitudes desde el nivel del mar hasta 1, 700 m, así como por su cercanía al mar y localización en la planicie costera del Golfo de México. De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1981), los climas existentes son: cálidos subhúmedos en las planicies, templados y húmedos en las partes altas, con temperaturas elevadas que van de 27-36 °C en torno a los 20 °C y mínimas de 8- 18 °C. Asociados con la cima de los volcanes más altos en altitudes superiores a 1, 000 m existen rasgos de clima semicálido, con temperaturas inferiores a los 8 °C durante el mes más frío (Soto *et al.*, 1997; Soto *et al.*, 2006).

4.6 Tipos de vegetación

Los tipos de vegetación que se encuentran en los Tuxtlas son: selva alta perennifolia, selva mediana perennifolia, selva baja perennifolia inundada, bosque mesófilo de montaña, bosque de pino, bosque de encino, sabana, manglar y dunas costeras (Rzedowski, 2006; INE; 2004; Guevara *et al.*, 2006; INEGI 2010).

La selva alta perennifolia. Se encuentra desde el nivel del mar hasta 700 msnm, aunque en algunas cañadas puede llegar hasta los 1,000 msnm. Estructuralmente este tipo de vegetación es muy complejo, tiene una notable variedad de formas de vida: con árboles de talla grande hasta 40m, mediana y pequeños, lianas, trepadoras herbáceas hemiepífitas, epífitas, palmas, arbustos, hierbas, umbrófilas y árboles estranguladores. Los árboles del dosel tienen troncos rectos y gruesos con diámetros entre 40 y 80 cm, son frecuentes los que miden más de un metro y en algunos casos hasta 1.5 y 2 m de diámetro; es común la presencia de contra fuertes *Astrocaryum mexicanum*, llamado chocho, ficus conocidos como higueras (INE, 2004; Plan de manejo RBLT, 2006; Castillo-Campos, 2006; INEGI, 2010).

La selva mediana perennifolia: Crece en las laderas de mayor pendiente como las de los volcanes Santa Marta y San Martín Pajapan, así como en la cima de pequeños conos volcánicos localizados al norte y noreste del Lago de Catemaco. Se distribuye desde 650 hasta 1000 m de altitud. Su composición florística está íntimamente relacionada con la selva alta perennifolia ya que comparten la mayoría de sus especies pero su altura es menor a 25m (Miranda y Hernández, 1963; Pennington y Sarukhán, 1998).

La diferencia entre ambos tipos de selva es fisonómica, en la selva mediana el dosel es de 15 m de altura, sin rebasar los 20 m. Debido a lo abrupto del relieve los árboles en la selva mediana son de tallas más modestas que en la selva alta. La selva mediana tiene manchones o parches de selva alta, en el fondo de cañadas y barrancas de valles amplios.

Bosque mesófilo: Se combinan las especies arbóreas del dosel de origen neártico con las especies de sotobosque y epífitas de origen neotropical. El dosel del bosque oscila entre 20 y 30 m de altura, en algunas ocasiones supera 40 m, es característica la gran biomasa de epífitas (orquídeas, helechos, bromelias, peperomias y aráceas) y musgos sobre los troncos y ramas más gruesas, siendo *Liquidambar sp.* una especie representativa del bosque mesófilo de montaña. En el sotobosque también es característica la presencia de helechos mezclados con

árboles menores a 10 m y numerosos arbustos (Castillo-Campos, 2006; Guevara *et al.*, 2006; INEGI, 2010).

Bosque de encino: Existen dos variantes del bosque de encino, el semicálido y el cálido (Sousa 1968). Al sur del cerro Santa Marta, entre los 700 y 1,200 m de altitud tiene una notable abundancia de encinos (*Quercus* sp). El encinar cálido está entre 100 y 600 m de altitud, al sur del cerro Santa Marta. Se caracteriza por tener encinos de diferentes especies que forman un dosel de entre 15 y 20 m de alto (Castillo-Campos *et al.*, 2006).

Bosque de pino: Se encuentra únicamente en la vertiente sur del cerro de Santa Marta, desde los 500 hasta los 900 m de altitud. En su límite altitudinal inferior se mezcla con el bosque de encino y en algunas porciones con la selva alta y mediana. Tiene una sola especie de pino: *Pinus oocarpa*; las especies arbustivas más comunes son *Leucothoe mexicana*, *Myrica cerifera*, *Saurauia serrata*, *Mosquitoxylum jamaicense* y *Clethra macrophylla* (Castillo-Campos, 2006; Laborde *et al.*, 2006)

Selva baja perennifolia inundada: Crece en zonas de agua dulce al noroeste de la laguna costera de Sontecomapan. Su dosel está formado por *Pachira aquatica* (apompo) y *Annona glabra*. Como arbusto destaca *Capparis flexuosa*. Las especies de herbáceas más comunes son *Acrostichum aureum*, *Rhabdadenia biflora* y *Machaerium lunatum* (Dirzo *et al.*, 2004).

El manglar: Se encuentra en la ribera de la Laguna de Sontecomapan. Es un tipo de vegetación con pocas especies arbóreas que pueden alcanzar alturas de hasta 20 y 25 m (Guevara *et al.*, 2004). Son tres especies arbóreas características: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, son árboles con raíces adventicias o zancudas que les sirven tanto para fijarse al suelo lodoso, como para captar oxígeno (Guevara *et al.*, 2004).

Las dunas costeras: Están a lo largo de la costa, se caracteriza por especies arbustivas y arbóreas provenientes de tipos de vegetación de tierra adentro y que se han adaptado al sustrato arenoso con gran éxito. Entre las especies arbustivas

se encuentran: *Randia laetevirens*, *Tabernaemontana alba*, *Coccoloba barbadensis* y *Verbesina persicifolia*. El estrato herbáceo está caracterizado por *Zamia furfuracea*, *Ipomoea pescaprae*, *Ipomoea stolonifera* y *Opuntia stricta*, entre otras (Guevara *et al.*, 2004).

4.8 Fauna

En Los Tuxtlas se han registrado 128 especies de mamíferos, 561 especies de aves, de las cuales 223 son migratorias, 117 especies de reptiles y 45 especies de anfibios; además hay una rica fauna de artrópodos, al registrarse más de 531 especies de mariposas y 133 especies de libélulas; asimismo en el área existen especies faunísticas endémicas, en peligro de extinción, amenazadas y bajo protección especial tales como:

Grison (*Galictis canaster*), Jaguar (*Panthera onca*), Jaguarundi (*Felis yaquarundi*); Mono Araña (*Ateles reoffroyi*), Mono Saraguato o Aullador, (*Alouatta palliata*), Nutria (*Lutna longicaudis*), Ocelote (*Felis pardalis*), Oso Hormiguero (*Tamandua mexicana*); Miquito de noche (*Cyclopes didactylus*), Tigrillo (*Felis miedi*), Tlacuache de agua (*Chironectes otnimus*); Tlacuachillo dorado, (*Caluromis derbianus*), Puerco espin (*Coendou mexicanus*).

Anfibios y reptiles: Nauyaca (*Bothrops asper*), Caimán (*Claudius angustatus*), Lagarto (*Cocodrylus moreleti*), Rana arboricola (*Hylapicta*), Iguana verde (*Iuana iguana*, Galapago (*Staurotypus triporcatus*). Los Tuxtlas es la zona de reproducción más rica en aves de este país. Del total de especies registradas, 223 son migratorias (DOF, 1998; Alemán, 2004; Plan de manejo RBLT, 2006).

Varias familias de aves que se presentan en Los Tuxtlas están en el límite norteño de su distribución en México, como: *Galbulidae*, *Bucconidae*, *Pipridae*, *Cotingidae*. Igualmente, Los Tuxtlas es el límite norte de distribución de varias especies como *Crypturellussoui*, *Accipiter bicolor*, *Columba speciosa*, *dendrocolaptes certhia*, *Taraba major*, *Ornithion semiflabum*, *Leptopogon*, *Amaurocephallus* (DOF, 1998; INE, 2004; INECOL, 2005; Plan Manejo RBLT, 2006).

4.7 Población

Con base en la información recabada en las bases de datos de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): I Censo de Población y Vivienda 1995; Censo de Población y Vivienda 2000; II Censo General de Población y Vivienda 2005; Censo de Población y Vivienda 2010.

El municipio en la región de los Tuxtlas, con mayor población durante el periodo de estudio fue San Andrés Tuxtla (cuadro 4.2).

Municipio	Años			
	1995	2000	2005	2010
	Población	Población	Población	Población
Ángel R. Cabada	34,312	32,119	32,960	33,528
Catemaco	44,321	45,383	46,702	48,593
Mecayapan	22,764	15,210	13,633	17,333
Pajapan	13,073	14,071	14,621	15,909
San Andrés Tuxtla	137,435	142,343	148,447	157,364
Santiago Tuxtla	54,522	54,539	54,939	56,427
Soteapan	28,888	27,486	28,104	32,596
¹ Tatahuicapan de Juárez	-	12,488	12,350	14,297
Total	335,315	343,639	351,756	376,047

Cuadro 4.2. Población total para los municipios que comparten la reserva de la biósfera. Fuente: Elaboración propia a partir de Censos y Conteos realizados por INEGI.

¹El 20 de marzo de 1997 por Decreto número 58 se erige en municipio libre, la congregación de Tatahuicapan, del municipio de Mecayapan, con la denominación de Tatahuicapan de Juárez, en honor del distinguido presidente de la República Mexicana.

Los municipios de San Andrés Tuxtla (29.1%) y Catemaco (28.6%) abarcan más del 55% del área de la reserva; Tatahuicapan (18%); Soteapan (10.3%); Mecayapan (8.8%); Pajapan (3.3%), Ángel R. Cabada (0.6%) y Santiago Tuxtla (1.3%).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se pretendió caracterizar y analizar la Cobertura y Uso del Suelo (CUS) de la Reserva de La Biosfera de “Los Tuxtlas” (RBLT), en Veracruz entre los periodos comprendidos de 1996-2011.

5.1 Materiales

La revisión bibliográfica, esta fase de la investigación tuvo como objetivo principal, conocer, ampliar y actualizar la información teórica existente acerca del tema de estudio. Para ello se consultaron diversas bibliotecas como lo son: la biblioteca del Instituto de Ecología (INECOL) A.C. en la ciudad de Xalapa, Veracruz; Biblioteca de la Estación Biológica de la UNAM ubicada en el municipio de Catemaco, Veracruz. Biblioteca de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Biblioteca del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) UNAM, Biblioteca del Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco), UNAM. Así como diferentes revistas electrónicas de investigación con temas afines a la investigación.

La modelación espacial de la información se realizó en un software de sistemas de información geográfica (SIG) llamado ArcGis 9.3, el cual es producido y distribuido por Environmental Systems Research Institute (ESRI), con sede en California EUA, en él se agrupan varias aplicación para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica (ESRI, 2010). La realización del mapa de cobertura y uso del suelo del año 1996 (fecha de vuelo: enero de 1996) en la Reserva de la Biósfera de “Los Tuxtlas” se hizo a partir de la interpretación de 23 Ortofotografías realizadas por el Instituto de Estadística y Geografía (INEGI, 1996) con una resolución espacial de 2m por 2m por pixel (cuadro 5.1 y figura 5.1)

Nombre de la carta	Clave de la carta	Claves de las Ortofotografías					
La Nueva Victoria	E15A63	E15A63a	E15A63b	E15A63c	E15A63d	E15A63e	E15A63f
La Perla del Golfo	E15A64	-	-	-	E15A64d	E15A64e	-
San Andrés Tuxtla	E15A64	E15A64a	E15A64b	E15A64c	E15A64d	E15A64e	E15A64f
San Juan Volador	E15A74	E15A74a	E15A74b	E15A74c	E15A74d	E15A74e	E15A74f
Chinameca	E15A84	-	-	-	E15A84d	E15A84e	E15A84f

Cuadro 5.1. Claves de las ortofotografías utilizadas para esta investigación.

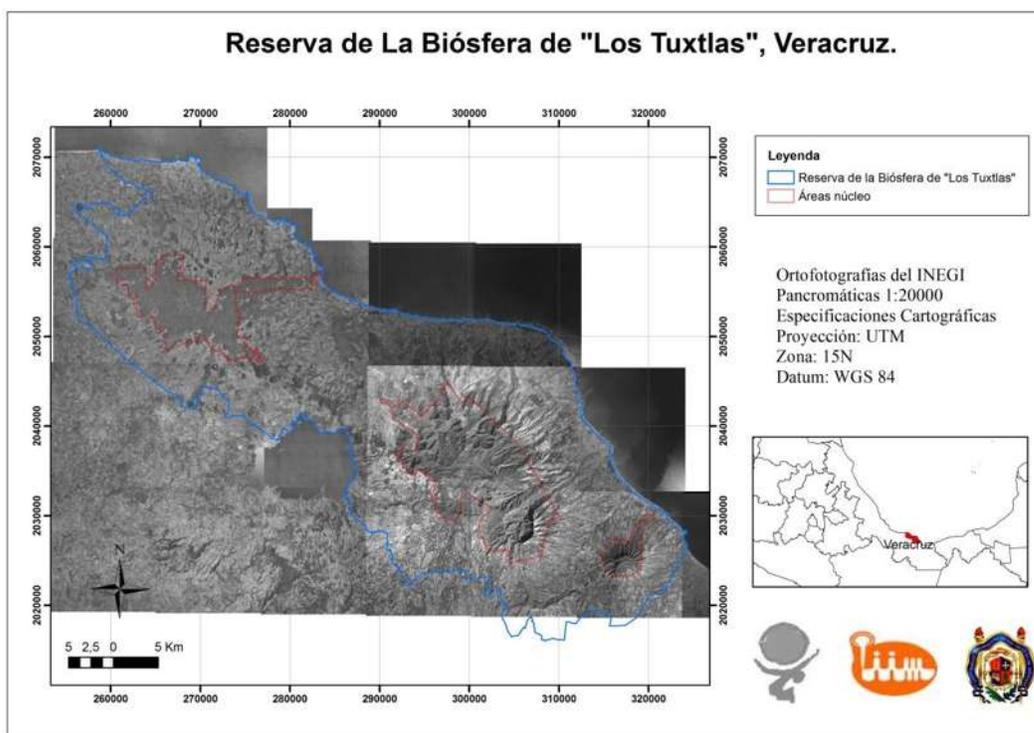


Figura 5.1. Ortofotografías de la Reserva de la Biosfera de "Los Tuxtlas", Veracruz. Fuente: elaboración propia, a partir de Ortofotografías del INEGI, 1996.

La caracterización para el año 2011, se realizó con imágenes de satélite SPOT pancromáticas (Figura 5.2) con una resolución espacial de 2.5m por 2.5m por pixel y multiespectrales (Figura 5.3) con una resolución espacial de 10m por 10m por pixel. Las cuales constaron de dos imágenes pancromáticas y dos imágenes multiespectrales (cuadro 5.2).

Clave	Satélite	Fecha	Hora	Resolución espectral
E55973130405011J2A01007	SPOT 5	04/05/2011	17:11:52	Pancromática
E55973130405011T2A01007	SPOT 5	04/05/2011	17:11:09	Multiespectral
E55963150403052J2A06005	SPOT 5	19/05/2011	17:13:11	Pancromática
E55963150403052T2A06005	SPOT 5	19/05/2011	17:12:50	Multiespectral

Cuadro 5.2. Claves de las imágenes SPOT utilizadas en la investigación.

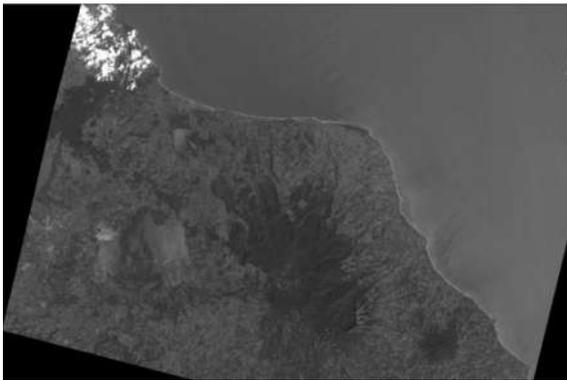


Figura 5.2. Imagen pancromática

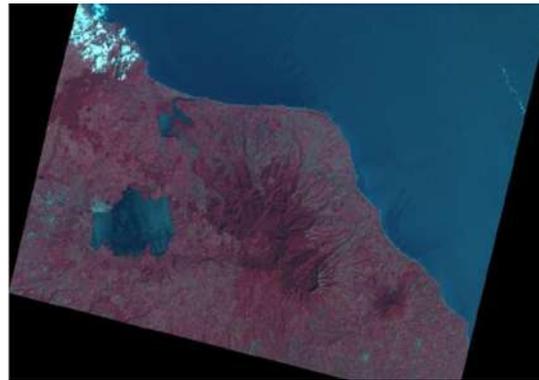


Figura 5.3. Imagen multispectral

Las imágenes satelitales utilizadas en la realización de la tesis fueron donadas por la Secretaría de la Marina (SEMAR) gracias a la gestión realizada por el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) de la Universidad Autónoma de México (UNAM), para la realización de esta investigación.

5.2 Litología

Los datos litológicos se tomaron del mapa Complejo Volcánico “Los Tuxtlas” escala 1:100,000 realizado por Garduño-Monroy, (1990). El mapa original se procesó en un escáner de alta resolución de 10 por 10 metros por pixel, posteriormente se realizó su georeferenciación con la ayuda de 20 puntos de control y se realizó la digitalización del mapa a través de un monitor de computadora. Este mapa cuenta con 19 clases de unidades geológicas (figura 4.5), que fueron generalizadas a seis clases, las cuales se ubican dentro de la zona de estudio (figura 4.4).

5.3 Geomorfología

La geomorfología de la zona escala 1:50, 000 fue realizada por Mendoza, (2012) para este trabajo de investigación, la interpretación se realizó sobre un modelo sombreado derivado del Modelo Digital de Terreno (MDT) con una resolución espacial de 25m por 25m por pixel. El MDT se realizó a partir de las curvas de nivel cada 20m del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. La base de datos de la geomorfología de la Reserva tiene una leyenda jerárquica basada en el sistema clasificatorio de Zinck (1988; 2012). Las unidades superiores se denominan paisajes geomorfológicos (figura 4.6) y las unidades inferiores (figura 4.7) tipo de relieve, la base de datos incluye también el tipo de roca.

5.4 Edafología

Los datos de suelo se derivaron de la integración de la base del continuo de datos de suelo del INEGI, correspondientes a la Hoja Coatzacoalcos clave E1504 escala 1:250,000, 1984. En este trabajo se utilizó el nivel de tipo de suelo (figura 4.8).

5.5 Bases de datos vectoriales

Se utilizaron las bases de datos vectoriales digitales de las siguientes cartas topográficas: E15A63 (La Nueva Victoria), E15A64 (La Perla del Golfo), E15A73 (San Andrés Tuxtla), E15A74 (San Juan Volador), E15A84 (Chinameca), (curvas de nivel cada 20m, vías de comunicación, asentamientos humanos, entre otras.) para el área de estudio escala 1:50, 000 realizados por (INEGI, 2003). A partir de las curvas de nivel se derivaron el Modelo Digital de Terreno (MDT), Modelo Sombreado del Terreno y el Modelo Digital de Pendientes; todos ellos con una resolución espacial de 25m por 25m por pixel.

5.6 Información socioeconómica

La información socioeconómica se obtuvo de las siguientes bases de datos realizados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) tanto para el municipio como para las localidades que se encuentran en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas:

I Censo de Población y Vivienda 1995.

XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

II Conteo de Población y Vivienda 2005.

XIII Censo de Población y vivienda 2010.

Así para conocer el número de cabezas de ganado en la región de Los Tuxtlas se consultaron los Censos agropecuarios realizados por el INEGI:

Censo Agrícola-Ganadero 1991.

Censo Agrícola-Ganadero 2007.

- Imágenes SPOT pancromáticas resolución espacial de 2.5m por 2.5m por pixel para el año 2011
- Imágenes SPOT multiespectrales con una resolución espacial de 10m por 10m por pixel para el año 2011
- Ortofotografías pancromáticas del año 1996 con una resolución espacial de 2m por 2m por pixel realizadas por el INEGI
- Mapa Cumpleso Vulcanico "Los Tuxtlas" 1:100 000 realizada por Garduño-Monroy, 1990.
- Base de datos de Geomorfología realizado por Mendoza Cantú, 2012Escala 1:100 000.
- Carta Edafológica. Hoja Coatzacoalcos. Escala 1: 250 000 INEGI 1984.
- Polígono de la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz realizada por la Comisión de Áreas Naturales Protegidas CONANP, 1998.
- Zonificación de la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz realizada por la CONANP, 1998.
- Base de datos vectoriales para la zona de estudio 1:50 000 realizados por INEGI (curvas de nivel cada 20m, vías de comunicación, poblados, cuerpos de agua etc.)
- Modelo Elevación del Terreno del área de estudio con una resolución espacial de 25m por 25m por pixel.
- Modelo Sombreado del terreno del área de estudio de 25m por 25m por pixel de resolución espacial.
- Modelo de pendientes del área de estudio con una resolución espacial de 25m por 25m por pixel.
- Localidades de la RBLT realizadas por el INEGI, para los años 1995, 2000, 2005 y 2010.

Cuadro 5.3. Material digital utilizado en este trabajo.

5.7 Métodos

Los métodos que se utilizaron para la elaboración de esta investigación de describirán en los siguientes incisos.

5.8 Fusión y georeferenciación de imágenes satelitales

En primera instancia se realizó la fusión de las imágenes pancromáticas y multiespectrales con intención de mejorar la resolución espacial de las imágenes, generando un producto híbrido que une las ventajas de ambas imágenes, dicho esto, contiene los datos multiespectrales y la información espacial de la imagen pancromática, en consecuencia mejora la calidad y permite una buena clasificación (Chuvienco, 2001).

La rectificación y fusión de imágenes se realizaron en un SIG llamado ERDAS IMAGINE 9.1. Se realizaron diferentes combinaciones de bandas espectrales. Después de la realización de la fusión de imágenes se realizó la corrección de la “tolerancia planimetría”, es decir, los errores geométricos de formación de la imagen y la distancia focal, generados durante la toma de la imagen (Peña-Araya, 2007). Para la georeferenciación de las imágenes SPOT se basó en puntos de control tomados de las Ortofotografías del INEGI, consultadas del Servicio de Mapas Web (WMS) http://antares.inegi.org.mx/cgi-bin/map4/mapserv_orto del INEGI, es necesario agregar el servicio WMS en el SIG para poder ser utilizado. La georeferenciación se realizó con el SIG ArcGis, con la extensión Georeferencing, (Alvarado Zaldívar *et al.*, 2007).

5.9 Interpretación visual de imágenes de satélite

Existen diferentes métodos de análisis para la detección de las diferencias en la cobertura y uso de suelo a través del tiempo (Luna, 2011). Uno de ellos es por medio del patrón espectral, en donde un pixel está representando por un número y este tiene una sucesión única para cada objeto de la naturaleza (firma espectral). Otro método es por medio del análisis de patrones espaciales en donde se determina los cambios en los tonos en los pixeles, la dirección o direcciones de cambio, el contraste entre un pixel y sus vecinos, así como el color del pixel (Mas *et al.*, 2009). El análisis visual puede utilizar elementos como textura, estructura, emplazamiento o ubicación contextual, factores de análisis los cuales son posibles de aplicar en el tratamiento digital de una imagen de satélite.

La complejidad de la interpretación pasa a considerar elementos relacionados con el objeto de estudio y de las características ambientales en las que se encuentra. En una imagen de satélite se pueden observar objetos de diferentes tamaños y formas, algunos de ellos se identifican correctamente mientras que otros no, dependiendo de las percepciones individuales y de la experiencia del intérprete. Cuando se pueden identificar lo que se ve en la imagen de satélite y fotografías aéreas y comunicar esa información a otros se está realizando fotointerpretación: los datos en bruto de las imágenes y fotografías cuando son tratados por un cerebro humano se convierte en información, por lo tanto, el intérprete se puede encontrar en dos situaciones:

A) Reconocimiento directo y espontáneo de un objeto o fenómeno (debido a que es conocido por el intérprete) y B) utilización de un proceso de razonamiento en el que se utiliza el conocimiento profesional y la experiencia para identificar un objeto. En ocasiones este razonamiento no es necesario para la interpretación correcta, siendo necesario el trabajo de campo (Chuvieco, 2001).

De acuerdo a Chuvieco, (2001), El éxito de la interpretación visual depende de la experiencia y entrenamiento del interprete, es necesario tener observación, imaginación y gran paciencia, conocer la naturaleza del fenómeno que se estudia y la calidad de la imagen.

Para hacer la interpretación se requiere tomar en cuenta los siguientes criterios:

El tono que es el brillo relativo de los objetos, las variaciones tonales son elementos muy importantes en la interpretación; el color es elemento básico para la interpretación visual de las imágenes; la textura, es el contraste espacial entre los elementos que componen la imagen; la forma del objeto, caracteriza a muchos de los objetos que se ven en las imágenes, en algunos casos esta característica bastara para diferenciar el objeto en estudio de los del resto de la imagen; el tamaño de los objetos en las imágenes; el patrón, es la distribución espacial de los objetos, a la repetición de formas cada cierto espacio, que permite su identificación; la localización, se refiere a la posición topográfica o geográfica en la que se encuentra un objeto o elemento respecto a un marco de referencia.

La interpretación de la cobertura y uso de suelo se realizó considerando los criterios antes descritos y se realizó en pantalla de computadora sobre las Ortofotografías del INEGI del año 1996 e imágenes SPOT del año 2011 con la extensión Editor de ArcMap con una escala de despliegue de 1:11,000; se procedió a la generalización de la información después de la interpretación para tener la cartografía a una escala de 1:50,000. El área mínima cartografiable fue de una hectárea.

Se llevaron a cabo dos salidas al área de estudio. La primera, con carácter de reconocimiento del área y validación de interpretación preliminar de la cobertura y uso de suelo y fue realizada entre el 31 de marzo y el 12 de abril del año 2012, durante la época de secas. La segunda salida a campo se llevó a cabo entre el 7 y el 16 de julio de 2012, durante la época de lluvias; esta tuvo el objetivo de verificar y validar la cartografía y etiquetamiento en campo las zonas que no habían logrado ser clasificadas en ese momento; también se realizó una validación del mapa geomorfológico, verificación de la cartografía geológica y edafología de la RBLT. En total se llevaron a cabo 21 días en campo verificando, validando las bases de datos de CUS, además de la verificación de la cartografía de geología, geomorfología y edafología.

5.10 Leyenda utilizada en esta investigación.

En Base a la leyenda de cartografía uso suelo y vegetación: Escala 1:250,000 realizada por el INEGI y el Inventario Nacional Forestal del año 2000:

Categoría de cobertura y uso de suelo	Subcategoría
Bosque de pino	Abierto Semi-abierto Cerrado
Bosque de encino	Abierto Semi-abierto Cerrado
Bosque mixto	Abierto Semi-abierto Cerrado
Selva alta perennifolia	Abierta Semi-abierta Cerrada
Selva mediana perennifolia	Abierta Semi-abierta Cerrada
Bosque mesófilo de montaña	Bosque mesófilo de montaña
Manglar	Manglar
Matorral	matorral
Pastizal	Pastizal
Campos de cultivo	Cultivos
Plantaciones	Plantaciones
Dunas costeras	Dunas costeras
Áreas sin vegetación aparente	ASVA
Playas	Playas
Vegetación acuática	Vegetación acuática
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua
Asentamientos humanos	Asentamientos humanos

Cuadro 5.4. Leyenda detallada utilizada en esta investigación.

Para la realización del modelamiento de la información se procedió a la generalización de las coberturas y uso del suelo (CUS) de las 17 clases y 12 subcategorías y las cuales al generalizar se obtuvieron nueve clases (cuadro 5.5)

Cobertura Generalizada	Generalización
Bosque	Pino Encino Mixto
Selva perennifolia	¹ Bosque mesófilo de montaña Selva alta perennifolia Selva mediana perennifolia
Manglar	Manglar
Matorral	Matorral
Pastizal-cultivos	Pastizal Cultivos Plantaciones
Dunas costeras	Dunas costeras Playas
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua Vegetación acuática
Áreas sin vegetación aparente	Áreas sin vegetación aparente
Asentamientos humanos	Asentamientos humanos

Cuadro 5.5. Leyenda generalizada de cobertura y uso de suelo.

¹ Es importante mencionar que para este estudio se decidió unir el bosque mesófilo de montaña a la categoría de selva perennifolia, debido a que, mediante la percepción remota no fue posible identificar este tipo de cobertura y en campo fue muy difícil identificarlo.

Categorías generalizadas de CUS

Bosque: se consideraron como bosques a las asociaciones arbóreas tanto de pino, encino y mixto. En la RBLT se observan representadas las comunidades de pino, pino-encino y encino. Principalmente en la zona sur de la Sierra Santa Marta.



Figura 5.4. Categoría: Bosques
Ortofotografía pancromática 1996
Escala de despliegue, 1:12,000



Figura 5.5. Categoría: Bosques
Fusión de SPOT 5 2011 bandas 3,2,1
Escala de despliegue, 1:12,000

Selva perennifolia: se logró observar debido a su coloración, forma y textura prácticamente en toda la RBLT tanto en las áreas núcleo (Volcán San Martín Tuxtla, Sierra Santa Marta y San Martín Pajapan) así como en la zona de amortiguamiento de la reserva.

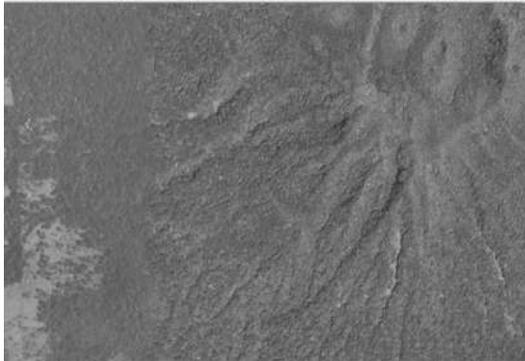


Figura 5.6. Subcategoría: Selva alta perennifolia
Ortofotografía pancromática 1996
Escala de despliegue, 1:12,000



Figura 5.7. Subcategoría: Selva alta perennifolia
Fusión de SPOT 5 2011 bandas 3,2,1
Escala de despliegue, 1:12,000

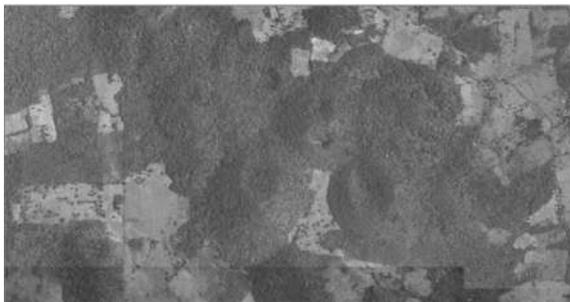


Figura 5.8. Subcategoría: Selva media perennifolia
Ortofotografía pancromática 1996
Escala de despliegue, 1:12,000



Figura 5.9. Subcategoría: Selva mediana
Fusión de SPOT 5 2011 bandas 3,2,1
Escala de despliegue, 1:12,000

Manglar: se observó solamente en el margen de La Laguna de Sontecomapan en el municipio de Catemaco debido a su coloración y el patrón de localización.



Figura 5.10. Categoría: Manglar
Ortofotografía pancromática
Escala de despliegue, 1:12,000



Figura 5.11. Categoría: Manglar
Fusión de SPOT 5 bandas 3,2,1
Escala de despliegue, 1:12,000

Matorral: es una vegetación arbustiva puede ser natural y/o antrópica, la cual presenta ramificaciones desde la base del tallo; su altura es en general menor a cuatro metros este tipo de vegetación se observó en la zona de amortiguamiento.

Pastizales-cultivos: se unió esta categoría debido a que en la zona de estudio los cultivos principalmente de maíz con frecuencia alternada con frijol, chile, arroz, tienen un ciclo de cultivos y después los campesinos lo usan como pastizal para su ganado principalmente vacuno, durante cierto tiempo estos a su vez se va a ir rotando a otras parcelas (Guevara *et al.*, 2010).

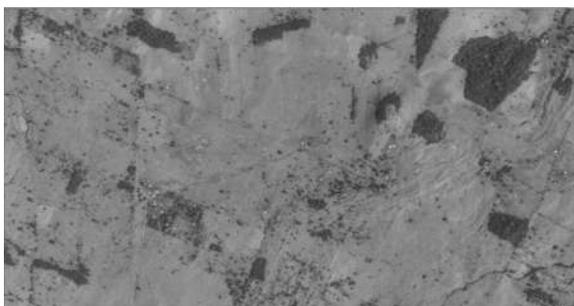


Figura 5.12. Subcategoría: Pastizal
Ortofotografía pancromática 1996
Escala de despliegue, 1:12,000



Figura 5.13. Subcategoría: Pastizal
Fusión de SPOT 5 2011 bandas 3,2,1
Escala de despliegue, 1:12,000



Figura 5.14. Subcategoría: Cultivos
Ortofotografía pancromática 1996
Escala de despliegue, 1:12,000



Figura 5.15. Subcategoría: Cultivos
Fusión de SPOT 5 2011 bandas 3,2,1
Escala de despliegue, 1:12,000

Dunas costeras y playas: en esta categoría se agruparon también las playas las cuales se localizan en zonas costeras y se logró observar en las ortofotos como en las imágenes de satélite, así como en campo.



Figura 5.16. Categoría: Playas y dunas costeras
Ortophotografía pancromática
Escala de despliegue, 1:12,000



Figura 5.17. Categoría: Playas y dunas costeras
Fusión de SPOT 5 bandas 3,2,1
Escala de despliegue, 1:12,000

Cuerpos de agua: son todas aquellas extensiones de agua los cuales dan una coloración característica y su forma cabe señalar que en este estudio no se separaron si son naturales (lagos, laguna) o artificiales (bordo, presa).



Figura 5.18. Categoría: Cuerpos de agua
Ortophotografía pancromática
Escala de despliegue, 1:12,000



Figura 5.19. Categoría: Cuerpos de agua
Imagen Spot combinación de bandas 4,3,2
Escala de despliegue, 1:12,000

Zonas sin vegetación aparente: esta categoría se tomó en cuenta en las zonas donde no se aprecia vegetación alguna y el suelo tiene una erosión alta, se revisó con la percepción remota y trabajo de campo principalmente se encuentra en lugares con pendientes elevadas (parte sur de la sierra Santa Marta).



Figura 5.20. Categoría: áreas sin vegetación
Ortophotografía pancromática
Escala de despliegue, 1:12,000



Figura 5.21. Categoría: áreas sin vegetación
Fusión de SPOT 5 bandas 3,2,1
Escala de despliegue, 1:12,000

Asentamientos humanos: en esta categoría se encuentran las construcciones y servicios las cuales fueron elaboradas por el hombre para su propio beneficio, se caracteriza por tener arreglo geométrico regular, la cual es más sencillo de observar con la percepción remota.



Figura 5.22. Categoría: Asentamientos humanos
Ortofotografía pancrómica
Escala de despliegue, 1:12,000



Figura 5.23. Categoría: Asentamientos humanos
Fusión de SPOT 5 bandas 3,2,1
Escala de despliegue, 1:12,000

5.11 Matrices y análisis del cambio de cobertura y uso del suelo en la RBLT

La matriz de confusión es un arreglo de igual número de atributos y casos (en filas y columnas) donde se comparan las frecuencias de coincidencias y no coincidencias entre los atributos y casos correspondientes. A partir de esta matriz, se derivan los índices de exactitud (Bocco *et al.*, 2000).

Las matrices de probabilidad de transición, son cuadros con arreglos simétricos que contienen en uno de los ejes los tipos de cobertura y uso de suelo (CUS) en el año base y en el otro eje los mismos tipos de CUS pero del segundo año (tiempo 0 y tiempo 1). De tal forma que cada una de las celdas de la diagonal principal de la matriz representa la superficie en ha de cada categoría de CUS que permaneció en la misma categoría en el tiempo considerado, mientras que el resto de las celdas estiman la superficie de una determinada cobertura o tipo de uso de suelo que paso a otra categoría (Dirzo y Masera, 1996) con la matriz de transición se puede entender la dinámica del cambio de cobertura y uso del suelo.

En esta investigación se realizó la matriz de probabilidad de transición con las bases de datos de CUS de la reserva de la biósfera de los años de 1996 y 2011, a partir de ellas se elaboraron matrices de probabilidad de transición para cada una de las clases seleccionadas, además de la realización de la matriz de flujo la cual

muestra los porcentajes para observar los cambios más significativos dentro de la reserva (Pountius *et al.*, 2004).

$$\text{Matriz de flujo} = \frac{\text{Área de una categoría de CUS}}{\text{Número total de área de la reserva}} \times 100$$

Se supuso que la probabilidad de transición (P_{ij}) de cada clase de la matriz es proporcional a la superficie remanente de la misma clase entre los años 1996 y 2011 su expresión matemática es: $P_{ij} = S_{ij}(1996)/S_j(2000)$.

Donde S_{ij} es la superficie del elemento “ij” de la matriz de transición de la cobertura y uso del suelo en el año 1996 y “ S_j ” la superficie de la clase de cobertura y uso del suelo “j” en el año 2011. De esta manera, para cada categoría de uso de suelo “j”, es decir, $P_{ij} = 1$

Se construyó la matriz de tabulación cruzada o matriz de transición con el mapa de tiempo 1 t1 (1996) y mapa del tiempo 2 t2 (2011) donde las filas contienen la superficie de las categorías de la cobertura y uso del suelo del año 1996 y las columnas contienen la superficie en t2 con esto se obtienen las pérdidas y ganancias de cada categoría.

La matriz de tabulación cruzada permite estimar las ganancias y las pérdidas, el cambio neto y los intercambios experimentados entre dos momentos temporales, así como valorar el cambio total tomando como referencia las persistencias, identificando las transiciones sistemáticas más significativas entre categorías (Pountius *et al.*, 2004).

En esta matriz se adicionan dos columnas y dos filas En la fila 6 se recoge el total ocupado por cada categoría en el T2 (P_{+j}), mientras (cuadro 4.4) la penúltima (fila 6) contiene el total de cada categoría en el tiempo T1 (P_{i+}). La última fila (fila 7) contiene la ganancia que tuvo cada categoría entre el T1 y T2 y la última columna (columna 7) la pérdida que tuvo cada categoría entre el T1 y T2.

Tiempo 1	Tiempo 2					6	7
	1	2	3	4	5		
1		Clase 1	Clase 2	.....	Clase n	Total T ₁	Pérdidas (L _{ij})
2	Clase 1	P ₁₁	P ₁₂	.....	P _{1n}	P ₁₊	P ₁₊ - P ₁₁
3	Clase 2	P ₂₁	P ₂₂	.....	P _{2n}	P ₂₊	P ₂₊ - P ₂₂
4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	Clase n	P _{n1}	P _{n2}	.....	P _{nn}	P _{n+}	P _{n+} - P _{nn}
6	Total T ₂	P ₊₁	P ₊₂	.....	P _{+n}	P	
7	Ganancias (G _{ij})	P ₊₁ - P ₁₁	P ₊₂ - P ₂₂	.....	P _{+n} - P _{nn}		

Cuadro 5.6. Fuente: Pountius *et al.*, 2004.

Con esta matriz se calculan: las ganancias, expresadas como la diferencia de la suma total de la penúltima fila (6) y los valores de la diagonal principal, es decir

$$G_{ij} = P_{+j} - P_{ij}$$

La columna de pérdidas (P), expresada como la superficie de cada una de las categorías que sufrieron pérdidas entre los t1 y t2, es decir que es la diferencia entre la fila del total del tiempo 1 (P_{j+}) y la persistencia (P_{ij}). **P = P_{j+} - P_{ij}**

La fila de ganancias (G) representa la superficie de cada una de las categorías que obtuvieron ganancias entre los t1 y t2 lo cual significa que es la diferencia entre la columna del total del tiempo 2 (P_{+j}) y la persistencia (P_{ij}). **G = P_{+j} - P_{ij}**

Con la ayuda de la sobreposición de bases de datos (mapas) de dos periodos diferentes t1 y t2 permite conocer los cambios en la cobertura y uso del suelo, su comparación es importante para calcular la superficie y localizar los cambios aunque no proporciona información detallada sobre los procesos de cambio (Palacio *et al.*, 2004; Mas y Flamenco 2010; Santana, 2011).

El cambio neto, expresado como el valor absoluto de la diferencia de las pérdidas y las ganancias de cada categoría. **CN = |P - G|**

El concepto de intercambio implica pérdidas y ganancias simultáneas de una categoría. El cambio total CT para cada categoría se establece como la suma de las ganancias y las pérdidas. **CT = P + G**

El intercambio, expresado como el doble del valor mínimo de las ganancias o las pérdidas, es decir $S_j = 2 \times \text{MIN} (P_{j+} - P_{jj}, P_{j+} - P_{jj})$

El índice de ganancia a persistencia (G_p) sirve para evaluar las características de las zonas en cuestión con pérdidas y ganancias este índice fue propuesto por Braimoh (2006). $G_p = G/p$

El índice de pérdidas a persistencia (P_p) es calculado a partir de la siguiente operación: $P_p = P/p$

El resultado de estas operaciones en los valores de los cocientes mayores a 1 indica que la categoría tiene una tendencia alta para presentar una transición hacia otra categoría más a persistir.

Posteriormente, los valores reales del cambio entre las fechas 1996 y 2011 se obtuvieron por medio de la ecuación del cambio total, que a diferencia de la del cambio neto permitió estimar la totalidad de las transiciones que se dieron entre categorías. Al respecto, cabe señalar que si una categoría hubiera presentado ganancias y pérdidas de la misma magnitud, el cambio neto sería igual a cero. Sin embargo, mediante la ecuación del cambio total, dicho resultado sería igual al doble de la pérdida o la ganancia.

Se llevó a cabo el mapa de procesos de cambio con los mapas de CUS del año 1996 y 2011 para saber en qué zonas de la RBLT habían sucedido los cambios, esto con las siguientes categorías:

“No cambio”, es aquella que se encuentra en sitios que en los dos periodos estudiados no presento cambios en su cobertura y/o uso de suelo.

“Reforestación” es el establecimiento inducido de vegetación en terrenos forestales donde originalmente existían bosques, selvas o vegetación semiárida (CONAFOR, 2010).

“Deforestación” es desmontar total o parcial las formaciones arbóreas para dedicar el espacio resultante a fines agrícolas, ganadero o de otro tipo se puede decir que

la deforestación es el proceso por el cual la tierra pierde sus bosques en manos de los hombres (CONAFOR, 2010).

“Urbanización” se tomó en cuenta como el cambio de cobertura y/o de cualquier categoría para crear o formar nuevos asentamientos humanos.

Se realizaron las tasas de cambio de acuerdo con la ecuación utilizada por la FAO (1996). Esta tasa expresa el cambio en porcentaje de la superficie al inicio de cada año.

$$\delta n = \left[\frac{S_2}{S_1} \right]^{1/n} - 1$$

Donde:

d_n = tasa de cambio (para expresar en %, hay que multiplicar por 100),

S_1 = superficie de la categoría en la fecha 1,

S_2 = superficie de la categoría en la fecha 2,

n = periodo de tiempo entre las dos fechas.

Se llevó a cabo la evaluación de la velocidad de cambios de cobertura y uso de suelo para los años de 1996 y 2011, mediante la fórmula adaptada de FAO (1984) y Ortiz Solorio *et al.*,(1994): esta fórmula cuenta con las siguientes clases dependiendo el valor obtenido (nulo, ligero, moderado, severo y muy severo).

$$ID = \frac{(\% \text{ de CUS del último año} - \% \text{ del CUS del año anterior})}{\% \text{ de CUS del último año}} \times 100$$

$$ID \text{ en \% por año} = \frac{ID}{\text{Número de años del periodo evaluado}}$$

Donde:

ID = incremento del cambio.

CUS =cobertura y uso del suelo.

Intervalo	Clase del incremento del cambio
< 0.01	Recuperación (R)
0.0	Nula (N)
0.0 – 2.49	Ligera (L)
2.5 – 4.99	Moderada (M)
5.0 – 7.49	Severa (S)
< 7.5	Muy severa (MS)

Donde:

Recuperación, la superficie de cobertura y uso de suelo se incrementa.

Nula: La superficie se mantiene igual.

Ligero: Puede tener efecto perjudicial pequeño.

Moderado: Los cambios representan un efecto perjudicial.

Severo: Tendrán un importante efecto en la disminución de la superficie de uso del suelo.

Muy severo: El uso de la superficie de la tierra llega a ser impracticable o antieconómico

Se consultó el Índice de Marginación (IM) desarrollado por el Consejo Nacional de Población (Conapo), el cual permite identificar, por áreas geográficas, incorpora indicadores de acceso a la educación, a los servicios de salud y a los servicios básicos, calidad y espacios en la vivienda y activos en el hogar, así como los ingresos monetarios reducidos. Este índice facilita la ubicación de Zonas de Atención Prioritaria y contribuye a mejorar la política y los programas de desarrollo social en México.

El IM se utiliza ampliamente en México para establecer jerarquías entre las unidades territoriales, según la intensidad de las carencias estructurales padecidas por sus pobladores y, de este modo, ofrece un criterio sólido para priorizar acciones de política social en los distintos niveles de gobierno. El IM no tiene referentes internacionales ni adopta valores máximo y mínimo invariables, sino que éstos pueden variar de un año a otro según la situación relativa de las demarcaciones involucradas.

Es una medida continua que puede tomar valores positivos –arriba de cero– o negativos –debajo de cero. El valor más elevado y el más bajo representan las situaciones de mayor y menor marginación, respectivamente; pero el cero no necesariamente indica marginación media (CONAPO, 2012; CONEVAL, 2013).

La tasa de crecimiento poblacional o tasa de crecimiento demográfica, es la tasa que indica el crecimiento o decrecimiento de la población. Específicamente, la tasa de crecimiento demográfico se refiere ordinariamente al cambio en la población durante un período expresado a menudo como un porcentaje del número de individuos existentes en un país o lugar a fines de un año sobre la población inicial en el mismo año (INEGI, 2012) Razón a la cual crece en promedio anualmente una población por cada 100 habitantes. Se trata de un indicador resumen, pues en él se concentran los efectos de los principales componentes de la dinámica demográfica, como son nacimientos, defunciones y migración (INEGI, 2012).

Se obtiene mediante la siguiente fórmula utilizada por el INEGI.

$$r = \left[\left(\frac{P_x}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] * 100$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento

P_x = Población en el año x (final)

P₀ = Población en el año 0 (inicial)

t = Tiempo transcurrido entre el momento de referencia de la población inicial y la población final

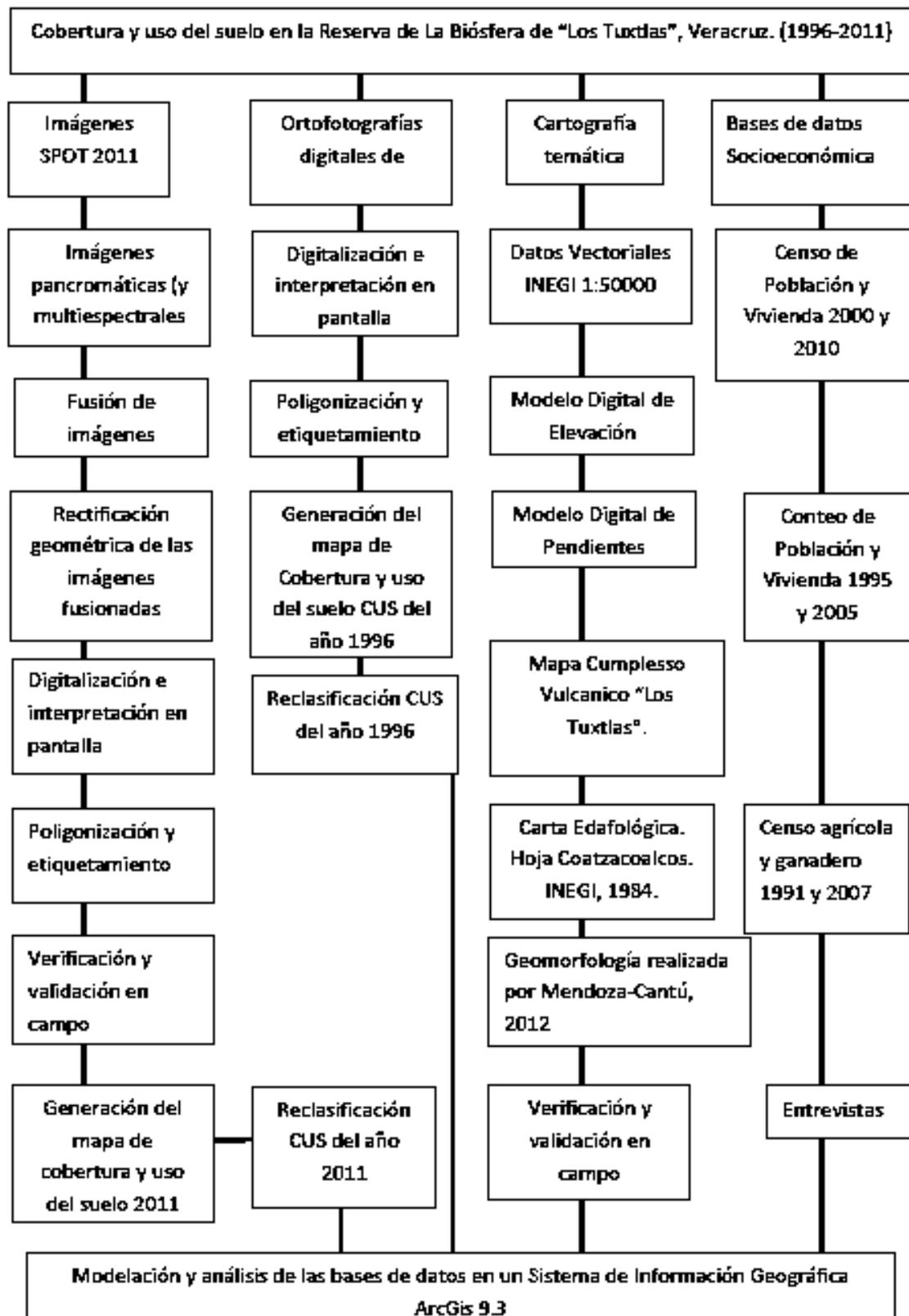


Figura 5.24. Metodología utilizada en esta investigación.

6. RESULTADOS

Las bases de datos de cobertura y uso del suelo generadas durante el desarrollo de esta tesis son las primeras que existen considerando toda la Reserva de la Biósfera de los Tuxtlas.

La superficie de la zona de estudio que se maneja en este trabajo es de 155,058ha, que difiere con el área que maneja el decreto oficial de la Reserva, el cual menciona una superficie de 155,122 ha. Existe una diferencia de 64 ha entre los datos oficiales y los obtenidos en este trabajo. En esta investigación se utilizó el polígono digital de la Reserva considerado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Existen 26 categorías diferentes de CUS presentes en el área de estudio en ambos años de estudio (Cuadro 5.4) las cuales fueron generalizadas a nueve para manipular la información de forma más clara y sencilla (Cuadro 5.5).

La matriz de confusión utilizada para conocer la exactitud de la interpretación indica que todas las categorías de CUS se encuentran por encima del valor mínimo de exactitud que marca la literatura (80%) (p.e. Anderson *et al.*, 1976; Bocco y Valencia, 1988; Mas *et al.*, 1996; Bocco *et al.*, 2000) (Cuadro 6.1). Las clases que presentaron algún grado de confusión en su interpretación fueron: el bosque y la selva perennifolia en una zona cercana a la Sierra Santa Marta y la zona de manglar que se confundió con la selva existente en la ribera de la Laguna de Sontecomapan debido a que presentaban la misma coloración en la imagen de satélite, pero en campo se logró observar que eran coberturas diferentes.

El grado de exactitud obtenido en las diferentes categorías de CUS es aceptable debido a que más del 30% del total de los polígonos interpretados se etiquetó durante el trabajo de campo.

	B	S	Man	Mat	Pc	Asv	Dc	Ca	Ah	Suma	Exactitud
Bosques (B)	12	3								15	93.3
Selva perennifolia (S)	53	488								541	90
Manglar (Man)		1	4							5	80
Matorral (Mat)				42	1		1			44	95.5
Pastizal-cultivos (Pc)				1	409					410	99.8
Áreas sin vegetación (asv)						18				18	100
Dunas costeras (Dc)				1	1		27			29	93.1
Cuerpos de agua (Ca)								12		12	100
Asentamientos humanos (Ah)									94	94	100
Suma	65	540	4	44	417	18	28	29	94		
										exactitud	
Exactitud	82.4	99.6	100	95.5	98.1	100	96.4	100	100	global	95.7

Cuadro 6.1. Matriz de confusión de la interpretación de la cobertura y uso de suelo.

La verificación y validación del etiquetamiento se llevó a cabo en las bases de datos de la cobertura y uso de suelo generalizada. Existen 1,159 polígonos en el año 1996 y 1,184 en el 2011 dando un total en los dos periodos de 2,343 polígonos. Con respecto al año 2011 se verificaron y validaron 626 polígonos en campo lo que representó el 52.7% del total de los polígonos, de acuerdo a algunos autores con la verificación y validación del 30% de los polígonos es aceptable la información.

6.1 Análisis espacial del cambio de cobertura y uso del suelo

El análisis espacial de la información generada, examina el comportamiento de las categorías de la cobertura y uso, considerando el área y el porcentaje de cobertura de las clases reclasificadas para cada tiempo (figura 6.1 y cuadro 6.2).

Cobertura y uso del suelo	Año 1996		Año 2011	
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque	2,657.0	1.7	2,205.9	1.5
Selva alta y mediana perennifolia	64,076.3	41.3	60,612.0	39.1
Manglar	518.2	0.3	501.7	0.3
Matorral	552.0	0.4	701.2	0.5
Pastizales – cultivos	83,293.2	53.7	86,491.7	55.8
Dunas costeras y playas	844.3	0.6	881.3	0.6
Cuerpos de agua y vegetación acuática	1,697.9	1.1	1,651.2	1.1
áreas sin vegetación aparente	378.9	0.3	439.0	0.3
Asentamientos Humanos	1,063.7	0.7	1,574.2	1.0
Total	155,058.6	100	155,058.6	100

Cuadro 6.2. Superficies y porcentajes de las categorías generalizadas.

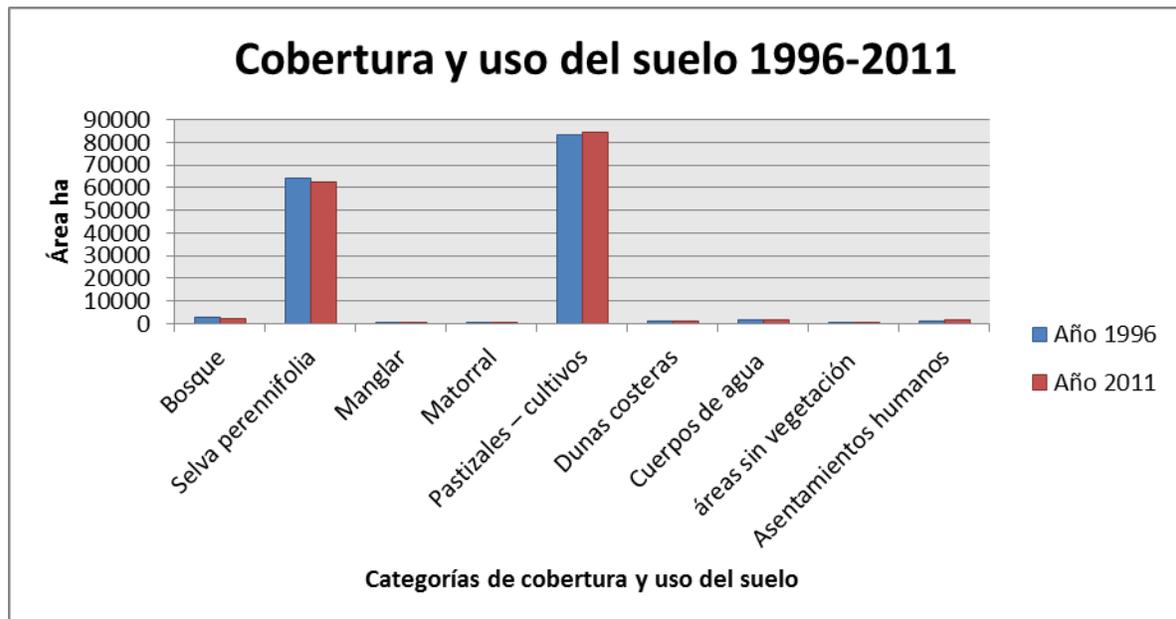


Figura 6.1. Comparación de la cobertura y uso del suelo de los años de 1996-2011 en la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.

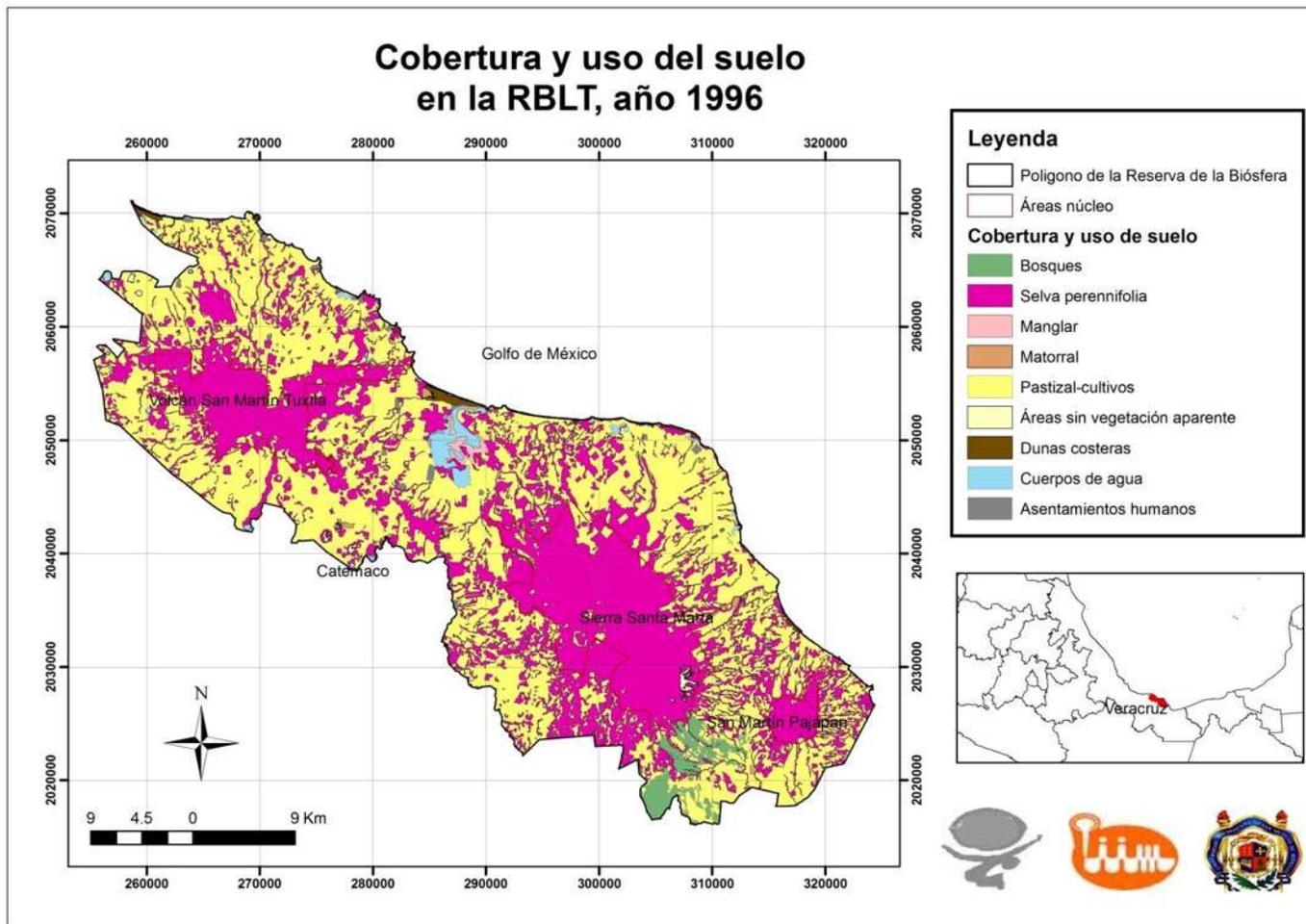


Figura 6.2. Cobertura y uso de suelo del año 1996 en la RBLT. Elaboración propia, Zona UTM 15.

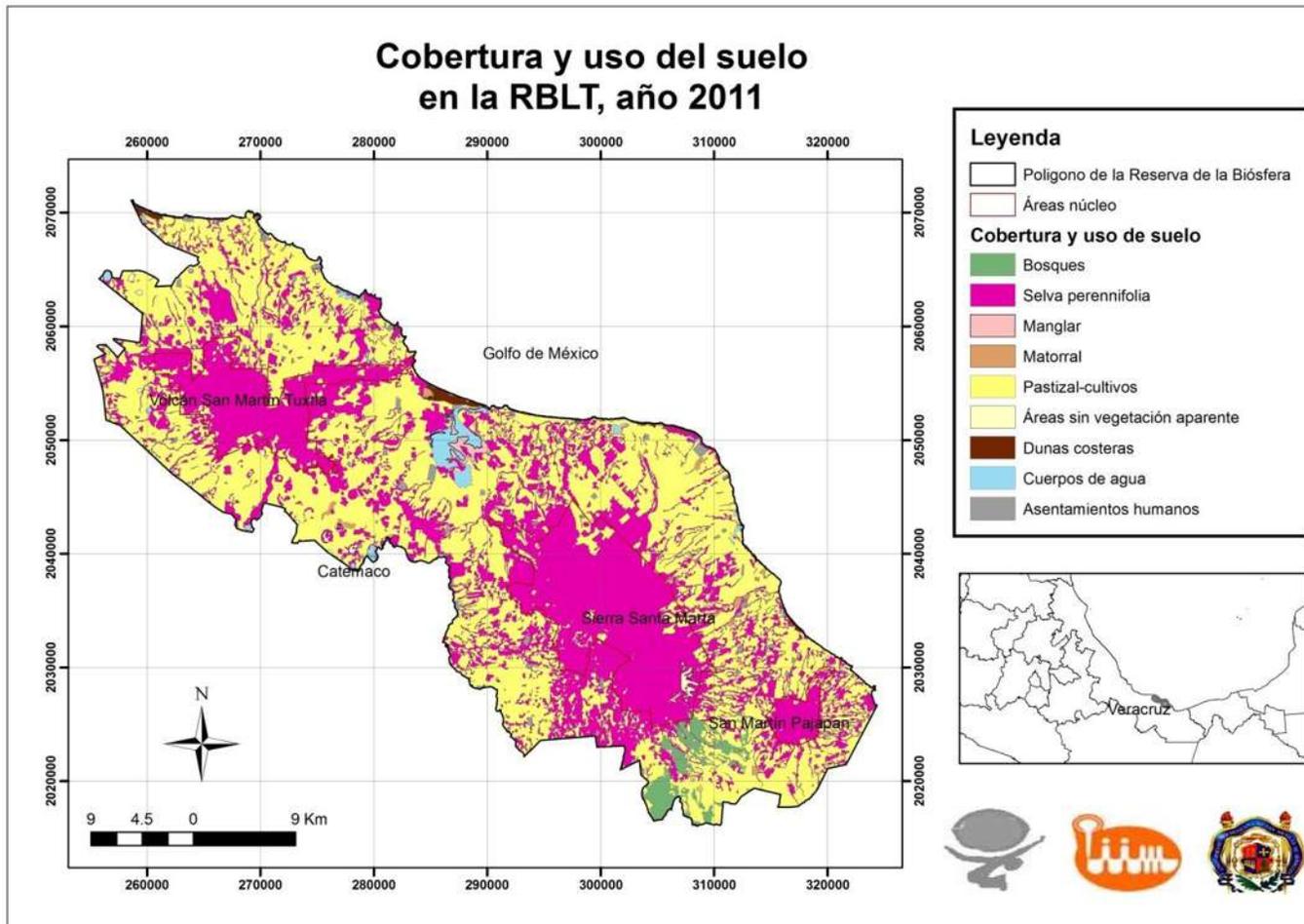


Figura 6.3. Cobertura y uso de suelo del año 2011 en la RBLT. Elaboración propia, Zona UTM 15.

Pastizales-cultivos

Para la realización de esta investigación se procedió a unir las categorías de los pastizales y los cultivos. Esta categoría cubrió más del cincuenta por ciento de la zona de estudio en ambos años de estudio, en el año 1996 (53.7%) y en el 2011 (55.8%) (Cuadro 6.2). Este sistema de aprovechamiento involucra actividades agrícolas y pecuarias en la misma zona y durante el mismo año, los dueños del terreno durante una parte del año siembran, al terminar la cosecha queman los campos y dejan que crezca el pasto para alimentar al ganado (Guevara *et al.*, 2010). El hecho de que el sistema agropastoril sea la principal cobertura que existe en la zona de estudio indica el grado de perturbación que se presenta en el ANP desde su fundación.

La categoría de pastizales-cultivos, presentó un aumento en su cobertura, respecto al año 1996 donde contaba con una superficie de 83,293.2 ha y en 2011 su extensión fue de 86,491 ha, es decir, más de 3, 653 ha, principalmente de selva perennifolia (1,881 ha) y bosques (400 ha). La RBLT ha sido utilizada con fines agrícolas desde la época prehispánica estudios arqueológicos han comprobado la presencia de asentamientos humanos los cuales cultivaban maíz en los Tuxtlas desde el año y 1400 a. C (Velázquez H., *et al.*, 2000; Guevara *et al.*, 2010). Se reconoce al cultivo de maíz como el predominante en la región (SEMARNAP, 1997). De acuerdo a Guevara *et al.*, (2010), el 53% de los campesinos se dedica a la producción del maíz con una superficie promedio de 1.5 ha por campesino que se encuentran bajo el régimen de propiedad ejidal.

El cultivo de maíz se distribuye ampliamente en toda la región, principalmente en los municipios de Soteapan, Tatahuicapan, Pajapan, Mecayapan y San Andrés Tuxtla (CONANP, 2008). En varias partes de la Reserva se pueden llevar a cabo dos periodos de cultivo de abril a noviembre en temporal (primavera -verano) y de noviembre a marzo en la modalidad denominada tapachole (otoño-invierno) todavía es frecuente observar el uso del germoplasma regional en zonas Zoque-Popoluca y Nahua del sur de la Reserva, donde aún se cultiva con la ayuda de la

coa, el cual es un palo extremo puntiagudo y fue uno de los primeros instrumentos empleados para el cultivo de maíz (Paré *et al.*, 2004).

La caña de azúcar se localizan en terrenos planos o suavemente ondulados en los municipios de Ángel R. Cabada, San Andrés Tuxtla y Santiago Tuxtla principalmente en la parte nor-noroeste esta actividad es la segunda en importancia de cultivos después del maíz para la región. El mayor productor de caña de azúcar del país, es el estado de Veracruz con una producción en el año 2009, de más de 16 millones de toneladas representando el 33% de la producción nacional de este cultivo (INEGI, 2012) y se emplea temporalmente a la población de la zona serrana de la reserva para el corte o la zafra.

El cultivo de café es la tercera actividad más importante en la reserva en el año 1996, hubo rendimientos del café de entre 830 a 1.19 kg/ha, el estado es el productor número dos de este cultivo con más de 320 mil toneladas representando el 22% de la producción nacional en el año 2009. Los municipios de Sotepan, Catemaco y Hueyapan son los que cuentan con mayor superficie dedicada a este cultivo (SAGARPA, 2012).

En el año de 1991 se contaba con más de 63,700 cabezas de ganado bovino en la región (Cuadro 6.3) y para 1995 se contabilizó una población de bovinos de 97,497 cabezas (CONANP, 2006; INEGI, 2010). En el año 2007 la región contaba con más de 155 mil cabezas de ganado vacuno; San Andrés Tuxtla con más de 37 mil; Santiago Tuxtla con 33 mil y Catemaco con 24,800 cabezas de ganado (Cuadro 6.3) En 2011 SAGARPA reportó una producción de casi 4 millones de cabezas de ganado en el Estado de Veracruz (SAGARPA, 2012) convirtiéndolo así como el mayor productor del país de ganado vacuno.

Municipio	Existencias Totales 1991	Existencias Totales 2007
Ángel R. Cabada	11,450	18,396
Catemaco	9,322	24,800
Pajapan	4,291	11,087
San Andrés Tuxtla	16,391	37,416
Santiago Tuxtla	13,823	33,018
Soteapan	4,364	8,285
Mecayapan	4,077	8,545
Tatahuicapan de Juárez	-	13,964
Total en la Región	63,718	155,511

Cuadro 6.3. Existencia de ganado vacuno por municipio en el año 1991 y 2007.

Fuente: Realizado a partir de INEGI 1991 y 2007.

Esta categoría se encuentra sobre colinas (46%), piedemontes (20%), montañas (14%) (Cuadro 6.4) lo que indica que las labores agropecuarias se realizan en zonas donde existe pendiente. La implicación de que los campos de cultivo y la ganadería se desarrollen en zonas inclinadas, indica que debe de existir acciones de conservación de suelos y evitar así la erosión de los mismos; en algunas partes de la reserva aún se cultiva con la coa (Guevara *et al.*, 2010). Los tipos de suelo que dominan la categoría en ambos años de estudio son: andosol con 50% y acrisol 30% (cuadro 6.4), los primeros se localizan en la parte centro y norte de la reserva y el acrisol en el centro-sur, en la Sierra Santa Marta.

Unidades de paisaje	Pastizales-cultivos Año 1996	Pastizales-cultivos Año 2011
Montañas	14.5	14.8
Lomeríos Altos	4.8	4.8
Piedemonte	22.7	23.2
Colinas	46	45.5
Lomeríos Bajos	1.4	1.3
Planicies	10.7	10.4
Grupos de suelo		
Acrisol	30.2	30.2
Andosol	50.5	49.8
Cambisol	0.7	0.7
Feozem	0.4	0.3
Gleysol	0.5	0.5
Luvisol	16.2	16.9
Regosol	1.4	1.4
Vertisol	0.1	0.1

Cuadro 6.4.Unidades de paisaje, grupos de suelo y pastizales-cultivos

Selva perennifolia

Para la generalización de esta categoría se conjuntaron las categorías de selva alta perennifolia y selva mediana perennifolia. Es la segunda categoría de CUS que predominaba en el área en ambos años de estudio, en 1996 con 41.3% y en el 2011 con 39.1% (cuadro 6.2), esta cobertura es la causa principal por la que se creó el decreto de reserva de la Biósfera en el año de 1998; la selva perennifolia se encontró en las tres zonas núcleo de la ANP (Volcán San Martín, Sierra Santa Marta y San Martín Pajapan), se distribuye ampliamente en toda la reserva tanto en las áreas núcleo como en la zona de amortiguamiento.

La selva perennifolia, fue la cobertura que más superficie perdió en este lapso (15 años) con 3,468 ha (231 ha/año) convirtiéndose principalmente en pastizales-cultivos; en asentamientos humanos (224.7 ha); en áreas sin vegetación aparente (45.2 ha) y en matorral (19.2 ha). En el área de estudio existen diversos estudios relacionados con la vegetación (Dirzo *et al.*, 1994; Guevara *et al.*, 2010; García *et al.*, 2011). De acuerdo con Dirzo (1986), el 84% de la selva original se ha perdido en la parte norte de la Reserva.

Recientemente autoridades federales y estatales han logrado articular acciones conjuntas en pro del desarrollo forestal sustentable en la reserva donde históricamente ha sufrido deforestación y se ha revertido la situación. Entre el año 2007 y 2010 se han invertido en Los Tuxtlas mediante el programa ProÁrbol más de 70 millones de pesos que han apoyado a 782 proyectos para reforestar 100 mil ha (CONANP, 2012; CONAFOR, 2012).

La selva perennifolia se encuentra en montañas 46.0% principalmente en las tres áreas núcleo, colinas con 37.0%, lomeríos bajos en 0.7% y lomeríos altos con 2.6%, cerca del 50% de la categoría se encuentra en montañas con pendientes pronunciadas que van de los 11° a 58° principalmente en las áreas núcleo, aun hoy en día se encuentran zonas inaccesibles en estos sitios, lo que posiblemente ha permitido que se conserven estas zonas. Hay dos grupos de suelo que dominaban la cobertura de la selva perennifolia, los cuales de acuerdo al INEGI son altamente aptos para este tipo de cobertura; acrisol con el 46% en los dos periodos y andosol con 40%, los demás tipos de suelo representan el 14% para esta categoría.

Unidades de paisaje	Selva perennifolia 1996 Porcentaje (%)	Selva perennifolia 2011 Porcentaje (%)
Montañas	46.7	46.9
Lomeríos	3.5	3.6
Piedemonte	8.5	8
Colinas	37.1	37.2
Planicies	4.5	4.5
Grupos de suelo		
Acrisol	46.1	46.1
Andosol	40	40.4
Cambisol	0.4	0.4
Feozem	0.1	0.3
Gleysol	0.3	0.3
Luvisol	12	11.4
Regosol	1	1.1

Cuadro 6.5. Unidades de paisaje, grupos de suelo y selva perennifolia.

Bosques

En la reserva de la biósfera se localizan: Bosques de pino, bosque de encino, bosque mixto (Guevara *et al.*, 2010; Laborde *et al.*, 2010), los cuales fueron generalizados en la categoría bosques (cuadro 5.5). Los bosques se observaron en la parte sur de la RBLT. Los bosques en el año 1996 represento el 1.7% y en 2011 con 1.5% (Cuadro 6.2), se perdieron 432 ha (28.8 ha/año), de las cuales se convirtieron en pastizales-cultivos más de 400 ha y 26 ha para formar asentamientos humanos. Debido a la alta demanda de madera de pino y de encino utilizada para la construcción y la fabricación de muebles “En esta zona existen más de 100 carpinteros que trabajan la madera mucha de ella ilegal, además se han hecho reforestaciones lamentablemente muchas de las plantas no son nativas de la zona donde se localizan los bosques” (com pers. 2012 CONANP).

Los bosques en ambos periodos se localizaron principalmente en lomeríos (44.8%), piedemonte (37.3%) y montañas (17.9%). En 2011 en lomeríos (45.4%), piedemonte (33.3%) y montañas (21.3%) (cuadro 6.6). Los bosques se localizaban, en 1996, en suelos de tipo acrisol con 86% y luvisol con 14%, los cuales son aptos para este tipo de cobertura, en 2011, acrisol con 83% y luvisol con 14% (cuadro 6.6).

Unidades de paisaje	Bosques 1996 Porcentaje (%)	Bosques 2011 Porcentaje (%)
Montañas	17.9	21.3
Lomeríos	44.8	45.4
Piedemonte	37.3	33.3
Grupos de suelo		
Acrisol	14	17.4
Luvisol	86	82.6

Cuadro 6.6. Unidades de paisaje, grupos de suelo y bosques

Manglar

El manglar se observó principalmente en la ribera de la Laguna de Sontecomapan en el municipio de Catemaco. El manglar en ambos años representó el 0.3% (cuadro 6.2), perdió 16.5 ha esto es 1.1 ha/año, convirtiéndose principalmente a pastizales-cultivos. El manglar se encontró en planicies con más del 90% (cuadro 6.7) y los grupos de suelo que dominaban la categoría son los gleysoles característicos de los manglares, estos toleran inundaciones (cuadro 6.7).

Unidades de paisaje	Manglar 1996 Porcentaje (%)	Manglar 2011 Porcentaje (%)
Planicies	91.6	91.8
Laguna	9.4	8.3
Tipos de suelo		
Andosol	45.0	45.3
Gleysol	53.2	53.7

Cuadro 6.7. Unidades de paisaje, grupos de suelo y manglar.

Cuerpos de agua

En esta categoría se unieron la categoría de cuerpos de agua y vegetación acuática (cuadro 5.5). En la reserva de la Biósfera de “Los Tuxtlas”, el cuerpo de agua más grande es la Laguna de Sontecomapan con 891 ha y lagos cratéricos (aproximadamente 10), uno de ellos es la Laguna Escondida, cerca de la Estación Biológica de UNAM y Laguna Encantada. Esta categoría, en el año 1996, contaba con una extensión de 1,679 ha (1.1%) y en 2011 1,654 ha (1.1%) (cuadro 6.2); pierde 46.7 ha(3.1 ha/año) en el periodo de estudio.

Dunas costeras

Esta categoría se generalizó agrupando las playas y las dunas costeras (cuadro 5.5), se observaron en la zona costera de la reserva. Esta categoría presentó un incremento de 37 ha(2.5 ha/año). Las planicies dominaban la categoría con más del 95% de su superficie (cuadro 6.8). En el tipo de suelo hay una inconsistencia con la base de datos de INEGI debido a que se localizaban en andosol 61% y regosol 20%, de acuerdo a lo observado por Mendoza (1996), la mayoría de las dunas costeras son misceláneo-arenoso.

Unidades de paisaje	Dunas costeras 1996 Porcentaje (%)	Dunas costeras 2011 Porcentaje (%)
Montañas	17.9	21.3
Lomeríos	44.8	45.4
Piedemonte	37.3	33.3

Cuadro 6.8.Unidades de paisaje, grupos de suelo y dunas costeras

Áreas sin vegetación aparente

Las áreas sin vegetación se localizaron principalmente en la parte Este del Volcán Santa Marta y en algunas partes al norte de la reserva donde no se observó vegetación alguna, sino un suelo desnudo, esto se logró con la ayuda de trabajo de campo y la percepción remota. En el año 1996, fueron 378 ha y en 2011, 439 ha, aumentó 60 ha (4ha/año), principalmente de selva perennifolia (45.2 ha) y pastizales-cultivos (14.8 ha). La categoría se encontró en montañas con 50% y colinas 45% (cuadro 6.9) para los dos periodos de estudio, las cuales presentaron pendientes pronunciadas y alta erosión. Los tipos de suelo que se encontraron son acrisoles y andosoles (cuadro 6.9).

Unidades de paisaje	Áreas sin vegetación 1996 Porcentaje (%)	Áreas sin vegetación 2011 Porcentaje (%)
Montañas	49.3	51
Piedemonte	2.8	2.5
Colinas	47.9	46.5
Grupos de suelo		
Acrisol	51.8	53.3
Andosol	48.2	46.7

Cuadro 6.9.Unidades de paisaje, grupos de suelo y áreas sin vegetación aparente.

Asentamientos humanos

Esta zona ha estado habitada desde la época de la cultura madre “los Olmecas” (Guevara *et al.*, 2010). Más de la mitad de las poblaciones de la Reserva son consideradas como rurales, es decir, no llegan a los 2,500 habitantes (INEGI, 2010). Esta categoría se caracteriza por arreglos geométricos realizados por el hombre, se encuentra distribuida en zonas de la reserva inclusive en las zonas núcleo, lo cual de acuerdo a la normatividad de la CONANP está prohibido, debido a que estas zonas son de conservación y restauración, así como a la investigación

científica. Hay un aumento en la superficie de los asentamientos humanos (Ah); en el año 1996 con 1,063 ha y en 2011 a 1,568 ha, aumentando 504.7 ha (33.6 ha/año) en un periodo de 15 años dentro de la reserva.

Se consultó el Marco Geoestadístico Básico para las localidades, los censos y conteos realizados por el INEGI (INEGI, 1995; INEGI, 2000; INEGI, 2005; INEGI, 2010). El total de localidades del año 1995, fueron 172 con una población de 25,451 habitantes, el municipio con mayor cantidad de localidades y población dentro de la RBLT fue Catemaco con 47 localidades y 9,748 personas; San Andrés Tuxtla con 42 localidades y 7,204 habitantes; Sotepan con 26 localidades y 5,169 pobladores; los municipios que presentaron menos localidades dentro de la ANP son: Santiago Tuxtla con 5 localidades y 184 habitantes; Ángel R. Cabada con tres localidades y 129 residentes. En el año 2000, el número de localidades aumentaron a 379 con una población de 27,619 personas. El municipio de Catemaco presentó 197 poblaciones y 10,426 pobladores; San Andrés Tuxtla 56 localidades y 7,355 habitantes; Tatahuicapan 37 localidades y 5,171 personas.

En el año 2005, eran 377 localidades y 30,088 pobladores; Catemaco 194 localidades y 10,115 habitantes, hubo una disminución de tres localidades y de población alrededor de 300 personas; San Andrés aumentó siete localidades y su población 8,953; en Tatahuicapan creció su población cerca de 500 personas. Mecayapan aumentó en 800 habitantes y Ángel R. Cabada disminuyó su población de 96 a 60 personas dentro de la RBLT.

A partir del censo del año 2010 el INEGI decidió, por razones de seguridad, para los pobladores no colocar localidades con menos de 10 habitantes, debido a que se prestan para hacer mal uso de la información (com pers, INEGI, 2012). Por tal motivo disminuye el número de localidades quedando en 344 y la población en 31,694 aumentando más de 1,500 personas con respecto al 2005. En Catemaco las localidades disminuyen a 162 posiblemente con lo explicado anteriormente, y su población 10,507 personas; San Andrés Tuxtla con 64 localidades y población

de 9,319 habitantes; Tatahuicapan con 37 localidades y 5,936 pobladores; Mecayapan con 3,651 residentes y 44 localidades (cuadro 6.11).

Se elaboraron las tasas de crecimiento de la población mediante la fórmula utilizada por INEGI, 2007; para la población dentro de la reserva que presentó valores de 1.64% para el periodo 1995-2000; 1.72% de 2000-2005 y de 1.04% de 2005-2010. De 1995 a 2010, la población aumentó 6,243 habitantes y la tasa de tasa de crecimiento anual fue de 1.47%, mientras que la categoría de los asentamientos humanos aumentó 0.3% su superficie en los años de estudio. Se observó que la tasa de crecimiento de la población es mayor que a la superficie de la categoría de los asentamientos humanos.

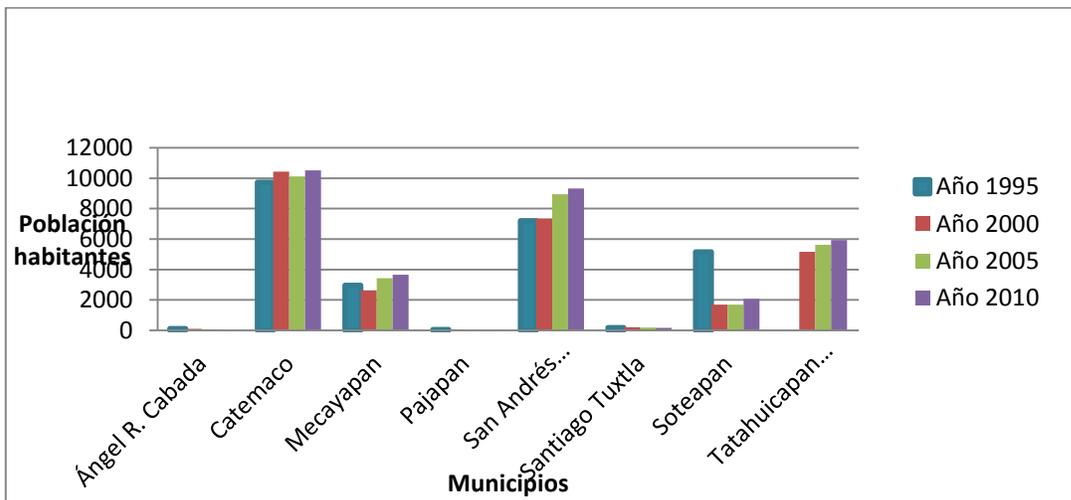


Figura 6.4. Población dentro de la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.

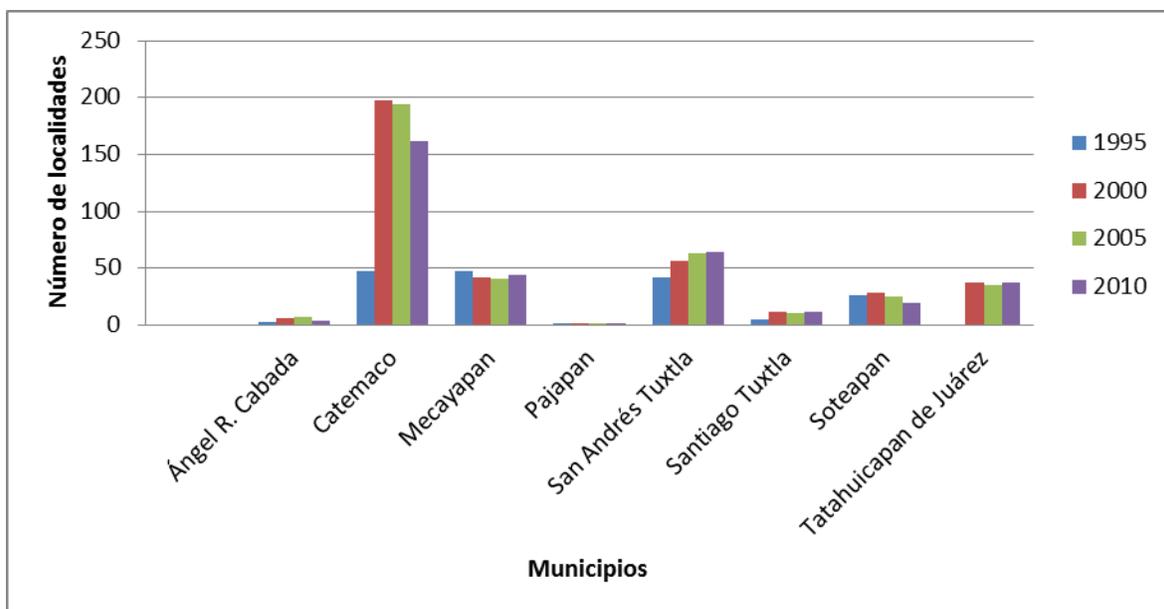


Figura 6.5. Localidades dentro de la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.

En el año de 1996 los asentamientos humanos se ubicaban principalmente en: colinas en 33% y planicies con 32%; en montañas con el 8% como la comunidad de Santa Marta ubicada en la Sierra del mismo nombre. En el año 2011, en colinas 31.7% y planicies 26.8%, hay un aumento de localidades ubicadas en las montañas ya que pasa de un 8% en el 1996 a un 14.6% en 2011. Los Ah en 1996 se localizaban en andosoles con 60% y acrisol con 23.7%, en el año 2011, andosol 65% y acrisol 30.9%.

Unidades de paisaje	Asentamientos humanos 1996 Porcentaje (%)	Asentamientos humanos 2011 Porcentaje (%)
Montañas	49.3	51
Piedemonte	2.8	2.5
Colinas	47.9	46.5
Grupos de suelo	-	-
Acrisol	51.8	53.3
Andosol	48.2	46.7

Cuadro 6.10. Unidades de paisaje, grupos de suelo y asentamientos humanos.

6.2 Matriz de probabilidad de transición y matriz de cambios para el periodo de 1996-2011 en la reserva

En la matriz de probabilidad de transición, la diagonal que recorre de izquierda a derecha el cuadro, representa la probabilidad de cada categoría de permanecer o mantenerse de un tiempo a otro. En la matriz para el periodo de 1996-2011 (cuadro 6.11), las categorías que tienen mayor probabilidad de permanecer en el tiempo son: asentamientos humanos (99%), dunas costeras (98.4%) y los pastizales-cultivos (96.9%). La categoría de asentamientos humanos no solo permanece en el tiempo, sino que además su superficie aumenta entre dichos periodos.

Las clases que presentaron menor probabilidad de permanecer, pueden desaparecer son: bosques (83.6%) y selva perennifolia (94.4%), estas categorías son dinámicas, por ser clases “fuentes”, es decir, funcionan como fuente de superficie hacia otras categorías y también son atractoras, por ejemplo, los bosques se convirtieron en pastizales-cultivos (15.1%), la selva a pastizales-cultivos (5%).

La matriz de probabilidad de transición (cuadro 6.11) presentó alta probabilidad de permanecer, debido a que los rangos superan el 94%, a excepción de los bosques que contaron con una permanencia de 83.6%. La selva perennifolia tuvo un 94.4% de probabilidad de persistencia, 5% de cambiar a pastizales-cultivos y 0.4% para convertirse en asentamientos humanos. La categoría de los manglares tuvieron una probabilidad de cambio del 3.2% para convertirse en pastizales-cultivos. Los pastizales-cultivos presentaron una alta probabilidad de permanecer en el tiempo, debido a que es la mejor representada en la RBLT y las probabilidades de cambio fueron bajas. Los asentamientos humanos presentaron alta permanencia con un 99%. La matriz de flujo (cuadro 6.12) refleja los cambios más significativos dentro de la reserva y se observó las categorías con valores más altos con los pastizales-cultivos y selva perennifolia.

2011 1996	B %	S %	Man %	Mat %	Pc %	Asva %	Dc %	Ca %	Ah %
B	83.6	0.2	-	-	15.2	-	-	-	1
S	0.1	94.4	-	-	5	0.1	-	0.1	0.4
Man	-	-	96.8	-	3.2	-	-	-	-
Mat	-	-	-	100	-	-	-	-	-
Pc	0.1	2.5	-	0.2	96.9	-	0.1	-	0.3
Asva	-	-	-	-	2.6	97.4	-	-	-
Dc	-	-	-	0.5	0.7	-	98.6	-	0.2
Ca	-	0.8	-	-	2.8	-	-	96.4	-
Ah	-	-	-	-	1	-	-	-	99

Cuadro 6.11. Matriz de probabilidad de permanencia del año 1996 a 2011.

2011 1996	B %	S %	Man %	Mat %	Pc %	Asva %	Dc %	Ca %	Ah %	Total %
B	1.4	-	-	-	0.3	-	-	-	-	1.7
S	-	39	-	-	2.1	-	-	0.1	0.1	41.3
Man	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	0.3
Mat	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	0.4
Pc	-	1.3	-	0.1	52.1	-	-	-	0.2	53.7
Asva	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2
Dc	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	0.5
Ca	-	-	-	-	-	-	-	1.1	-	1.1
Ah	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	0.7
%	1.5	40.4	0.3	0.5	54.4	0.3	0.6	1.1	1	100

Cuadro 6.12. Matriz de flujo de la Reserva.

Categorías de cobertura y uso de suelo: B= Bosque, S= Selva perennifolia, Man= Manglar, Mat= Matorral, Pc= Pastizal-cultivos, Dc= Dunas costeras, Asva= Áreas sin vegetación aparente, Ca= Cuerpos de agua, Ah= Asentamientos humanos.

Analizando la matriz de cambios resultante de la tabulación cruzada (cuadro 6.14 y cuadro 6.15), dominó la persistencia en el paisaje, es decir, lo que permaneció sin cambio alguno dentro RBLT. Las pérdidas representaron el 3.2% lo que equivale a 4,985 ha, el 2.4% fue ocupado por la selva perennifolia que pasaron a ser pastizales-cultivos con más de 3,000 ha; la categoría de los bosques representaron el 0.28%, equivale a 432 ha el cual pasó a formar parte de pastizales-cultivos y asentamientos humanos.

La categoría de pastizales-cultivos presentó 454 ha de cambios, principalmente a los asentamientos humanos con más del 50% de esta área y al matorral con 126 ha, esto pudo ser ocasionado por el abandono tierras y se restaurando de manera natural. Las ganancias ocuparon el 2.86% con 4,433 ha; las coberturas que estaba ganando, son los pastizales-cultivos con el 2.36%, lo que equivale a una ganancia de 3,653 ha; los asentamientos humanos presentaron una ganancia de 517 ha (0.33%); el matorral obtuvo una ganancia de 149 ha que equivale al 0.1%.

El cambio total representado dentro de la categoría de la selva perennifolia, fue de 2.24% con una superficie de 3,473 ha, el intercambio que obtuvo esta categoría fue de solo 0.01% y el cambio neto fue de 1.17%, con una extensión de 1,805 ha. La categoría de los bosque presentó un cambio total de 0.28%, con una área de 432 ha y su cambio neto fue de 341.3 ha representado un 0.22%. El cambio neto es de 2.8%; en el cual la categoría de la selva es la más afectada con un valor de pérdidas de 1.17% y una extensión de 1,805 ha.

Las ganancias en la categoría de pastizales-cultivos aumentaron 3,653 ha y los asentamientos humanos con más de 500 ha; el matorral obtuvo una ganancia de cerca de 150 ha. Las categorías que más perdieron fueron: la selva perennifolia y el bosque. La vulnerabilidad que presentan las principales categorías de acuerdo a sus índices de persistencia, los resultados indican que existen categorías que tienden a perder o ganar superficie más que a persistir (cuadro 6.15). Por ejemplo, los bosques tienden a perder más con un índice de 0.196, las selvas 0.057 y el manglar con 0.033. Por su parte las coberturas que tienden a ganar son: los asentamientos humanos con un índice de 1.49, las áreas sin vegetación aparente con 0.159 (cuadro 6.13).

Cobertura y uso del suelo	Índice P/P	Índice G/P
Bosques	0.196	0.000
Selva perennifolia	0.057	0.000
Manglar	0.033	0.000
Matorral	0.007	0.270
Pastizal-cultivos	0.005	0.044
Áreas sin vegetación	0.000	0.159
Dunas costeras	0.010	0.059
Cuerpos de agua	0.028	0.000
Asentamientos humanos	0.006	1.489

Cuadro 6.13. Índice de persistencia.

Año 1996	Año 2011	B	S	Man	Mat	Pc	Asva	Dc	Ca	Ah	Total 1996	Pérdidas
B	2205.9	-	-	-	-	401.6	-	-	-	25.9	2,657	432.2
S	-	60,612.5	-	19.2	3,179.4	45.2	-	-	-	224.7	64,076.3	3468.5
Man	-	-	501.7	-	16.5	-	-	-	-	-	518.2	16.5
Mat	-	-	-	552.0	-	-	-	-	-	-	552.0	0
Pc	-	-	-	126.1	82,838.5	14.8	50.4	-	-	264.4	83,293.2	454.7
Asva	-	-	-	-	-	378.9	-	-	-	-	378.9	0.0
Dc	-	-	-	3.9	2.4	-	830.9	-	-	2.1	844.3	8.4
Ca	-	-	-	-	46.7	-	-	1,651.2	-	-	1,697.9	46.7
Ah	-	-	-	-	6.5	-	-	-	1,057.2	-	1,063.7	6.5
Total 2011	2,205.9	60,612.5	501.7	701.2	86,491.7	439.0	881.3	1,651.2	1,574.2	155,058.7	-	-
Ganancias	0.0	0.0	0.0	149.2	3,653.2	60.1	49.4	0.0	517.0	-	-	-

Cuadro 6.14. Resultados de la tabla cruzada con pérdidas ganancias para los periodos de 1996 y 2011 valores dados en hectáreas.

Categorías de cobertura y uso de suelo: B= Bosque, S= Selva perennifolia, Man= Manglar, Mat= Matorral, Pc= Pastizal-cultivos, Dc= Dunas costeras, Asva= Áreas sin vegetación aparente, Ca= Cuerpos de agua, Ah= Asentamientos humanos.

CUS	Año 1996		Año 2011		Ganancias		Pérdidas		Cambio Total		Intercambio		Cambio Neto	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	(G)	%	(P)	(%)	(CT)	%	(I)	%	(CN)	%
B	2,657	1.7	2,205.9	1.5	0.0	0.00	432.2	0.28	432.2	0.28	0.0	0.00	341.3	0.22
S	64,076.3	41.31	60,612	39.1	4.7	0.00	3,468.5	2.24	3,473.3	2.24	9.4	0.01	1,805.05	1.17
Man	518.2	0.33	501.7	0.33	0.0	0.00	16.5	0.01	16.5	0.01	0.0	0.00	7.9	0.01
Mat	552	0.36	701.2	0.45	149.2	0.10	552.0	0.36	701.2	0.45	298.4	0.19	149.9	0.10
Pc	83,293.2	53.73	86,491.7	55.8	3,653.2	2.36	454.7	0.29	4,107.8	2.65	909.4	0.59	1,424.3	0.92
Dc	844.3	0.55	881.3	0.57	60.1	0.04	0.0	0.00	60.0	0.04	120.2	0.08	37.5	0.02
Ca	1,697.9	1.09	1,651.2	1.11	49.4	0.03	8.4	0.01	57.8	0.04	16.8	0.01	23.7	0.02
Asva	378.9	0.24	439.0	0.28	0.0	0.00	46.7	0.03	46.7	0.03	0.0	0.00	50.7	0.03
Ah	1,063.7	0.69	1,574..2	1.01	517.0	0.33	6.5	0.00	523.5	0.34	13.0	0.01	504.7	0.33
Suma Total	155,058.7	100	155,058.7	100	4,433.5	2.86	4,985.5	3.2	9,419.1	6.1	1,367.2	0.88	4,345.05	2.80

Cuadro 6.15. Porcentaje de la cobertura y uso del suelo, ganancias, pérdidas, cambio total, intercambio y cambio neto.

Categorías de cobertura y uso de suelo: B= Bosque, S= Selva perennifolia, Man= Manglar, Mat= Matorral, Pc= Pastizal-cultivos, Dc= Dunas costeras, Asva= Áreas sin vegetación aparente, Ca= Cuerpos de agua, Ah= Asentamientos humanos.

Con base en la fórmula para calcular tasas de cambio de la FAO se observó, que las categorías que presentaron una tasa de cambio negativa fueron las siguientes categorías: bosques con -0.97%, selva perennifolia -0.33% y el manglar -0.19%. La categoría que presentó mayor porcentaje en cambio positivos fue la de los asentamientos humanos con 2.38% y el matorral con 1.44%.

Cobertura y uso del suelo	Cambio en %
Bosque	-0.97
Selva perennifolia	-0.33
Manglar	-0.19
Matorral	1.44
Pastizales-cultivos	0.22
Dunas costeras	0.25
Cuerpos de agua	-0.17
Áreas sin vegetación aparente	0.88
Asentamientos humanos	2.38

Cuadro 6.16. Tasa de cambio en la RBLT.

Se evaluó la velocidad de cambios de uso de suelo, para los años de 1996 y 2011, mediante la fórmula adaptada de FAO (1984) y Ortiz Solorio *et al.*, 1994: conjuntamente se aplicaron las clases (nula, ligera, moderada, severa y muy severa). Los valores se encuentran en un rango de |0 a 2| lo cual indica que el ID (incremento del cambio) está entre la categoría nula; en donde las categorías no presentaron cambios significativos, por lo tanto la superficie se mantiene igual y la categoría ligera en la cual se puede tener efecto perjudicial pero pequeño (cuadro 6.17).

Cobertura y uso de suelo	ID	Clase
Bosque	-0.78	L
Selva alta y mediana perennifolia	0.35	L
Manglar	0	N
Matorral	1.33	L
Pastizales – cultivos	0.26	L
Dunas costeras y playas	0	N
Cuerpos de agua y vegetación acuática	0	N
áreas sin vegetación aparente	0	N
Asentamientos Humanos	2	L

Cuadro 6.17. Velocidad de cambio en la ANP.

6.3 Procesos de cambio en la Reserva de la Biósfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz.

Se realizó la matriz de procesos de cambio en la zona de estudio (cuadro 6.18).

	B	S	Man	Mat	Pc	Dc	Asva	Ca	Ah
B	NC	OC	D	D	D	D	D	OC	D
S	OC	NC	D	D	D	D	D	OC	D
Man	R	R	NC	OC	OC	OC	OC	OC	U
Mat	R	R	OC	NC	OC	OC	OC	OC	U
Pc	R	R	OC	OC	NC	OC	OC	OC	U
Dc	R	R	OC	OC	OC	NC	OC	OC	U
Asva	R	R	OC	OC	OC	OC	NC	OC	U
Ca	OC	OC	OC	OC	OC	OC	OC	NC	OC
Ah	OC	OC	OC	OC	OC	OC	OC	OC	NC

Cuadro 6.18. Matriz de procesos de cambio en la reserva

Categorías de cobertura y uso de suelo: B= Bosque, S= Selva perennifolia, Man= Manglar, Mat= Matorral, Pc= Pastizal-cultivos, Dc= Dunas costeras, Asva= Áreas sin vegetación aparente, Ca= Cuerpos de agua, Ah= Asentamientos humanos.

Categorías de procesos de cambios: NC= No cambio, R= Reforestación, D= Deforestación, U= Urbanización y OC= Otros cambios.

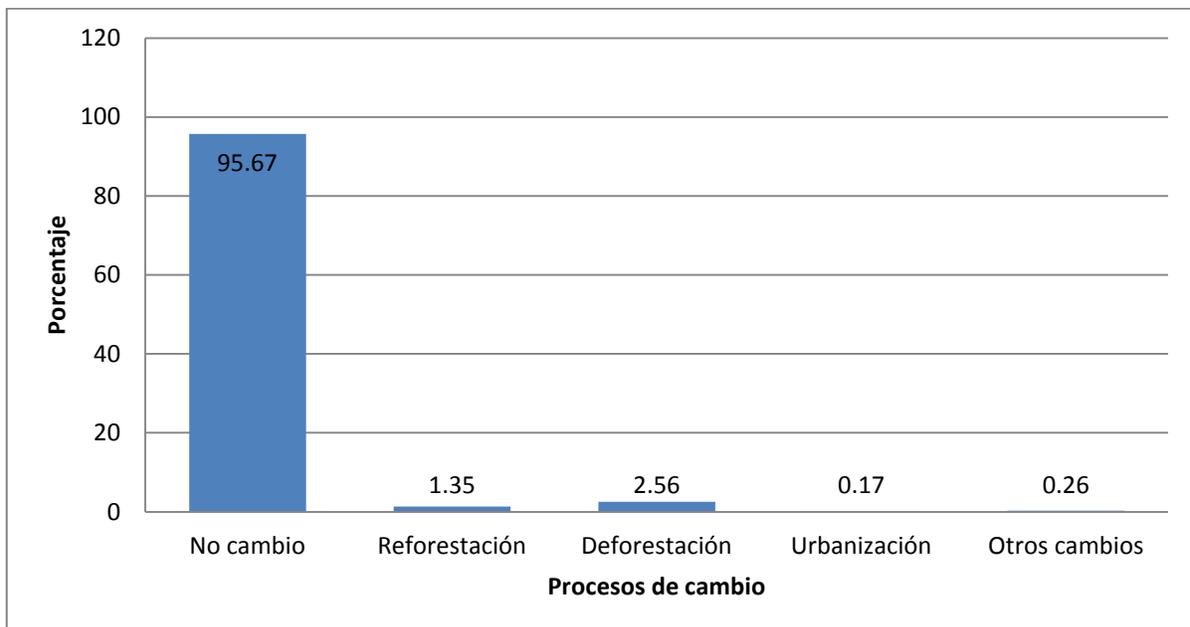


Figura 6.6. Porcentaje de los procesos de cambio en la RBLT.

La zona núcleo del volcán de San Martín presentaba 9,831 ha; de las cuales 9,656 ha (98.23%) no presentaron ningún cambio en su cobertura y/o uso de suelo, tuvo una reforestación de 70 ha (0.72%) y 98 ha (1%) fueron deforestadas dentro de esta área núcleo. En la Sierra Santa Marta el 97.88% de su superficie no presentó cambio, se reforestaron 110 ha (0.6%), se deforestaron 256 ha (0.41%) y se urbanizaron 19 ha (0.1%). En el área núcleo de San Martín Pajapan 1,830 ha (97.33%) no cambiaron, 8.8 ha (0.47%) se reforestaron y 41.5 ha (2.2%) se deforestaron. En la zona de amortiguamiento 119,236 ha (95.22%) no cambiaron, 1,880 ha (1.5%) fueron reforestadas, 3,464.5 ha (2.77%) fueron deforestadas y 243.8 ha (0.2%) fueron urbanizadas (cuadro 6.19).

Las tres áreas núcleo presentaron sólo un 3% de cambios en sus coberturas en el periodo 1996 a 2011; más de 180 ha han sido reforestadas dentro de las áreas núcleo. La Sierra Santa Marta presentó el mayor número de hectáreas reforestadas con 108, seguido por San Martín Tuxtla con 70 ha. La deforestación se presentó en las tres zonas núcleo con 400 ha; la zona que más cambió es la Sierra Santa Marta con 240 ha, San Martín Tuxtla con 98 ha y San Martín Pajapan con 41 ha.

Procesos de cambio	Área ha	Litología %	Unidades de paisaje %	Suelos %	CCUS 1996-2011 %
No Cambio	148,400	Andesita 25.0, Basalto 64.2 Deposito sedimentario 7.4	Colinas 40.6, Montaña 28.0, Piedemonte 16.5, Planicie 9.0, Lomeríos altos 4.3.	Acrisol 35.9, Luvisol 14.7, Andosol 45.8.	Selva perennifolia 40.7, Pastizal-cultivos 54.4, Bosques 1.5
Reforestación	2,092	Andesita 27.3, Basalto 58.06, Deposito sedimentario 8.58	Colinas 44.5, Montaña 18, Piedemonte 14, Planicie 14 Lomeríos altos 10.	Luvisol 23.4, Andosol 28.0, Acrisol 40.6.	Selva perennifolia 80.0 Bosque 16.0
Deforestación	3,967	Basalto 52.26, Andesita 33.15, Deposito sedimentario 5.85	Colinas 36.2, Montaña 26.2, Piedemonte 23.4, Lomeríos altos 7.4 Planicie 6.8.	Andosol 23.7, Acrisol 39.4, Luvisol 36.0.	Selva perennifolia 87.3, Bosques 10.8
Urbanización	264	Basalto 68.59, Andesita 21.64, Deposito sedimentario 7.38	Colinas 46.1, Piedemonte 22.4, Planicie 16.3 Montañas 14.7	Andosol 45.7, Acrisol 49.4.	Bosques 37.0 Selva perennifolia 63.0,
Otros cambios	397	Basalto 58.06, Deposito sedimentario 28.7, Andesita 8.0	Planicie 48.4, Colinas 30.0, Piedemonte 10.6.	Andosol 51.6, Acrisol 31.9.	Pastizal-cultivos 49.0, Selva perennifolia 28.0

Cuadro 6.19. Procesos de cambio en la Reserva de la Biósfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz. Valores dados en porcentaje.

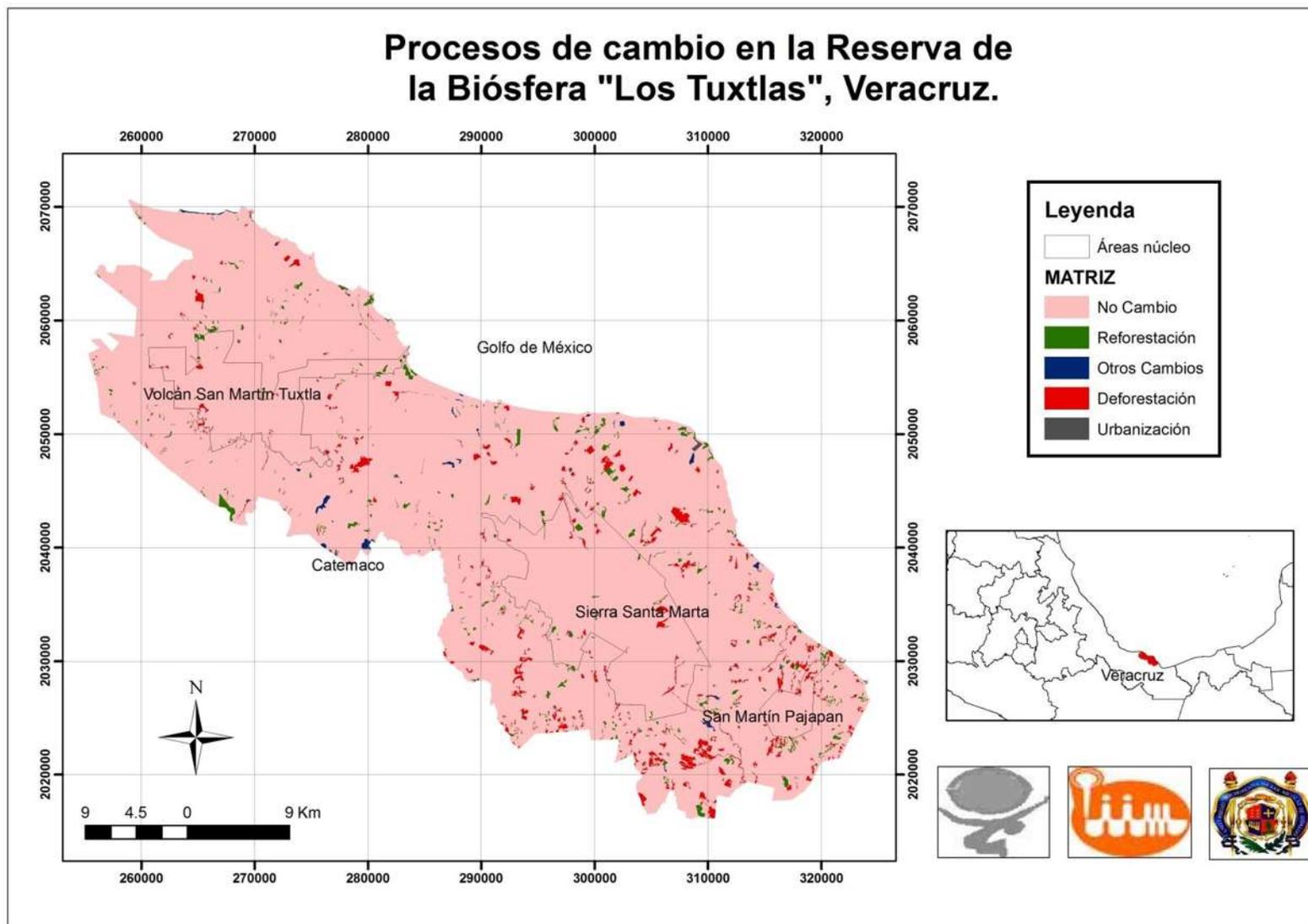


Figura 6.7. Procesos de cambio en la Reserva de la Biósfera de "Los Tuxtlas", Veracruz. Fuente: elaboración propia, Zona UTM 15.

Se consultó el Índice de Marginación (IM), realizado por el Consejo Nacional de Población (Conapo) para los municipios que comparten la RBLT (cuadro). La parte sur de la reserva presenta mayor número de deforestación en los municipios que Conapocalificó con alto (Pajapan y Tatahuicapan) y muy alto (Mecayapan y Soteapan) grado de marginación (figura 6.8). Las vías de comunicación (autopista 180, Veracruz-Minantitlan) se encontraban principalmente en la zona norte de la reserva en los municipios de Catemaco y San Andrés Tuxtla, el cual es la capital económica y política de Los Tuxtlas. En el sur las localidades más alejadas y principalmente con caminos de terracería, brechas en malas condiciones y en épocas de lluvia con las crecidas de los ríos se vuelven peligrosas, en las veredas solamente sirven para tránsito de personas y animales.

En el norte de la reserva se localizan las instituciones de salud, educativas, empleo, mayor turismo, entre otras, actividades. Es importante que se apoye a los municipios que presentan alto y muy alto IM, mediante proyectos productivos, así como mayores oportunidades de estudio debido, en los municipios del norte el analfabetismo se encontraba en rangos de 22- 28%, mientras que en la zona sur de 25-45% de su población.

Municipio	Grado de marginación 2010
Ángel R. Cabada	Medio
Catemaco	Medio
Mecayapan	Muy Alto
Pajapan	Alto
San Andrés Tuxtla	Medio
Santiago Tuxtla	Medio
Soteapan	Muy Alto
Tatahuicapan de Juárez	Alto

Cuadro 6.20. Grado de marginación en la RBLT. Elaboración: Propia con datos de CONAPO, 2010.

Índice de Marginación en la Reserva de la Biósfera de "Los Tuxtlas", Veracruz.

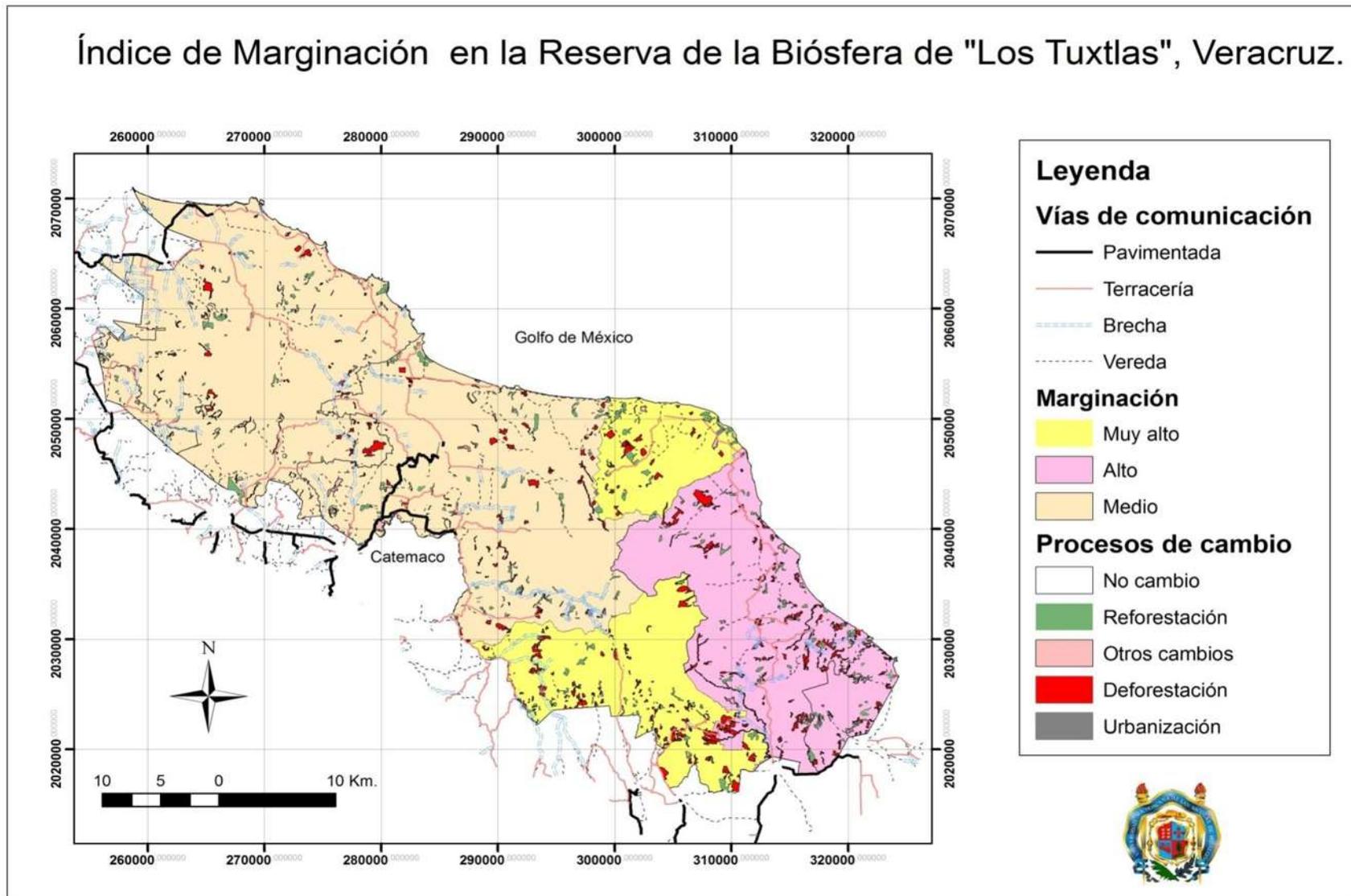


Figura 6.8. Índice de marginación en la RBLT. Elaboración propia a partir de datos de CONAPO.

Cuadro 6.21. Caracterización de las unidades de paisaje en la Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”, Veracruz. Valores dados en porcentaje.

Unidades de paisaje	Área ha	Litología %	Suelos %	CUS 1996 %	CUS 2011 %
Montañas	43,807	Andesita 47.8, Basalto 48.3	Acrisol 66.2, Luvisol 22.8, Andosol 10.9.	Selva perennifolia 69.7, Pastizal-cultivos 28.1, Bosques 1.1, Asentamientos humanos (Ah) 0.2	Selva perennifolia 68.2%, pastizales-cultivos 29.21, (Ah) 0.53
Lomeríos	8,421	Andesita basáltica 33.3, Basalto 59.0, Andesita 7.3	Luvisol 74.6, Andosol 25.3,	Pastizales-cultivos 58.0, Selva perennifolia 24.0, Bosques 17.3,	Pastizales-cultivos 59.2, Selva perennifolia 24.0, Bosques 15.3.
Piedemonte	25,710	Basalto 62.8, Andesita 31.5, Depósito sedimentario 3.2	Andosol 38.5, Acrisol 34.4, Luvisol 25.8.	Pastizales-cultivos 73.4, Selva perennifolia 21.0, Bosques 3.8, Ah 1.0	Pastizales-cultivos 75.1, selva perennifolia 19.5, bosques 3, Ah 1.57.
Colinas	62,630	Basalto 83.9, Andesita 13.8, Deposito sedimentario 1.9	Andosol 79.2, Acrisol 23.8	Pastizales-cultivos 60.9, Selva perennifolia 37.8, Ah 0.5	Pastizales-cultivos 61.2, Selva perennifolia 37.1, Ah. 0.8
Planicies	14,232	Deposito sedimentario 65.0, Basalto 26.3, Andesita 6.5,	Andosol 47.9, Acrisol 27.7, Regosol 9.0.	Pastizal-cultivos 63.0, Selva perennifolia 20.0, Dunas costeras 5.0, Cuerpos de agua 4.6, Manglar 3.2, Ah 2.37	Pastizal-cultivos 62.3, Selva perennifolia 19.9, Dunas costeras 5.1,, Cuerpos de agua 4.4, Manglar 3.0, Ah 2.9

6.4 Zonificación de la Reserva de la Biósfera de “Los Tuxtlas” 1996- 2011 y la cobertura y uso de suelo

En el año de 1996 (cuadro 6.22), las zonas núcleo de la reserva presentaron las siguientes coberturas: en el Volcán San Martín Tuxtla, la selva perennifolia cubrió el 89% del total del área, la categoría de pastizales-cultivos el 10.8% y el resto (0.1%) estuvo cubierto por otras categorías. La Sierra Santa Marta estaba cubierta en un 91% por selva perennifolia, seguida de pastizales-cultivos con 7.9%, áreas sin vegetación aparente con 1%, además de bosques 0.1%. La zona núcleo de San Martín Pajapan estaba cubierta en un 91.8% por selva perennifolia, por pastizales-cultivos en un 8.2% y matorral en un 0.2%. En la zona de amortiguamiento la categoría de pastizales-cultivos (64.4%), la selva perennifolia (29.6%), los bosques (2.1%), cuerpos de agua (1.3%) y los asentamientos humanos (0.8%).

En el año 2011 (cuadro 6.23), las zonas núcleo presentaron las siguientes coberturas: el Volcán de San Martín Tuxtla estaba cubierto por selva perennifolia en un 88.8%, por pastizales-cultivos en un 11.1% y por asentamientos humanos en un 0.1%. La Sierra Santa Marta predominó la selva perennifolia con 90%, seguida por pastizales-cultivos (8.4%), las áreas sin vegetación (1.2%), los bosques (0.1%) y los asentamientos humanos (0.1%). En San Martín Pajapan el 90% de su superficie estaba cubierto por selva perennifolia, los pastizales-cultivos ocuparon el 10% y los matorral en un 0.1%. En la zona de amortiguamiento los pastizales-cultivos predominaban con más del 65%, la selva perennifolia cubrió el 28.6%, los bosques el 1.8% y los asentamientos humanos el 1.2%.

En el periodo de 1996-2011, la zona núcleo de Volcán San Martín perdió aproximadamente 35 ha, con una tasa de 2.3 ha/año de selva perennifolia; reduciéndose de 8,752 ha a 8,724 ha; la categoría de pastizales-cultivos aumentó casi 30 ha en el mismo periodo; las demás categorías (cuerpos de agua y asentamientos humanos) permanecieron igual.

En la Sierra Santa Marta se perdieron 147 ha de selva perennifolia con una tasa de 9.8 ha/año; los pastizales- cultivos cambiaron de 1,416 a 1,509, aumentando 93 ha (6.2 ha/año); las áreas sin vegetación aparente aumentaron 30 ha (2 ha/año) aproximadamente; la categoría de asentamientos humanos no se identificó en 1996; en 2011 ocupó una extensión de 20 ha.

El área núcleo de San Martín Pajapan, la selva perennifolia con 1,728 ha se redujo a 1,694 ha, perdiendo 34 ha con una tasa de 2.26 ha/año; los pastizales-cultivos aumentaron 30 ha (2 ha/año) y el matorral permaneció igual. En la zona de amortiguamiento los pastizales-cultivos aumentaron de 80,578 ha a 81,518 ha, es decir, 940 ha (62.6 ha/año), la selva perennifolia perdió 1,300 ha (86.6 ha/año), los bosques perdieron 341 ha (22 ha/año), los asentamientos humanos se incrementaron de 1,054 ha a 1,538 ha en el periodo 1996-2011, aumentando casi 500 ha (33 ha/año).

Cobertura y uso del suelo 1996	Zonificación de la Reserva de la Biosfera								Total Ha
	Volcán San Martín Tuxtla	%	Sierra Santa Marta	%	San Martín Pajapan	%	Zona de amortiguamiento	%	
Bosques	-	-	19	0.1			2,619.6	2.1	2,638.6
Selva perennifolia	8,752.2	89	16,415.9	91	1,728.0	91.8	37,091.3	29.6	63,987.4
Manglar	-	-	-	7.9	-	-	518.3	0.4	518.3
Matorral	-	-	-	-	1.6	0.1	550.3	0.4	552.0
Pastizal-cultivos	1,065.1	10.8	1,416.1	1	153.7	8.1	80,578.2	64.4	83,213.0
Áreas sin vegetación aparente	-	-	181.7	-	-	-	196.9	0.2	378.6
Dunas costeras	-	-	-	-	-	-	844.3	0.7	844.3
Cuerpos de agua	4.0	-	-	-	-	-	1,685.9	1.3	1,689.9
Asentamientos humanos	8.9	0.1	-	-	-	-	1,054.8	0.8	1,063.6

Cuadro 6.22. Zonificación de la Reserva de la "Biosfera de "Los Tuxtlas" en el año 1996, los valores están dados en ha y porcentaje.

Cobertura y uso del suelo 2011	Zonificación de la Reserva de la Biosfera								Total Ha
	Volcán San Martín Tuxtla	%	Sierra Santa Marta	%	San Martín Pajapan	%	Zona de amortiguamiento	%	
Bosques	-	-	19	0.1	-	-	2,278.3	1.8	2297.3
Selva perennifolia	8,724.9	88.8	16,269.6	90.2	1,694.2	90	35,791.7	28.6	62,480.3
Manglar	-	-	-	-	-	-	510.4	0.4	510.4
Matorral	-	-	-	-	1.6	0.1	699.7	0.6	701.4
Pastizal-cultivos	1,092.5	11.1	1,509.0	8.4	187.4	10	81,518.2	65.1	84,307.1
Áreas sin vegetación aparente	-	-	214.3	1.2	-	-	215.0	0.2	429.3
Dunas costeras	-	-	-	-	-	-	881.8	0.7	881.8
Cuerpos de agua	4.0	-	-	-	-	-	1,709.6	1.4	1,713.6
Asentamientos humanos	8.9	0.1	20.8	0.1	-	-	1,538.6	1.2	1,568.3

Cuadro 6.23. Zonificación de la Reserva de la "Biosfera de "Los Tuxtlas" en el año 2011, los valores están dados en ha y porcentaje.

6.5 Cobertura y uso del suelo (1996-2011) en los municipios de la ANP.

Con base en el cuadro 6.24 se observó, que los bosques se localizaban en dos municipios: Mecayapan con 85.6% y Soteapan 14.4%. La selva perennifolia se encontraba en todos los municipios, el 80.0%, se encontraba: en Catemaco, San Andrés Tuxtla y Soteapan, con el 29.3%, 28.6% y 27.4% respectivamente. Los demás municipios juntos poseían el 14% de selva perennifolia. El manglar solamente se encontró en los márgenes de la Laguna costera de Sontecomapan en Catemaco. El matorral se localizó en Catemaco (29.3%), Mecayapan y Soteapan (29.9% cada uno). La categoría de pastizales-cultivos se distribuía en todos los municipios; San Andrés Tuxtla con 31.0%, Catemaco con 27.2% y de Mecayapan con 19.5%; estos municipios concentraban más del 75% de esta cobertura. La categoría de las áreas sin vegetación aparente se localizaban en Soteapan con 45.5% y Catemaco en un 27.6%. Las dunas costeras en Catemaco representan el 48.9%, en Mecayapan 25.8% y en San Andrés Tuxtla 23.9%.

Los cuerpos de agua incluyendo la vegetación acuática, se encontraron principalmente en Catemaco (78%), debido a que en él se localiza la Laguna de Sontecomapan; Mecayapan y San Andrés Tuxtla tuvieron 9.7% y 8.4% de los cuerpos de agua. San Andrés Tuxtla y Catemaco tenían más del 65% de asentamientos humanos, Soteapan tenía el 15.6% y Mecayapan 14.5%, R. Cabada y Santiago Tuxtla solamente 0.4% y 0.1% respectivamente; el municipio de Pajapan no presenta esta categoría en el año 1996.

En el año 2011 (cuadro 6.25), la categoría de bosques se localizaba en tres municipios: Mecayapan (63.7%), Tatahuicapan de Juárez (21.2%) y Soteapan (15.1%). La selva perennifolia se encontró en todos los municipios, los que concentraron mayor cantidad de esta son: Catemaco (29.8%), San Andrés Tuxtla (29.1%), Tatahuicapan (16.8%) y Soteapan (15.4%); los demás municipios solo tenían entre el 0.4% a 4.7%.

El manglar se encontraba en la ribera de la Laguna de Sontecomapan. Tatahuicapan tenía el 40% y Catemaco 36.4% de la superficie ocupada por matorral en la RBLT, los demás están en rangos de 1.9% al 15.4%. La categoría de pastizales-cultivos se encontró en todos los municipios. Los que cuentan con mayor porcentaje son: San Andrés Tuxtla (31%), Catemaco (29.8%), Tatahuicapan (16.8%), estos tres municipios concentraron más del 75% de esta categoría para la RBLT. Los demás municipios concentraron cerca del 25%, Mecayapan (10.4%), Soteapan (6.9%) y los restantes se encuentran en rangos de 0.7% a 3.6%.

Las áreas sin vegetación aparente se localizaron en Tatahuicapan (50%), Catemaco (27%), San Andrés Tuxtla (15.2%) y Ángel R. Cabada (5.3%). Las dunas costeras se observaron: en Catemaco (47%) y San Andrés Tuxtla (26%). Los cuerpos de agua se encontraron en Catemaco con el 79.5% y San Andrés Tuxtla con el 8.3%. Los asentamientos humanos se localizaron: en Catemaco con un 30.7%, San Andrés Tuxtla con 28.9%, Tatahuicapan con 19.0%, Mecayapan (11.5%).

Categorías de cobertura y uso del suelo 1996	Municipios													
	Ángel R. Cabada	%	Catemaco	%	Mecayapan	%	Pajapan	%	San Andrés Tuxtla	%	Santiago Tuxtla	%	Soteapan	%
Bosques	-	-	-	-	2,259.0	85.6	-	-	-	-	-	-	379.2	14.4
Selva perennifolia	333.0	0.5	18,735.1	29.3	7,047.8	11.0	1,743.0	2.7	18,302.7	28.6	311.9	0.5	17,510.4	27.4
Manglar	-	-	518.3	10.0	-	-	-	-	-	5.3	-	-	-	-
Matorral	-	-	193.2	35.0	164.8	29.9	-	-	29.1	-	-	-	164.8	29.9
Pastizal-cultivos	558.6	0.7	22,625.0	27.2	16,246.5	19.5	3,049.2	3.7	25,932.8	31.2	1,594.3	1.9	13,202.1	15.9
Áreas sin vegetación aparente	22.2	5.9	104.5	27.6	17.7	4.7	-	-	61.9	16.3	-	-	172.3	45.5
Dunas costeras	0.9	0.1	412.4	48.9	217.7	25.8	11.2	1.3	201.5	23.9	-	-	-	-
Cuerpos de agua	44.7	2.6	1,326.0	78.5	163.7	9.7	-	-	142.3	8.4	7.5	0.4	5.6	0.3
Asentamientos humanos	4.6	0.4	347.0	32.6	154.0	14.5	-	-	390.9	36.8	1.1	0.1	165.7	15.6

Cuadro 6.24. Cobertura y uso de suelo en municipios que comparten ANP en el año 1996 valores dados en ha.

Cobertura y uso del suelo 2011	Municipios															
	Ángel R. Cabada	%	Catemaco	%	Mecayapan	%	Pajapan	%	San Andrés Tuxtla	%	Santiago Tuxtla	%	Soteapan	%	Tatahuicapan de Juárez	%
Bosques	-	-	-	-	1,462.6	63.7	-	-	-	-	-	-	346.5	15.1	487.9	21.2
Selva perennifolia	274.4	0.4	18,600.4	29.8	2,935.5	4.7	2,032.6	3.3	18,205.4	29.1	328.3	0.5	9,609.8	15.4	10,488.9	16.8
Manglar	-	-	510.4	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Matorral	-	-	255.0	36.4	108.1	15.4	-	-	44.4	6.3	-	-	13.6	1.9	280.0	39.9
Pastizal-cultivos	579.5	0.7	22,549.3	26.7	8,803.9	10.4	3,076.8	3.6	25,923.6	30.8	1,600.9	1.9	5,847.0	6.9	15,918.4	18.9
Áreas sin vegetación aparente	22.8	5.3	118.4	27.6	-	-	-	-	65.4	15.2	-	-	-	-	222.6	51.9
Dunas costeras	1.0	0.1	401.8	47	102.2	12	11.2	1.3	227.9	26.7	-	-	-	-	109.9	12.9
Cuerpos de agua	44.7	2.6	1,362.9	79.5	79.5	4.6	-	-	142.3	8.3	7.5	0.4	-	-	76.6	4.5
Asentamientos humanos	4.6	0.3	480.4	30.7	176.5	11.3	-	-	452.2	28.9	6.1	0.4	144.2	9.2	302.1	19.3

Cuadro 6.25. Cobertura y uso de suelo en parte de los municipios que comparten la RBLT, 2011, valores dados en ha y porcentaje.

7. DISCUSIÓN

Las Áreas naturales Protegidas representan una opción legal para proteger los recursos naturales del país. Considerando que las ANP reciben un presupuesto Nacional e Internacional para su conservación y su restauración, de acuerdo a un informe realizado en el año 2002 donde se habla del presupuesto para la RBLT; el presupuesto federal para la reserva es de \$US 80.000 para gastos operativos. Se dispone también de \$US 70.000 anuales, para el pago de los sueldos del personal y vales para gasolina. A partir del año 2002 el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), apoyo a la reserva con US \$ 4,7 millones por un periodo de ocho años, para el desarrollo de proyectos de participación comunitaria, educación ambiental, planeación comunitaria y concertación interinstitucional, proyectos de producción alternativa a los agropecuarios y para el monitoreo de la reserva, sin embargo; dentro de la reserva este apoyo institucional no se observa reflejado, tan solo en el año 2009 se requerían cerca de 60 millones de pesos para indemnizar a ocho ejidos afectados por la expropiación.

De acuerdo a la CONANP, (2012) mediante el programa gubernamental llamado ProÁrbol ejecutado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), se invirtieron más de 70 millones de pesos para apoyar proyectos para reforestar más de 100 mil ha en todo la zona, es decir, 700 mil pesos por hectárea, cuando a los campesinos únicamente se les paga 200 pesos por hectárea al año para la conservación de sus selvas, siendo un misterio lo que sucede con el demás dinero, sería interesante realizar una investigación relacionada con el presupuesto que se otorga anualmente a la reserva y observar que es lo que realmente sucede con este dinero.

Más de 30,000 personas viven dentro de la reserva inclusive en las áreas núcleo y de acuerdo al Plan de Manejo de la Reserva se prohíbe toda clase de actividades humanas dentro de las zonas núcleo, donde se observaron pastizales-cutivos y

asentamientos humanos en estas zonas, siendo que estas áreas solo se permite el acceso para la investigación y la restauración.

Los estudios realizados en el área de estudio han sido a nivel local en lugares muy específicos y no en toda la reserva, trabajos anteriores a este, es el de Dirzo *et al.*, 1992 y Mendoza Aguirre *et al.*, 2011, en la parte norte de la reserva, además de que se cuentan con listados florísticos y faunísticos de ciertas áreas del ANP, en este trabajo se pretendió realizar la cartografía de CUS para toda la reserva.

Fue difícil encontrar cartografía relacionada con los tipos de suelo de reserva, debido a que no existen trabajos que cubran en su totalidad dicha ANP

La tasa de cambio anual de las coberturas vegetales en el periodo de estudio fue de 0.37%, comparada de acuerdo a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), 2007, en el periodo comprendido de los años de 1980 a 2005; las selvas de Yucatán presentaron 5.0%; el ANP de Chamela en el estado de Jalisco con 3.8%; la selva Lacandona en Chiapas con 4.5%; la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca ubicada en los límites del estado de México y Michoacán con 1.7%; El Triunfo en el estado de Chiapas con 1.2%; la Sierra de Manantlán en los estados de Colima y Jalisco con 0.7%; Tehuacán-Cuicatlán en Puebla con 0.6% y La encrucijada en Chiapas con 0.3%.

Observando estos datos obtenidos de la CONANP, se observa que a pesar de que son ANP presentan tasas de cambio mayores a la obtenida en los Tuxtlas, lo mejor sería que no se perdieran las coberturas vegetales, al contrario, se recuperaran estas coberturas. Las zonas que presentan mayor deforestación coinciden con los municipios que de acuerdo a la CONAPO presentan Altos y Muy Altos índices de marginación y donde la población carece de los servicios básicos y se ven obligados a trasladarse a otras poblaciones para obtener servicios de salud o de educación.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Las conclusiones generales mediante los resultados obtenidos de esta investigación son:

Más del cincuenta por ciento de la superficie de la RBLT estaba dedicada a las actividades agropecuarias, dominando la categoría de los pastizales-cultivos con 53.7% en 1996 y 55.8% en 2011 y la selva perennifolia presentó un 41.3% en 1996 y 39.1% en 2011.

La matriz de probabilidad de cambios indica, que en general los procesos de cambio que ocurren en la reserva, afectan una pequeña superficie (apenas el 5% de toda la zona de estudio). Las categorías que tienen mayor probabilidad de cambiar, son: los bosques (83.6%) y la selva perennifolia (94.4%). La categoría de bosques es necesario protegerla porque cubre únicamente el 1.5% del total de la reserva.

La selva perennifolia perdió más de 3,468 ha en este periodo de estudio con una tasa de 231 ha/año. Los pastizales-cultivos presentaron un crecimiento de 1,420 ha, (243 ha/año). El estado de Veracruz, así como la región ha sido ganadera desde la llegada de los españoles a nuestro país y continúa hoy en día, desde el año 2011 el estado de Veracruz es considerado el productor ganadero número uno del país, su producción en 2011 fue de más de 4 millones de cabezas de ganado, lo que indica que las tendencias en cobertura y uso del suelo se mantendrán en todo el estado. En los periodos estudiados se observa que los asentamientos humanos aumentaron cerca de 500 ha (33 ha/año), la mayoría de estos asentamientos humanos son considerados como zonas rurales debido a que no cuentan con más de 2,500 habitantes. La población que tenía la RBLT en el año 2010 fue de 31,694 pobladores y 344 localidades la mayoría consideradas zonas rurales.

La matriz de procesos de cambio demostró que más del 95% de la reserva no presentó ningún cambio y permaneció igual; hubo una reforestación del 1.35%, un 2.56% del área se deforestó y 0.17% fue absorbido por los asentamientos humanos. Los cambios ocurridos principalmente en piedemontes y colinas en la Sierra Santa Marta en la parte sur de la RBLT, presentó mayor número de deforestación, ahí se encuentran municipios que detienen índices de marginación altos y muy altos, siendo necesario incluir políticas de desarrollo y educativas sustentables especialmente en la región del volcán de Santa Martha, donde ocurren los índices más altos de deforestación.

Las tres áreas núcleo, presentaron más del 90% de su cobertura formada por selva perennifolia, de 8-11% por los pastizales-cultivos. El área núcleo que más ha perdió selva perennifolia fue la Sierra Santa Marta con 147 ha, San Martín Tuxtla con 35 ha y San Martín Pajapan con 34 ha, en la zona de amortiguamiento, los pastizales-cultivos dominaron con más de 80,500 ha (64%) en 1996 y en 2011 aumentó a 81,518 ha.

El cambio dentro de la reserva se dio antes del año 1996 debido a que en los años de estudio ya se encontraba así, mediante la literatura algunos autores manejan como los años 60-70 como la ganaderización y posiblemente un fuerte impacto en lo que hoy es la reserva, se requiere una imágenes de esos años para comparar las coberturas.

Los municipios de San Andrés Tuxtla (29%), Catemaco (28.6%), Tatahuicapan (18%) entre estos tres municipios poseen más del 75% del área total de la Reserva donde se requiere que ellos obtengan proyectos tanto de reforestación, restauración, educación ambiental, entre otros, además de opciones de empleo para que se conserve la reserva. De los municipios que contienen una parte de su territorio en la RBLT, la selva perennifolia se encontró principalmente en tres municipios; Catemaco (29.8%), San Andrés Tuxtla (29%) y Tatahuicapan (16.8%).

El decreto de la RBLT ha permitido que las tasas de cambio de la cobertura y uso del terreno se mantuvieron en las categorías de nula y de ligera esta última principalmente en la selva, bosque y matorral, sin embargo; es necesario restaurar y proteger las zonas más perturbadas dentro de la Reserva, capacitar y dar empleo autosustentable a sus pobladores, en especial a las localidades ubicadas al sur de la zona de estudio, donde se concentran los índices más altos de marginalidad.

Al no encontrar cambios tan significativos en la RBLT relacionados con el CUS se consideró y de acuerdo a la literatura consultada que los cambios se comenzaron a dar en la década de los sesentas y setentas. En los años de estudio ya se encontraba perturbada. Se requiere hacer un estudio de los años sesentas o anteriores para conocer mejor el problema. En el trabajo de campo se verificó y validó las bases de datos (geología, geomorfología, edafología y CUS). Se requiere un trabajo antropológico y económico para identificar la problemática social con mayor detalle que se encuentra en la zona de estudio. Se concluyó que los cambios ocurrieron en zonas con piedemonte y colinas principalmente, ubicados en la zona de amortiguamiento y en los municipios con un alto índice de marginación.

Referencias consultadas

- Anderson, J., Hardy, E., Roach J. and Witmer, R. 1976. *A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data*. Geological Survey Professional Paper 964. EUA. 34pp.
- Alemán-Velazco, M. 2004. *Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas*. Acciones de Gobierno 1998-2004.
- Arriaga, L. 2009. *Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar*. *Investigación ambiental*. UNAM. pp. 11
- Bezaury-Creel, J., D. Gutiérrez Carbonell et al. 2009. *Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, en Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 385-431.
- Bocco G., M. Mendoza, A. Velásquez y A. Torres. 1999. *La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica de México. El caso de Michoacán de Ocampo*. *Investigaciones Geográficas* 40: 7-22 pp.
- Bocco G., J.L. Palacio-Prieto, J. A. Velásquez y J.F. Mas. 2000. *Informe Técnico Inventario Nacional Forestal 2000-2001*. Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México. pp. 323
- Bocco, G. y C.R. Valenzuela. 1988. *Integration of GIS and image processing in soil erosion studies using ILWIS*. *ITC Journal* (4):309-319. (Int. J. of Applied Earth Observ. & Geoinformation).
- Bocco, G., M. Mendoza y O. Maser. 2001. *La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación*. *Investigaciones Geográficas*, número 044. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. pp. 18-38
- Castillo-Campos, G. y Laborde, J. 2004. *La Vegetación*. En: Guevara, S., Laborde, J. y Sánchez, G. 2004. *Los Tuxtlas: el paisaje de la sierra*. Ed. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz. pp. 231-261.
- Cortina S., P. Macario-Mendoza y Y. Ogneva-Himmelberger. 1999. *Cambios en el uso del suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México*. *Investigaciones Geográficas Boletín* 38. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. pp. 40-55.
- Chuvieco E. 2000. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Ediciones RIALP, S.A, Madrid. Tercera Edición. I.S.B.N: 843213127X. pp. 568.
- Chuvieco, E., Salas, J., Meza, E. Y Vargas, F. *Empleo de la teledetección en el Análisis de la deforestación tropical: el caso de la reserva forestal de Ticoporo (Venezuela)*. *Serie Geográfica*, vol. 10, 2002, pp. 55 – 76
- Chuvieco, E., Bosque, J., Pons, X., Conesa, C., Santos, J.M., Gutiérrez-Puebla, J., Salado, M.J., Martín, M.P., Riva, J., Ojeda, J., Prados, M.J.: *¿Son las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) parte del núcleo de la Geografía?* *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, vol. 40, pp. 35-56, 2005
- CONABIO. 2009. *Manglares de México: Extensión y distribución*. 2da ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp.99.
- CONAFOR. 2010. *Prácticas de reforestación. Manual básico*. Comisión Nacional Forestal. Guadalajara, Jalisco. pp 66.

- CONANP. 2008. *Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas orgullo de Veracruz, patrimonio de la Nación*. UNDP México; Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
- Diario Oficial de la Federación. 1998. Tomo DXLII, No. 16. Decreto Presidencial de la Reserva de la Biosfera "Los Tuxtlas". 23 de noviembre de 1998. <http://www.conanp.gob.mx/sig/decretos/reservas/Tuxtlas.pdf>
- Díaz-Gallegos J.R., G. García-Gil, O. Castillo y I. March. 2001. *Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México*. Investigaciones Geográficas (Mx), numero 044. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. pp. 39-53.
- Dirzo R., Gonzales-Soriano y R.C. Vogt. 1997. *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el conocimiento de la biodiversidad de México. 647 pp.
- Dirzo R. y Garcia M. 1992. *Rates of Deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical, area in Southeast Mexico*. Conservation Biology, Vol. 6, No. 1 (Mar., 1992. 84-90 pp).
- Dirzo, R., A. Aguirre y J.C. López. 2009. *Diversidad florística de las selvas húmedas en paisajes antropizados*. Investigaciones Ambientales. Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México. pp. 1-30.
- Dupuy-Rada J.M., J.L. Hernández Stefanoni, R. Hernández Juárez, F. Tun Dzul y F. May Pat. 2012. *Efectos del cambio de uso del suelo en la biomasa y diversidad de plantas leñosas en un paisaje de bosque tropical seco en Yucatán*. Investigación ambiental. 4(1): 130-140.
- ESRI.2009. ArcGis Ver 9.3 Gis. Environmental Systems Research Institute, Inc.
- FAO.2009. *Guía para la descripción de suelos*. Cuarta edición. Roma 2009. pp.111.
- Espíndola, J.M., A. Zamora-Camacho, M.L. Godínez, P. Schaaf y S.R. Rodríguez .2011. *The 1793 eruption of San Martin Tuxtla volcano, Veracruz, Mexico*. Journal of Volcanology and Geothermal Research 197 issue 1-4 Novembre 30. pp 188-208.
- Evangelista-Oliva V., J. López-Blanco, J. Caballero y M.A. Martínez. 2010. *Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla*. Investigaciones científicas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. ISSN 0188-4611, Núm. 72, 2010, pp. 23.38.
- Galeana-Pizaña, J.M., N. Corona-Romero y J.A. Ordóñez Díaz. 2007. *Análisis dimensional de la cobertura vegetal-uso del suelo en la cuenca del rio Magdalena*. Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México. pp 137-158.
- Gobierno del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave www.veracruz.gob.mx
- García-Aguirre M. C., R. Álvarez, R. Dirzo, M. A. Ortiz, M. Mah-Eng.2010. *Delineation of biogeomorphic land units across a tropical natural and humanized terrain in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico*. Geomorphology. ELSEVIER. pp. 20.
- Geissert, D. 1999. *Regionalización geomorfológica del estado de Veracruz*. Investigaciones Geográficas 40: 23-47.
- Geissert, D. 2006. *Geomorfología de la región de los Tuxtlas*. En: Guevara, S. y Sánchez, G .Los Tuxtlas tierra Mítica..Xalapa Veracruz. 159-177 pp.
- Geissert, D. 2004. *La Geomorfología*. In: Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos (eds.). Los Tuxtlas: el paisaje de la Sierra. Instituto de Ecología, A.C. y Unión Europea. Xalapa, Veracruz. 159-179 pp.
- González-Sierra, 1991. *Veracruz, Imágenes de su historia*. Archivo General de Veracruz. México. 191 p.
- Guevara, S. y Sánchez, G. 2010. *Los Tuxtlas. Tierra mítica*. Comisión del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución. pp. 272.

- Guevara, S., Laborde, J. y Sánchez-Ríos, G. 2004. *La deforestación*. In: Guevara, S., Laborde, J. Sánchez-Ríos, G. (Eds), *Los Tuxtlas el paisaje de la sierra*, A.C., and European Union, Xalapa. pp 85-108.
- Guevara, S., Laborde, J. y Sánchez, G. 2004. *Los Tuxtlas: el paisaje de la sierra*. Ed. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz. pp. 287.
- Guevara. S. 2010. "*Los Tuxtlas Tierra Mítica*", Comisión Organizadora del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y Centenario de la Revolución Mexicana, Secretaria de Educación-Gobierno del Estado de Veracruz, Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz. 271 pp.
- Guevara-Sada. S. Laborde, J. y Sánchez, R. 2000. *La Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, México*. Paris: UNESCO. División de ciencias ecológicas. Programa de cooperación Sur-Sur.
- Hernández, A. 2010. *Generación de Información de Uso del Suelo y Vegetación: Proyectos y Convenios escala 1:50 000*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags. pp.20.
- INEGI.1998. Base de datos geográficos "*Diccionario de datos edafológicos 1:250000 (Vectorial)*". Aguascalientes Ags. pp. 24.
- INEGI. 1995. *I Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INEGI 2000. *XII Censo General de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INEGI.2005. *II Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INEGI. 2010. *XIII Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INEGI. 2007. *Guía para la interpretación de la carta de uso de suelo y vegetación*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INEGI. Datos Vectoriales. Escala 1:50,000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México
- INEGI. 2004. *Guías para la Interpretación de Cartografía "Edafología"*. Aguascalientes, Ags.http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guias-carto/edafo/Edafl.pdf
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma 127 pp.
- Jiménez Trejo y Vásquez Vargas: "*Reserva de la biosfera "Los Tuxtlas", patrimonio ecológico amenazado*" en Observatorio de la Economía Latinoamericana, N° 99, 2008. <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2008/jtvv.htm>
- Laborde, J. 2006. *La Reserva de la Biosfera*. In: Guevara, S., Laborde, J. y Sánchez, G. 2004. *Los Tuxtlas: el paisaje de la sierra*. Ed. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz.
- Lambin E. Eric F. Lambin, B.L. Turner, Helmut J. Geista, Samuel B. Agbola, Arild, Angelsen, John W. Bruce, Oliver T. Coomes, Rodolfo Dirzo, GuntherFischer , Carl Folke, P.S. George, Katherine Homewood, Jacques Imbernon, RikLeemans, Xiubin Li, Emilio F. Moran, Michael Mortimore, P.S. Ramakrishnan, John F. Richards, HelleSkanes , WillSteffent, Glenn D. Stone, Uno Svedin, Tom A. Veldkamp, Coleen Vogel, JianchuXu. 2001. *The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths*. Global Environmental Change.11 (2001) 261-269.
- Lambin .E. 2004, *Predicting land-use change*. Agriculture Ecosystems and Environment 1-6. ELSEVIER.

- Lara, R., R. Cámara y S. Casas Gonzales. 2010. *Análisis de los cambios de uso de suelo en la Cuenca Guayalejo-Tamesi (Tamaulipas, México) en tres décadas de información digital*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. pp. 30.
- Lira-Noriega, A. Guevara S., Laborde, J. y Sánchez-Ríos G. 2007. *Composición florística en potreros de los Tuxtlas, Veracruz, México*. Acta Botánica Mexicana 80: 59-87 (2007). Instituto de Ecología A.C Departamento de Ecología Funcional. Xalapa, Veracruz. 57-89 pp.
- López Blanco, J. y Trejo, I. 2006. *Reserva de la Biosfera "Los Tuxtlas", patrimonio ecológico amenazado*. Instituto Dr. José María Luis Mora, Maestría en Estudios Regionales. Xalapa, Veracruz. 40 pp.
- López-Granados, E. 1999. *Cambio de uso de suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia*. Tesis de Grado. Maestría en Ciencias en Conservación y Manejo de Recursos Naturales. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: 134 pp.
- López-Granados, E., M. Mendoza y G. Bocco. 2004. *Cambio de Cobertura y Uso del Terreno en la ciudad de Morelia y sus alrededores*. En: Contribuciones a la geología e impacto ambiental de Morelia. Vol.1. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 106-115 pp.
- López- Vázquez, V.H. y Plata-Rocha, W. 2009. *Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000*. Investigaciones Geográficas, núm. 628, Universidad Autónoma de México pp.85-100
- Lugo-Hubp, J. 2011. *Diccionario geomorfológico*. Geografía para el siglo XXI, Serie 7, Textos Universitarios. Instituto de Geografía, UNAM, 480 p.
- Luna F. V. 2011 *Análisis multitemporal de la dinámica en el cambio de uso del suelo rural-urbano en la región de Atlixco, Puebla*. Tesis de Grado. Doctorado. Colegio de Postgraduados. Puebla 270pp.
- Maass, S., H. Regil, C. Gonzales y G. Nava. 2006. *Cambio de Uso de suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000*. Investigaciones Geográficas, diciembre, numero 061. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. ISSN: 0188-4611.38-57 pp.
- Márquez. A. 2008. *Cambio de uso de suelo y el desarrollo turístico en la bahía de Bahía, Nayarit*. Ciencia UANL, abril-junio, año/vol. XI, número 002. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. 161-167 pp.
- Mas, J.F., E. Duran-Medina y A. Velázquez. 2007. *Cambios en las coberturas de vegetación y usos del suelo en regiones con manejo forestal comunitario en áreas naturales protegidas de México*. En Los Bosques comunitarios de México. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México DF. Pp. 267-295
- Mas. J.F y A. Velázquez. 2009. *La evaluación de los cambios de cobertura y uso del suelo en la República Mexicana*. Investigación Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F.
- Mas.J.F. y A. Flamenco Sandoval. 2011. *Simulación de los cambios de cobertura y uso del suelo en la Selva el Ocote, Chiapas, México*. Investigación Ambiental Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mathews. J. 2008. *Evaluación de la modificación Edafo-Biogena de los paisajes de la región Sierra-Costa del estado de Michoacán*. Tesis de maestría en Geografía. Universidad Nacional Autónoma, de México, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC). Morelia, Michoacán. México.

- Mayer Pérez Rul, F. 1962. *Estudio vulcanológico de la región de Los Tuxtlas, Veracruz*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. pp. 98.
- Mendoza, M. 2012. Base de datos de Geomorfología de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. UNAM.
- Miranda, F. y Hernández, X. 1963. *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. Bol. Sociedad Botánica Mexicana. pp. 29-179.
- Noble, R.I. y R. Dirzo. 1987. *Forest as human-dominated ecosystems*. Science 277:523-525
- Norma Oficial Mexicana. 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf
- Palacio-Prieto, J.L., M.T. Sánchez-Salazar, J.M. Casado Izquierdo, E. Propin Frejomil, J. Delgado Campos, A. Velázquez Montes, L. Chias Becerril, M.I. Ortiz Álvarez, J. González Sánchez, G. Negrete Fernández, J. Gabriel Morales, R. Márquez Huitzil. 2004. *Indicadores para la caracterización y el Ordenamiento Territorial*. UNAM, SEDESOL, SEMARNAT, INE. Distrito Federal, México pp.161
- Paré, L. 2000. *Community ecotourism and environmental management: an experience in The Tuxtlas Biosphere Reserve in Veracruz*. Report Phase I, April-May. IIS. UNAM.
- Paré, L. y T. Fuentes. 2004. *Gobernanza ambiental y políticas públicas en Áreas Naturales Protegidas: lecciones desde Los Tuxtlas*. Revista Mexicana de Sociología 72. Núm. 2 (abril-junio, 2010) (México, IIS-UNAM, 2007) Pierre Beaucage, Departament d Anthropologie, Université de Montreal (Quebec). Canadá. pp.263.
- Paré, L. y H. García. 2006. *Reservas campesinas en la región de Los Tuxtlas y la Sierra Santa Marta*. CIESAS, Universidad Autónoma de México. pp. 1-20
- Peña-Araya, M.A. 2007. *Corrección de imágenes de satélite para estimar parámetros vegetaciones en la cuenca del río Mirta, Aisen*. Revista Bosque, Vol.28, Num.2. Universidad Austral de Chile. Chile. pp. 162-172.
- Pontius, R. G. Jr., E. Shusas and M. McEachern. 2004, "Detecting important categorical land changes while accounting for persistence", Agriculture, Ecosystems and Environment, no. 101, pp. 251–268.
- Programa de Conservación y Manejo de La Reserva de La Biosfera Los Tuxtlas, México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP; Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT. 1ª edición: noviembre de 2006. ISBN: 968-817-818-8. México, D.F
- Ramírez, M.I. y R. Zubieta. 2005. *Análisis regional y comparación metodológica del cambio en la cubierta forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*. Reporte Técnico preparado para el Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca. México D.F.
- Reyes HH, Aguilar RM, Aguirre RJ, Trejo VI. *Cambio en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis potosí, México, 1973-2000*. Investigaciones Geográficas 2006; 59: 26-42
- Robles Berlanga, H, M. 2011. *Los Productores de Café en México: Problemática y Ejercicio del Presupuesto*. Mexican Rural Development Researchs. Reports, México DF. Pp. 64.
- Rosete, F. y Bocco, G. 2003. *Los Sistemas de información geográfica y la percepción remota. Herramientas integradas para los planes de manejo en comunidades forestales*. Instituto Nacional de Ecología. México DF. pp. 15.
- Rosete, F., Pérez- Damián, J. y Bocco., G. 2009. *Contribución al análisis de uso del suelo y vegetación (1978-2000) en la península de Baja California, México*.

Investigaciones Ambientales 2009. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, México.
- Rzedowski, J., 1996. *Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña en México*. Acta Botánica Mexicana, julio, numero 035. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, México. pp. 25-44
- Rzedowski, J., 2006. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México
- Seingier, G., I. Espejel y J.L. Almada. 2009. *Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana*. Investigación ambiental. Universidad Autónoma de México. Distrito Federal. PP. 55-69.
- Sosa, V. 1988. *Flora de Veracruz*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos y Universidad de California, ISBN: 968-6280-05-7. Fascículo 57. Xalapa, Veracruz, México.
- Sosa, V. y Gómez-Pompa, A. (comp.) 1994. *Lista Florística. Flora de Veracruz*. Fascículo 82. Instituto de Ecología A.C., Veracruz, México.
- Soto, M. 2004. *El clima*. En: S. Guevara, J. Laborde y G. Sánchez- Ríos (eds). Los Tuxtlas, El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea, Xalapa, Ver. Pp. 195-199.
- Soto, M. y Gama, L. 1997. *Climas*. En: E. González-Soriano, R. Dirzo y R. Vögt (eds). Historia Natural de Los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México. CONABIO. México. Pp. 7-23.
- Swanson Santiago, J. H. 2007. *Problemática Socioeconómica, Ambiental e Institucional de la Reserva de La Biosfera - Los Tuxtlas*. Tesis Licenciatura. Ciencias de la Comunicación. Departamento de Ciencias de la Comunicación, Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades, Universidad de las Américas Puebla. Octubre. Derechos Reservados © 2007.
- Toledo, V. M., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco. 1989. *La producción rural en México: alternativas ecológicas*. Colección Medio Ambiente. Núm. 6. Fundación Universo XXI, México.
- Vázquez, G., E. Díaz-Pardo, A. Gutiérrez-Hernández, I. Doadrio y A. de Sostoa. 2004. Los ríos y los lagos. En: S. Guevara, J. Laborde y G. Sánchez- Ríos (eds). *Los Tuxtlas, El paisaje de la sierra*. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea, Xalapa, Ver. Pp. 201-227
- Vázquez Torres, Mario. *et al.*, 2010. *Árboles de la región de los Tuxtlas*. Xalapa: Gobierno del Estado de Veracruz, Comisión Organizadora del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional del Centenario de la Revolución Mexicana. Primera Edición. Xalapa, Veracruz. Pp. 400
- A. Velázquez, J.F. Mas, J.R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P.C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J.L. Palacio. 2002. *Análisis del cambio de uso de suelo. Informe técnico*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Velázquez A. y J.F. Mas. 2002. *Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México*. Gaceta Ecológica. 62:21-37
- Zinck, J.A. 2012. *Geopedología Elementos de geomorfología para estudios de suelo y de riesgos naturales*. ITC.Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, The Netherlands. pp. 131.

GLOSARIO

Cobertura: este término se aplica en un todo o en parte a algunos de los atributos del terreno y que en cierta forma ocupan una porción de su superficie, por estar localizados sobre éste. La cobertura como elemento del paisaje puede derivarse de ambientes naturales, como producto de la evolución ecológica (bosques, selvas, matorrales) o a partir de ambientes que han sido producidos y mantenidos por el hombre, como pueden ser los cultivos, las ciudades, las presas (Bocco *et al.*, 2003)

Áreas de amortiguamiento: son áreas de diversa extensión muy importantes en el manejo y preservación de las ANP. Su existencia se justifica plenamente ya que actúan como zonas “buffer” o de contención ante el impacto directo a las zonas que se protegen. Si bien no forman parte de las áreas protegidas, sus características topográficas y su constitución, en cuanto a flora y fauna, son similares a los terrenos protegidos, por lo que requieren un tratamiento especial que garantice su conservación y uso sostenible (CONANP, 2012).

Áreas Naturales Protegidas: son zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas o restauradas (PROFEPA, 2012).

Áreas núcleo o zonas núcleo: constituida por los ecosistemas mejor conservados y más representativos de la Reserva. Esta zona goza de una protección legal que únicamente permite actividades compatibles con la conservación del paisaje, los ecosistemas y las especies que contiene. Las actividades que se pueden llevar a cabo en estas zonas están centradas en la investigación y aquellos aprovechamientos tradicionales que están en perfecta armonía con el medio (CONANP, 2012).

Decreto presidencial: es un tipo de acto administrativo emanado habitualmente del poder ejecutivo y que, generalmente, posee un contenido normativo reglamentario, por lo que su rango es jerárquicamente inferior a las leyes. Esta

regla general tiene sus excepciones en casi todas las legislaciones, normalmente para situaciones de urgente necesidad.

Deforestación: es un proceso provocado generalmente por la acción humana, en el que se destruye la superficie forestal, está directamente causada por la acción del hombre sobre la naturaleza, principalmente debido a las talas o quemas realizadas por la industria maderera, así como para la obtención de suelo para la agricultura, minería y ganadería (CONAFOR, 2012).

Escala: es la relación matemática que existe entre las dimensiones reales y las del dibujo que representa la realidad sobre un plano o un mapa. Es la relación de proporción que existe entre las medidas de un mapa con las originales.

Forma: la forma de los objetos contribuye a delimitar la clase a que pertenece un objeto y en muchos casos permite su clara e inequívoca identificación (Deagostini, 1984).

Fusión: Es posible fundir dos tipos de imágenes de satélite distintas para crear un producto híbrido que une las ventajas de ambas imágenes. Lo más habitual es fundir una imagen pancromática, como la SPOT de 10 metros con otra multiespectral SPOT de 20 metros o Landsat de 30 metros. Esto produce una imagen que contiene los datos multiespectrales y la información espacial de la imagen pancromática (Chuvienco, 2001).

Georreferenciación: Es un proceso el cual consiste en dar a cada pixel su localización en un sistema de coordenadas (X,Y) estándar (UTM, Lambert, coordenadas geográficas) para poder, de este modo combinar la imagen de satélite (INEGI, 2012).

Imágenes multiespectrales: se captan mediante un sensor digital que mide la reflectancia en muchas bandas. Por ejemplo, un conjunto de detectores puede medir energía roja reflejada dentro de la parte visible del espectro mientras que otro conjunto mide la energía del infrarrojo cercano. Es posible incluso que dos series de detectores midan la energía en dos partes diferentes de la misma longitud de onda. Estos distintos valores de reflectancia se combinan para crear imágenes de color. Los satélites de teledetección multiespectrales miden la reflectancia simultáneamente en un número de bandas distintas que pueden ir de tres a catorce (SPOT. 2012).

Imágenes pancromáticas: se captan mediante un sensor digital que mide la reflectancia de energía en una amplia parte del espectro electromagnético (con frecuencia, tales porciones del espectro reciben el nombre de bandas). Para los sensores pancromáticos más modernos, esta única banda suele abarcar lo parte

visible y de infrarrojo cercano del espectro. Los datos pancromáticos se representan por medio de imágenes en blanco y negro (SPOT, 2012).

Imágenes satelitales: es una representación de los datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor montado en un satélite artificial. Los datos son enviados a una estación donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales (INEGI, 2012).

Mapa: es una representación gráfica y métrica de una porción de territorio generalmente sobre una superficie bidimensional, pero que puede ser también esférica como ocurre en los globos terráqueos (INEGI, 2012).

Modelo Digital de Elevación (MDE o DEM): llamados también modelos digitales del terreno, estos conjuntos de datos contienen medidas de la elevación del terreno obtenidas aplicando procedimientos fotogramétricos a pares de imágenes estereoscópicas solapadas. Los DEM se usan con frecuencia para crear modelos tridimensionales y en los programas informáticos de visualización comúnmente usados en ingeniería civil, cartografía geológica y simulación de vuelo.

Ortofotografía: es una imagen fotográfica del terreno, cuya proyección central ha sido transformada en una proyección ortogonal, eliminando así las distorsiones planimétricas causadas por la inclinación de la cámara aérea y al desplazamiento debido al relieve, de este modo se elimina la variación de escala existente en el fotograma no rectificado y se obtiene una escala única y exacta para toda la superficie de la ortofoto (INEGI, 2012).

Ortorectificación: es el método que permite corregir distorsiones globales y locales de una imagen para ajustarla a las características del sensor, la posición del satélite y los detalles del terreno (INEGI, 2012).

Percepción Remota: Es la técnica que permite obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno bajo investigación (Chuvienco, 1990)

Puntos de control: Son elementos geográficos que pueden ser localizados en una fotografía aérea y en un mapa para ser empleados en la corrección fotogramétrica de dicha foto o imagen de satélite (Chuvienco, 1996).

Rectificación o restitución: proceso mediante el cual se elimina la deformación provocada por la inclinación del eje óptico de la cámara, y por la pendiente media del terreno dentro de la imagen al momento de la toma fotográfica, a la vez que se le da una escala conveniente.

Relieve: geoforma determinada por una combinación dada de estructura geológica y topográfica y está determinada por las condiciones morfoclimáticas específicas o procesos (Lugo-Hubp, 2011).

Reserva de la Biósfera: son áreas donde la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales se han de hacer compatibles con el desarrollo sustentable de la población que vive en dichas áreas y en sus zonas de influencia (CONANP, 2011).

Resolución espacial: es el objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre la imagen y se le conoce como pixel, está determinada por el tamaño de pixel medido en metros sobre el terreno y depende de la altura del sensor con respecto a la Tierra, el ángulo de visión, la velocidad de escaneo y las características del sensor (Chuvieco, 1994; INEGI, 2012).

Sistema de Información Geográfica: es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica el cual es capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada (Bocco *et al.*, 2003)

Tamaño: el tamaño del objeto observado, puede ser de gran ayuda para su plena identificación. Dos elementos diferentes pueden aparecer en la imagen fotográfica muy parecidos, sin embargo, la diferencia en tamaño puede ser el factor decisivo para su identificación (Deagostini, 1984).

Teledetección: Es la ciencia que permite observar y obtener información de nuestro planeta desde el espacio sin estar en contacto con ella, expresa el hecho de conseguir la detección o delimitación de objetos, seres o cualidades de los mismos a distancia. Básicamente se usan fotografías aéreas o de satélite y se combinan con los análisis visual, analógico y digital, usando los ordenadores con las mismas, se utilizan en ciencias como: Geología, Geografía, Economía, Biología, Ecología, etc.

Textura: puede ser definida como la distribución de tonos que presenta un conjunto de unidades que son demasiado pequeñas para ser identificados individualmente, en una fotografía. tonalidad que se produce en la fotografía. Tonalidades de la fotografía, con lo cual queda demostrado que la diferente tonalidad, nunca debe de ser el único factor determinante de la identificación de un objeto (Chuvieco, 2001).

Tono y color: el tono y color contribuye en las fotografías aéreas e imágenes de satélite a la identificación de objetos y su influencia es mayor que la diferenciación de tonos (Chuvieco, 2001).

Uso del suelo: Significa el empleo que el hombre da a los diferentes tipos de cobertura, cíclica o permanentemente, para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales (Bocco, 2003).

Zonificación: El instrumento técnico de planeación que puede ser utilizado en el establecimiento de las áreas naturales protegidas, que permite ordenar su territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, de su uso actual y potencial, de conformidad con los objetivos dispuestos en la misma declaratoria (CONANP, 2012).

ANEXO:

Cobertura y uso de suelo del área del municipio que se encuentra dentro de la ANP.

En base en los cuadros 6.26 y 6.27 se logró observar la CUS en cada parte del municipio: El municipio Ángel R. Cabada contaba con el 2% de su extensión territorial dentro de la RBLT. En 1996, los pastizales-cultivos 558 con (57.94%); la selva perennifolia 333 ha (34.54%) y los cuerpos de agua (4.64%). En 2011, los pastizales-cultivos 580 ha (62.5%) aumentaron 30 ha (2 ha/año); la selva perennifolia 270 ha (29.6%), perdió 60 ha (4 ha/año) y los asentamientos humanos 4.6 ha (0.48). No cambiaron 923 ha (99.08%), 3.6 ha (0.4%) fueron reforestadas y 2.4 ha (0.26%) deforestadas.

Catemaco: En 1996, los pastizales-cultivos contaban con una superficie de 16,246 ha (51.1%); la selva perennifolia con 18,735 ha (42.33%), cuerpos de agua 1,326 ha (3%) y asentamientos humanos con 347 ha (0.78%). En el año 2011, los pastizales-cultivos con 22,564 ha (51%); la selva perennifolia 18,580 ha y los asentamientos humanos 482 ha. El 96.7% del área no sufrió alteración, más de 500 ha (1.13%) fueron reforestadas y 630 ha (1.42%) deforestadas, 90 ha (0.2%) se utilizaron para asentamientos humanos.

Mecayapan: En 1996, la categoría de pastizal-cultivos contaban con una extensión de 16,246 ha (61.84%); la selva perennifolia con 7,047 ha (26.83%); los bosques con 2,259 ha (8.6%), los asentamientos humanos con 154 ha (0.59%). En el año 2011, los pastizal cultivos 8,845 ha (64.4%), aumentaron más de 1,700 ha con una tasa de 113 ha/año, la selva perennifolia con 2,935 ha (21.3%) perdió 4,122 ha (274 ha/año); los bosques con 1,487.5 ha (10.8%) se perdieron 772 ha (51.4 ha/año) y los asentamientos humanos 176 ha (1.3%) aumentaron 22 ha con una tasa de crecimiento de 1.46 ha/año. El 91.8% de su extensión dentro de la reserva no sufrió alteraciones, 375 ha (1.1%) fueron reforestadas y 636 ha (1.42%) se deforestaron y 56 ha se urbanizaron.

Pajapan: En 1996, la categoría de pastizales-cultivos tenía 3,043 ha (63.5%); la selva perennifolia 1,743 ha (36.3%). En el 2011, los pastizales-cultivos aumentó a 3,076 ha (63.9%), la selva perennifolia 2,032 ha aumentó 238 ha. Unas 4,801 ha (92.95%) permanecieron sin ningún cambio, 166.9 ha (3.23%) fueron reforestadas y 196 ha (3.8%) deforestadas.

San Andrés Tuxtla: Para el año 1996, los pastizales-cultivos con una extensión de 25,932 ha (57.55%), por selva perennifolia 18,302 ha (40.62%), los asentamientos humanos 391 ha (0.87%). En el año 2011 los pastizales-cultivos disminuyeron 10 ha, representando 57.53%, la selva perennifolia disminuyó 100 ha y los asentamientos humanos de 391 a 452 ha (1%). Unas 43,903 ha (97.3%) permanecieron igual, es decir, no hubo ningún cambio, 461 ha (1%) fueron reforestadas, más de 588 ha (1.3%) se han perdieron a causa de la deforestación y cerca de 58 ha (0.13%) se urbanizaron.

Santiago Tuxtla: Para el año 1996, los pastizales-cultivos contaban con 1,594 ha (83.26%), la selva perennifolia 312 ha (16.3%), los asentamientos humanos con 1.1 ha (0.06%). En el año 2011, los pastizales-cultivos aumentaron seis hectareas (1,600 ha), la selva aumentó 14 ha y los asentamientos humanos aumentaron 5 ha (0.32%). Aproximadamente 1,917 ha no cambiaron (98.64%), 17.8 ha fueron (0.9%) reforestadas y 5.8 ha (0.3%) fueron deforestadas.

Soteapan: La categoría de los pastizales-cultivos contaban en el año 1996 con 13,202 ha (41.78%), la selva perennifolia con 17,510 ha (55.41%), los bosques cubrían una extensión de 379 ha (1.2%), los asentamientos humanos con 165.7 ha (0.52%). En el año de 1997 se promulga la constitución del municipio Tatahuicapan de Juárez separándose del municipio de Soteapan por tal motivo se observan que los valores de las cobertura y uso de suelo disminuyeron, hacia el año 2011, los pastizales-cultivos con una superficie de 5,847 ha (36.63%), la selva perennifolia con más de 9,600 ha (60.21%), la categoría de los bosques

cubría una extensión de 346 ha y los asentamientos humanos 144 ha representado el 0.9%. Aproximadamente 15,089 ha (94.5%) no sufrieron cambios, 181.2 ha (1.13%) fueron reforestadas y 678 ha (4.25%) se perdieron a causa de la deforestación, cerca de 50 ha (0.05%) se convirtieron en asentamientos humanos.

Tatahuicapan de Juárez: Este municipio en el año 1996, no se promulgaba hasta el año de 1997. En el 2011 y la categoría de pastizales-cultivos cubría 15,918 ha (57.08%), la selva perennifolia 10,488 ha (37.61%), los bosques 488 ha (1.75%) y los asentamientos humanos con 302 ha (1.08%). Cerca de 26,278 ha (94.16%) no cambiaron, 364 ha (1.31%) fueron reforestadas, 1,130 ha (4.05%) sufrieron deforestación y 50 ha (0.18%) fueron convertidas para urbanización.

Cobertura y uso de suelo del año 1996	Municipio													
	Ángel R. Cabada	%	Catemaco	%	Mecayapan	%	Pajapan	%	San Andrés Tuxtla	%	Santiago Tuxtla	%	Soteapan	%
Bosques	-	-	-	-	2259.0	8.6	-	-	-	-	-	-	379.2	1.2
Selva perennifolia	333.0	34.5	18735.1	42.3	7047.8	26.8	1743.0	36.3	18302.7	40.62	311.9	16.29	17510.4	55.4
Manglar	-	-	518.3	1.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Matorral	-	-	193.2	0.44	164.8	0.63	-	-	29.1	0.06	-	-	164.8	0.5
Pastizal-cultivos	558.6	57.94	22625.0	51.12	16246.5	61.84	3049.2	63.5	25932.8	57.55	1594.3	83.26	13202.1	41.78
Áreas sin vegetación aparente	22.2	2.3	104.5	0.24	17.7	0.07	-	-	61.9	0.14	-	-	172.3	0.55
Dunas costeras	0.9	0.1	412.4	0.93	217.7	0.83	11.2	0.23	201.5	0.45	-	-	-	-
Cuerpos de agua	44.7	4.64	1326.0	3.0	163.7	0.62	-	-	142.3	0.32	7.5	0.39	5.6	0.02
Asentamientos humanos	4.6	0.48	347.0	0.78	154.0	0.59	-	-	390.9	0.87	1.1	0.6	165.7	0.52

Cuadro 6.26. Cobertura y uso de suelo año 1996 en la parte de los municipios que contienen la RBLT, valores dados en porcentajes.

Cobertura y uso del suelo 2011	Municipios															
	Ángel R. Cabada	%	Catemaco	%	Mecayapan	%	Pajapan	%	San Andrés Tuxtla	%	Santiago Tuxtla	%	Soteapan	%	Tatahuicapan de Juárez	%
Bosques	-	-	-	-	1,487.5	10.8	-	-	-	-	-	-	325.2	2.0	484.4	1.7
Selva perennifolia	334.9	34.6	18,580.3	41.9	2,925.6	21.3	1,720.9	35.8	18173.1	40.2	326.2	17.0	9,650.9	60.2	10,767.6	38.3
Manglar	-	-	510.4	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Matorral	-	-	255.0	0.6	107.6	0.8	-	-	44.7	0.1	-	-	13.6	0.08	280.5	1
Pastizal-cultivos	557.0	57.7	22,564.1	50.9	8,845.2	64.4	3,074.1	63.9	25,935.8	57.4	1575.1	82.2	5,878.9	36.7	15,872.0	56.4
Áreas sin vegetación aparente	22.2	2.3	118.4	0.3	-	-	-	-	66.1	0.1	-	-	-	-	-	-
Dunas costeras	0.9	0.1	408.5	0.9	106.8	0.8	11.2	0.2	243.9	0.5	-	-	-	-	222.6	0.4
Cuerpos de agua	44.7	4.6	1,362.9	3.1	79.5	0.6	-	-	142.3	0.3	7.5	0.4	-	-	109.9	0.4
Asentamientos humanos	4.6	0.48	482.5	1.1	174.5	1.3	-	-	454.3	1.0	6.1	0.3	-	-	76.6	0.3

Cuadro 6.27. Cobertura y uso de suelo en parte de los municipios que comparten la RBLT, 2011, valores dados en ha y porcentaje.

