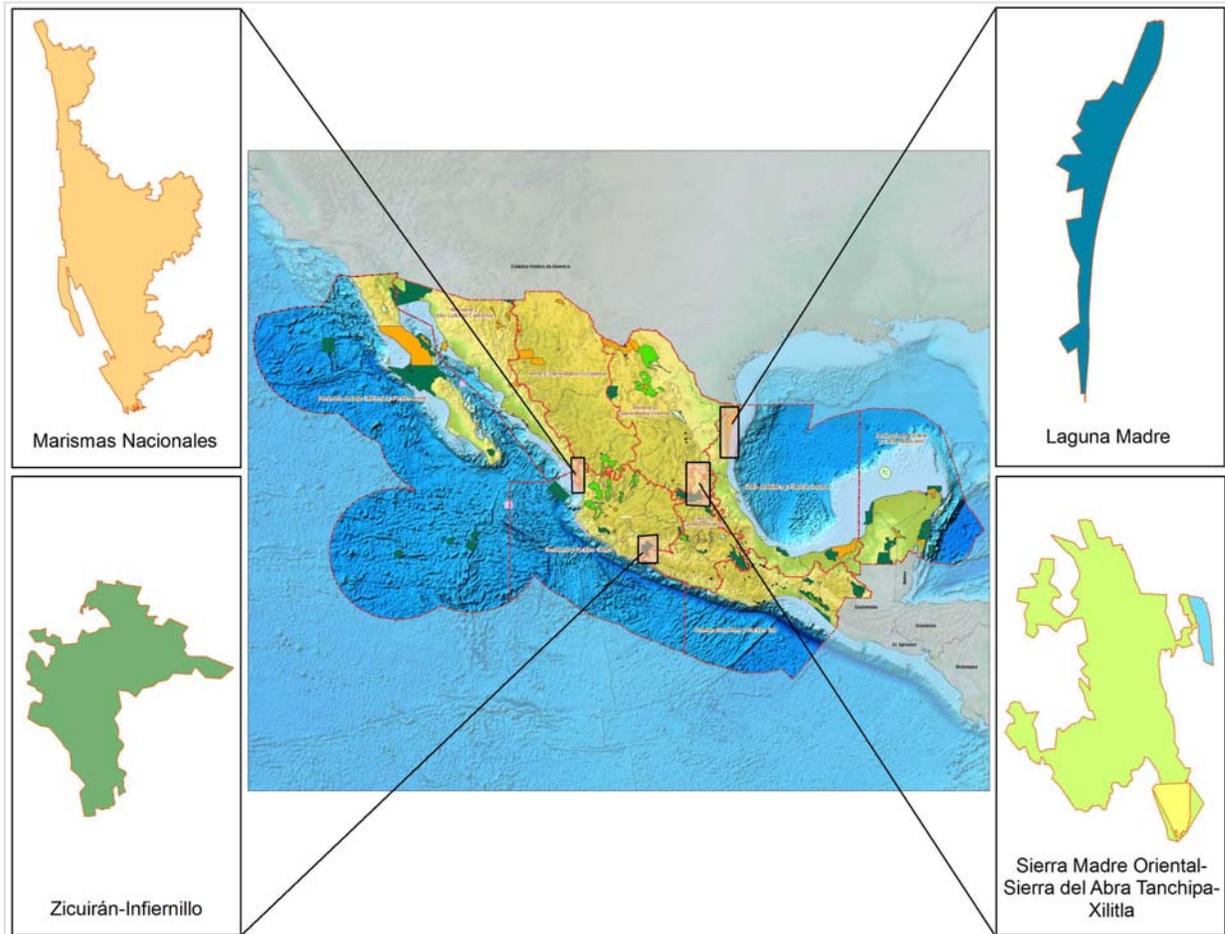


## INFORME FINAL

Análisis del cambio de uso del suelo y vegetación en seis Áreas Naturales Protegidas: (Laguna Madre; Marismas Nacionales, Zicuirán-Infiernillo; Abra Tanchipa, Xilitla y Sierra Madre Oriental), como base para el monitoreo biológico y captura de CO<sub>2</sub>.



### Nombre y número del proyecto

“Iniciativa de México para la protección del clima en el Corredor ecológico Sierra Madre Oriental y en las lagunas costeras Laguna Madre y Marismas Nacionales” (Cambio Climático en ANP’s). 08\_II\_060\_Mex\_G\_Schutzmaßnahme Ökosysteme

**GTZ-PN: 08.9240.6-001.00.**

Elaborado por

  
**mesomaya**  
asociación civil

 **gtz** Partner for the Future.  
Worldwide.

Febrero, 2010.

  
COMISION NACIONAL DE  
ÁREAS NATURALES  
PROTEGIDAS



### **Coordinación General**

Jorge Carranza Sánchez  
Sistema de Información Geográfica  
SEMARNAT-CONANP.

### **Desarrollo**

Carlos Zaldivar Alvarado  
Mesomaya, A.C.

### **Apoyo en campo**

Gloria F. Tavera Alonso  
A.P.F.yF. Laguna Madre y Delta del Río Bravo

### **Coordinación de Percepción Remota**

Ignacio Paniagua Ruiz

Alejandro Duran Fernández  
Reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa

### **Colaboración Técnica**

Rodolfo Ruiz López  
Cesar Moreno García

Alejandro Torres García  
Reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo

### **Apoyo Cartográfico**

Cesar O. Silva González  
Esteban Correa Aguilar.

Víctor Hugo Vázquez Morán  
Región Prioritaria para la Conservación  
Marismas Nacionales.

### **Apoyo Técnico**

Esteban Manuel Martínez Salas  
Instituto de Biología UNAM.

Este documento ha sido preparado y elaborado por Mesomaya A.C. en coordinación con la Subdirección a cargo del Sistema de Información Geográfica de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas en el marco del proyecto “Iniciativa de México para la protección del clima en el corredor ecológico Sierra Madre Oriental y en las lagunas costeras Laguna Madre y Marismas Nacionales” (Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas), que la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (Cooperación Técnica Alemana) está implementando por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) en cooperación con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

### **Agradecimientos**



“© CNES 2009, producida por ASERCA-CONANP bajo licencia de Spot Image, S. A.”  
SEMARNAT-SAGARPA-ASERCA-CONANP 2010.

Agradecemos a la Subdirección de Área a cargo del Sistema de Información Geográfica de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas por la colaboración para el desarrollo del presente trabajo, a la Estación de Recepción México de la constelación Spot (ERMEXS) por las facilidades brindadas para obtener las imágenes del satélite SPOT. A la SEMARNAT través de la Dirección General de Información y Estadística por el apoyo proporcionado para la información cartográfica digital del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).



# Índice.

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>10</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>11</b>
ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA LAGUNA MADRE Y DELTA DEL RÍO BRAVO.....	12
PROPUESTA DE ÁREA SIERRA MADRE ORIENTAL.....	16
RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DEL ABRA TANCHIPA.....	19
REGIÓN XILITLA.....	22
RESERVA DE LA BIOSFERA ZICUIRÁN-INFIERNILLO.....	27
PROPUESTA DE ÁREA MARISMAS NACIONALES.....	31
<b>MATERIAL.....</b>	<b>37</b>
IMÁGENES LANDSAT.....	37
IMÁGENES SPOT.....	38
MÉTODO.....	39
<i>Rectificación de imágenes de satélite.....</i>	<i>39</i>
<i>Clasificación de imágenes de satélite.....</i>	<i>40</i>
<i>Áreas de cambio.....</i>	<i>43</i>
<i>Tasa de Transformación.....</i>	<i>44</i>
<i>Verificación.....</i>	<i>45</i>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
LEYENDA DE TRABAJO.....	49
ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA LAGUNA MADRE Y DELTA DEL RÍO BRAVO.....	73
<i>Imágenes.....</i>	<i>73</i>
<i>Leyenda.....</i>	<i>76</i>
<i>Uso del suelo y vegetación.....</i>	<i>77</i>
<i>Cobertura Forestal-No Forestal.....</i>	<i>83</i>
<i>Matriz de transición.....</i>	<i>86</i>
<i>Tasa de transformación.....</i>	<i>88</i>
PROPUESTA DE ÁREA SIERRA MADRE ORIENTAL.....	89
<i>Imágenes.....</i>	<i>89</i>
<i>Leyenda.....</i>	<i>92</i>

<i>Uso del suelo y vegetación</i> .....	93
<i>Cobertura Forestal-No Forestal</i> .....	99
<i>Matriz de transición.</i> .....	102
<i>Tasa de transformación</i> .....	104
RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DEL ABRA TANCHIPA. ....	105
<i>Imágenes</i> .....	105
<i>Leyenda</i> .....	108
<i>Uso del suelo y vegetación</i> .....	108
<i>Cobertura Forestal-No Forestal</i> .....	113
<i>Matriz de transición.</i> .....	116
<i>Tasa de transformación</i> .....	118
REGIÓN XILITLA, SAN LUIS POTOSÍ. ....	119
<i>Imágenes</i> .....	121
<i>Leyenda</i> .....	123
<i>Uso del suelo y vegetación</i> .....	124
<i>Cobertura Forestal-No Forestal</i> .....	130
<i>Matriz de transición.</i> .....	133
<i>Tasa de transformación</i> .....	135
RESERVA DE LA BIOSFERA ZICUIRÁN-INFIERNILLO.....	137
<i>Imágenes</i> .....	137
<i>Leyenda</i> .....	141
<i>Uso del suelo y vegetación</i> .....	142
<i>Cobertura Forestal-No Forestal</i> .....	149
<i>Matriz de transición.</i> .....	152
<i>Tasa de transformación</i> .....	154
PROPUESTA: ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA MARISMAS NACIONALES, NAYARIT. ....	155
<i>Imágenes</i> .....	155
<i>Leyenda.</i> .....	157
<i>Uso del suelo y vegetación.</i> .....	158
<i>Cobertura Forestal-No Forestal</i> .....	165
<i>Matriz de transición.</i> .....	168
<i>Tasa de transformación.</i> .....	170
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>175</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>181</b>

<b>Índice de figuras.</b>	<b>Pág</b>
Figura 1. Ubicación de las seis áreas de estudio.	11
Figura 2. Ubicación del área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo.	13
Figura 3. Ubicación del área propuesta para protección Sierra Madre Oriental.	18
Figura 4. Ubicación de la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.	20
Figura 5. Ubicación de la región de Xilitla.	23
Figura 6. Ubicación de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.	28
Figura 7. Ubicación de la propuesta de área de protección de flora y fauna Marismas Nacionales.	32
Figura 8. Forma de la unidad de muestreo a utilizarse en Selvas Altas, Medianas, Selvas Bajas, Peten, Selva de Galería, Manglar, Popal, Tular y Vegetación halófila-hidrófila.	46
Figura 9. Forma de la unidad de muestreo a utilizarse en Bosques, Comunidades Áridas, Comunidades Semiáridas y Palmares.	47
<b>Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo</b>	
Figura 10. Puntos de levantamiento de campo del Inventario Nacional Forestal.	75
Figura 11. Uso del suelo y vegetación, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo, año 2000.	78
Figura 12. Uso del suelo y vegetación, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo, año 2005.	79
Figura 13. Uso del suelo y vegetación, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo, año 2008.	80
Figura 14. Superficie Forestal y No Forestal	83
Figura 15. Áreas con cobertura Forestal y No Forestal, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo, año 2008.	84
Figura 16. Áreas de cambio 2000-2008, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo.	87
Figura 17. Tasa de transformación del hábitat.	88
<b>Propuesta de área Sierra Madre Oriental</b>	
Figura 18. Puntos de levantamiento de campo del Inventario Nacional Forestal.	91
Figura 19. Uso del suelo y vegetación, propuesta de área Sierra Madre Oriental, año 2000.	94
Figura 20. Uso del suelo y vegetación, propuesta de área Sierra Madre Oriental, año 2005.	95
Figura 21. Uso del suelo y vegetación, propuesta de área Sierra Madre Oriental, año 2009.	96
Figura 22. Superficie Forestal y No Forestal	99
Figura 23. Áreas con cobertura Forestal y No Forestal, área propuesta Sierra Madre Oriental, año 2009.	100
Figura 24. Áreas de cambio 2000-2009, área propuesta Sierra Madre Oriental.	103
Figura 25. Tasa de transformación del hábitat.	104
<b>Reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa</b>	
Figura 26. Puntos de levantamiento de campo del Inventario Nacional Forestal.	107
Figura 27. Uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, año 2000.	109
Figura 28. Uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, año 2005.	110
Figura 29. Uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, año 2008.	111
Figura30. Superficie Forestal y No Forestal	113
Figura 31. Áreas con cobertura Forestal y No Forestal, reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.	114
Figura 32. Áreas de cambio 2000-2008, reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.	117
Figura 33. Tasa de transformación del hábitat.	118

<b>Región Xilitla</b>	<b>Pág</b>
Figura 34. Región Xilitla-reserva de la biosfera Sierra Gorda.	119
Figura 35. Región Xilitla-propuesta de reserva de la biosfera Sierra de la Silleta.	120
Figura 36. Puntos de verificación del Inventario Nacional Forestal en la región Xilitla.	122
Figura 37. Uso del suelo y vegetación de la región Xilitla, año 2000.	125
Figura 38. Uso del suelo y vegetación de la región Xilitla, año 2006.	126
Figura 39. Uso del suelo y vegetación de la región Xilitla, año 2009.	127
Figura 40. Superficie Forestal y No Forestal	130
Figura 41. Áreas con cobertura Forestal y No Forestal, región Xilitla.	131
Figura 42. Áreas de cambio 2000-2009, región Xilitla.	134
Figura 43. Tasa de transformación del hábitat.	135
Figura 44. Áreas de conexión reserva de la biosfera Sierra Gorda-Xilitla-Sierra de la Silleta.	136
<b>Reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo</b>	
Figura 45. Puntos de levantamiento de campo del Inventario Nacional Forestal.	139
Figura 46. Realce espacial con contraste cromático de las imágenes SPOT 5.	140
Figura 47. Variaciones en el nivel del agua en la presa Infiernillo.	142
Figura 48. Uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo, año 1999.	144
Figura 49. Uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo, año 2005.	145
Figura 50. Uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo, año 2008.	146
Figura 51. Superficie Forestal y No Forestal	149
Figura 52. Áreas con cobertura Forestal y No Forestal, reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.	150
Figura 53. Áreas de cambio 1999-2008, reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.	153
Figura 54. Tasa de transformación del hábitat.	154
<b>Propuesta de área Marismas Nacionales</b>	
Figura 55. Puntos de verificación del Inventario Nacional Forestal.	156
Figura 56. Uso del suelo y vegetación de la propuesta de APFyF Marismas Nacionales, año 1990.	159
Figura 57. Uso del suelo y vegetación de la propuesta APFyF Marismas Nacionales, año 2000.	160
Figura 58. Uso del suelo y vegetación de la propuesta APFyF Marismas Nacionales, año 2005.	161
Figura 59. Uso del suelo y vegetación de la propuesta APFyF Marismas Nacionales, año 2009.	162
Figura 60. Superficie Forestal y No Forestal	165
Figura 61. Áreas con cobertura Forestal y No Forestal, propuesta Marismas Nacionales, año 2009.	166
Figura 62. Áreas de cambio 1990-2009, Marismas Nacionales.	169
Figura 63. Tasa de transformación del hábitat.	170
Figura 64. Áreas de afectación de manglar	171
Figura 65. Áreas de afectación de manglar en la porción central	173
<b>Conclusiones</b>	
Figura 66. Superficie Forestal-No Forestal en las 6 áreas de estudio.	176
Figura 67. Porcentaje de cobertura No Forestal vs.Tasa de transformación.	178
Figura 68. Actividades que impactan en las 6 áreas de estudio.	179

<b>Índice de tablas.</b>	<b>Pág.</b>
<b>Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo</b>	
Tabla 1. Imágenes Landsat , APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo.	73
Tabla 2. Imágenes SPOT, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo.	74
Tabla 3. Uso del suelo y vegetación, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo.	82
Tabla 4. Datos de superficie Forestal y No Forestal	83
Tabla 5. Matriz de transición 2000-2008, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo.	85
Tabla 6. Tipos de vegetación afectados, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo.	86
Tabla 7. Tasa de transformación del hábitat, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo.	88
<b>Propuesta de área Sierra Madre Oriental</b>	
Tabla 8. Imágenes Landsat, propuesta de área Sierra Madre Oriental.	89
Tabla 9. Imágenes SPOT, propuesta de área Sierra Madre Oriental.	90
Tabla 10. Uso del suelo y vegetación, área propuesta Sierra Madre Oriental.	98
Tabla 11. Datos de superficie Forestal y No Forestal	99
Tabla12. Matriz de transición 2000-2009, área propuesta Sierra Madre Oriental	101
Tabla 13. Tipos de vegetación afectados, área propuesta Sierra Madre Oriental.	102
Tabla 14. Tasa de transformación del hábitat, área propuesta Sierra Madre Oriental.	104
<b>Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa</b>	
Tabla 15. Imágenes Landsat para la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.	105
Tabla 16. Imágenes SPOT para la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.	106
Tabla 17. Uso del suelo y vegetación para la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa	112
Tabla 18. Datos de superficie Forestal y No Forestal	113
Tabla 19. Matriz de transición 2000-2008 para la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.	115
Tabla 20. Tipos de vegetación afectados, Sierra del Abra Tanchipa.	116
Tabla 21. Tasa de transformación del hábitat en la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.	118
<b>Región Xilitla</b>	
Tabla 22. Imágenes Landsat para la región Xilitla.	121
Tabla 23. Imágenes SPOT para la región Xilitla.	122
Tabla 24. Uso del suelo y vegetación para la región Xilitla.	129
Tabla25. Datos de superficie Forestal y No Forestal	130
Tabla 26. Matriz de transición 2000-2009 para la región Xilitla.	132
Tabla 27. Tipos de vegetación afectados, Región Xilitla.	133
Tabla 28. Tasa de transformación del hábitat en la región Xilitla.	135

<b>Reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo</b>	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 29. Imágenes Landsat de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.</b>	137
<b>Tabla 30. Imágenes SPOT para la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.</b>	138
<b>Tabla 31. Uso del suelo y vegetación para la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.</b>	148
<b>Tabla 32. Datos de superficie Forestal y No Forestal</b>	149
<b>Tabla 33. Matriz de transición 1999-2008 para la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.</b>	151
<b>Tabla 34. Tipos de vegetación afectados, reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.</b>	152
<b>Tabla 35. Tasa de transformación del hábitat en la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo</b>	154
<b>Propuesta APFyF Marismas Nacionales</b>	
<b>Tabla 36. Imágenes Landsat para la propuesta del APFyF Marismas Nacionales.</b>	155
<b>Tabla37. Imágenes SPOT para la propuesta del APFyF Marismas Nacionales.</b>	156
<b>Tabla 38. Uso del suelo y vegetación para propuesta APFyF Marismas Nacionales.</b>	164
<b>Tabla 39. Datos de superficie Forestal y No Forestal</b>	165
<b>Tabla 40. Matriz de transición 1990-2009 para propuesta APFyF Marismas Nacionales.</b>	167
<b>Tabla 41. Tipos de vegetación afectados, propuesta APFyF Marismas Nacionales</b>	168
<b>Tabla 42. Tasa de transformación del hábitat de la propuesta APFyF Marismas Nacionales.</b>	170

## Resumen

Este documento presenta la información descriptiva, tabular y cartográfica de uso de suelo y vegetación del periodo 2000-2009, incluye los resultados obtenidos del análisis de cambio y tasa de transformación del hábitat para 6 áreas: Laguna Madre, Marismas Nacionales, Zicuïran-Infiernillo, Sierra Abra Tanchipa, Xilitla, y Sierra Madre Oriental.

Se desarrolló con la colaboración de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), que proporcionó equipo de computo así como la contratación de personal técnico; la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), quien facilitó las imágenes de satélite, las instalaciones, la asesoría técnica y el apoyo con el trabajo de campo; y la asociación civil Mesomaya, A.C. con personal que contribuyó para el desarrollo de las actividades correspondientes.

El objetivo de este proyecto fue contar con un modelo de monitoreo y evaluación para el análisis de cambio de uso de suelo y vegetación a escala 1:50,000, identificando para ello, los diferentes tipos de uso del suelo y vegetación. Los resultados serán usados para calcular por hectárea de vegetación, las toneladas de CO<sub>2</sub> que captura cada área en cuestión.

Haciendo uso de métodos y técnicas en percepción remota y Sistemas de Información Geográfica (SIG), se procesaron imágenes de satélite de los sensores Landsat y Spot, las cuales fueron proporcionadas por la Subdirección de Área de la CONANP a través de la ERMEXS y del acervo histórico de imágenes de la SEMARNAT.

Se utilizó la metodología establecida en el “Protocolo para la evaluación del Uso del Suelo y Vegetación en Áreas Naturales Protegidas Federales de México” elaborado por la Subdirección de Análisis de Información Espacial de la CONANP en el 2007 (CONANP, 2007), que contiene los procedimientos para obtener datos de las cubiertas del suelo a partir de imágenes de satélite, utilizando un método mixto que incluye técnicas de tratamiento digital y de interpretación visual (Paniagua, 2009). Estos métodos generalmente se utilizan por separado, algunos autores han realizado comparaciones para determinar cuál es mejor al momento de asignar categorías, los tiempos para obtener resultados, la exactitud de los datos, entre otros (Ramirez y Zubieta, 2005). El método mixto, resalta las ventajas, potencializando las virtudes y reduciendo las limitaciones que presentan cuando se utilizan por separado, obteniendo mejores resultados. Para generar información multitemporal, se utiliza el método de interpretación interdependiente, los datos la dinámica de cambio en las cubiertas del suelo se presentan en la matriz de transición; y finalmente, se utiliza la formula (FAO) para calcular la tasa de transformación.

La validación de la información cartográfica generada, se llevó a cabo con distintos insumos (Inventario Nacional Forestal de la Comisión Nacional Forestal 2004-2009; Capa de uso de Suelo y Vegetación INEGI serie III y IV), además de que se contó con el invaluable apoyo de personal de las direcciones de las áreas, así como del Biol. Esteban Manuel Martínez Salas, investigador del instituto de biología de la UNAM.

## INFORME FINAL

Los resultados obtenidos, son mapas de uso de suelo y vegetación de la serie de tiempo. Haciendo la distinción entre cobertura Forestal y No Forestal, de las seis áreas, la que presenta la mayor proporción No Forestal es Sierra Madre Oriental con el 20.32% seguido de la región Xilitla con el 18.65% y el área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo con el 12.08%. En Marismas Nacionales la primera fecha, se encontró que solo el 3% del área con cubierta No Forestal y la última fecha, aumentó hasta el 8%, en el periodo, esto se debe a que el manglar se está secando.

Los mapas de cambio, se reclasificaron de acuerdo al tipo de transformación y los datos de la dinámica se presentan en la matriz de transición. De la tasa de transformación para cada área analizada, la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa es la que presenta la menor tasa de transformación en el periodo 2000-2009 con -0.004%. Mientras que el APFyF Laguna Madre tuvo la tasa mayor con el 0.62%, seguido por la Región Xilitla con el 0.38%.

Las actividades humanas impactaron de diferente forma en el periodo, en Laguna Madre la agricultura es la que tiene mayor presencia seguida se los pastizales, mientras que el Sierra Madre Oriental tanto la agricultura como los pastizales se encuentra fuertemente representados y una recuperación de zonas que fueron afectados por incendios. En la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, los cambios son mínimos, en tanto que en la Región de Xilitla los pastizales tuvieron una mayor dominancia sobre la agricultura, al igual que en la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.

Para Laguna Madre, Zicuirán-Infiernillo y Marismas Nacionales, los cuerpos de agua son un elemento de transformación importante. Para Marismas Nacionales y Laguna Madre los cambios en el nivel del agua se ven determinados por la marea. En el caso de Zicuirán-Infiernillo, el nivel de agua de la presa disminuyó en el año 2005 por más de 2,500 hectáreas, y parte de esa superficie fue aprovechada principalmente en áreas agrícolas, las cuales desaparecieron en el 2008, pues el agua recuperó su territorio.

Este trabajo es el principio de un programa de monitoreo de Tasa de Transformación del Habitat, de las áreas de interés, para aquellas que actualmente cuentan con un decreto, y una fuente de información para las áreas que se encuentran en proceso de su establecimiento.

La clasificación se debe seguir trabajando, determinar los periodos de análisis futuros y actualizar los datos de transformación para conocer la dinámica de cambio, lo que permitirá enfocar los programas en áreas específicas que así lo requieran y medir el impacto que estos tienen en la tarea de conservación de las ANP.

## **Antecedentes.**

El Ministerio de Ambiente de la República Federal de Alemania (BMU), lanzó en 2008 una iniciativa para la mitigación y adaptación al cambio climático a nivel internacional, invitando a interesados a proponer proyectos acerca del tema.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) envió una propuesta de proyecto denominado “*Corredor Ecológico Sierra Madre Oriental y Lagunas Costeras - A Climate Protection Initiative in Protected Areas in Mexico*”. El cual será impulsado a través de la GTZ.

El objetivo del proyecto es fomentar actividades de conservación, restauración y uso sostenible con efectos de mitigación a un cambio climático en cinco Áreas Naturales Protegidas (ANP’s) de México (Laguna Madre; Marismas Nacionales, Zicuirán-Infiernillo; Abra Tanchipa y Xilitla). Como estrategia innovadora y replicable se acordó buscar mecanismos de coordinación y cooperación interinstitucional así como asegurar la participación activa de gran parte de la población local para lograr el objetivo. Lo fuerte de proyecto es considerado en su compromiso de involucrar un gran número de actores.



## **Justificación.**

Los procesos actuales que dirigen el desarrollo económico del país, requieren para su continuidad de insumos de los recursos naturales, que por lo general siempre se obtienen bajo prácticas de uso escasamente sustentables. Esto ha causado un deterioro en el estatus de la biodiversidad de los diferentes ecosistemas que componen el paisaje natural de México. Uno de los efectos de mayor impacto por el uso, es la deforestación que entre otros, incrementa la erosión del suelo, cambia los patrones hídricos, aumenta la contaminación y pérdida de acuíferos. Los efectos no solo impactan de manera local, sino que también se expresan en grandes problemas ambientales, entre los que destacan las inundaciones, los deslizamientos de laderas, la pérdida de biodiversidad y por ende de la productividad, y otros fenómenos que traen consecuencias graves para las poblaciones humanas. La captura de CO<sub>2</sub>, se ve afectada por la fragmentación de los bosques y selvas, producto de las actividades agropecuarias que requieren cambiar el uso del suelo para su establecimiento y crecimiento. El calentamiento global y sus repercusiones son resultado parcial de las tasas aceleradas de deforestación, que contribuyen con alrededor de un 25% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

De manera natural, el clima de la Tierra ha experimentado variaciones cíclicas en función de los cambios en la órbita del planeta y la actividad solar. No obstante, el cambio climático que la humanidad está experimentando actualmente se debe entre 95% y 99% a causas antropogénicas. Así concluyó el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), en su informe del 2000, indicando que había evidencias sólidas que el calentamiento observado en la Tierra durante los últimos cincuenta años era atribuible a las actividades humanas.

El cambio climático es un problema con características únicas, ya que es de naturaleza global, sus impactos mayores serán en el largo plazo e involucra interacciones complejas entre procesos naturales (fenómenos ecológicos y climáticos) y procesos sociales, económicos y políticos a escala mundial (Martínez, *et al.*, 2008). En el mundo 15 países contribuyen con 71.4% de las emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de combustibles fósiles; entre ellos se encuentra México en la posición número 12, con 98 millones de toneladas de carbono, que representa

## INFORME FINAL

1.54%. Al considerar a México en el contexto de América Latina y El Caribe, nuestro país contribuye con 27.3% de las emisiones, con un índice de 1.1 toneladas de carbono por habitante por año (Arvisu, 2008).

Aunque México libera emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, principalmente por la generación de energía eléctrica, transporte y actividades industriales, seguido por las actividades agropecuarias y por la deforestación, también tiene condiciones naturales propicias para promover acciones de mitigación al cambio climático y captura de CO<sub>2</sub>. El referente es porque mantiene el 70% de cobertura Forestal que esta representada por el 33% de bosques y selvas (65 millones de Ha), además de contar con otras 74 millones de Ha (37%) Forestales de Matorral Xerófilo (INEGI Serie III). Así México cuenta con un capital natural/Forestal para contribuir a la reducción de CO<sub>2</sub> de la atmósfera.

Con los datos de la Serie I, II y III de Usos del Suelo y Vegetación del INEGI, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) calculó y reportó a la FAO la información sobre la dinámica de cambio, de acuerdo con las especificaciones del FRA2005. El área de bosque fue de 69'016,000 hectáreas en el año 1990, 65'540,000 hectáreas en el año 2000 y para el 2005 de 64'238,000 hectáreas, lo que representa una tasa de cambio entre el periodo 1990-2000 de -0.5% que corresponde a una superficie de -348,000 Ha/Año, mientras que para el periodo 2000-2005 se obtuvo una tasa de -0.4% que representan -260,000 Ha /Año. A nivel mundial, México ocupó el lugar número 12 en cuanto a existencia de superficie de bosques y selvas, después de Brasil, Estados Unidos de América, Canadá, China, Indonesia, Perú, India y Sudán, entre otros; aunque ocupó el lugar número 51 respecto de su tasa de cambio, con 0.4% anual de pérdida de superficie cubierta con bosques y selvas durante el mismo periodo (SEMARNAT, 2009).

El modo y los grados en que el cambio climático impactará varían de una región a otra del planeta, pero se tiene la seguridad de que el saldo general será negativo. El impacto dependerá del desempeño de las naciones en el desarrollo de medidas de mitigación y adaptación. En México se ha venido impulsando políticas que tienen como propósito principal solucionar diversos problemas sociales, económicos y ambientales. En muchos casos, estas acciones permiten mitigar simultáneamente los efectos del cambio climático al impulsar una mayor

eficiencia del aparato productivo. Las sinergias se dan en el aprovechamiento, conservación y/o restauración de recursos naturales (manejo sustentable de bosques, creación de áreas naturales protegidas, programas de reForestación, e impulso de plantaciones, entre otras) y en la eficiencia energética (mejorando combustibles, estableciendo nuevas reglas para las emisiones de la industria, e impulsando proyectos de fuentes renovables para producción de energía, entre otros) (De Jong *et al.*, 2008).

Además para proteger la biodiversidad de los ecosistemas terrestres y marinos, el gobierno mexicano impulsa a través de los instrumentos de la política ambiental el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas (ANP), las cuales abarcan una superficie de 25'376,599 Ha distribuidas en todo el territorio nacional, divididas en terrestres (81.05%) y marinas (18.95%) (CONANP, 2009). Las 173 ANP que administra la CONANP han adquirido una mayor relevancia tanto por la cantidad de servicios ambientales que ofrecen (turismo y servicios hidrológicos) como por ser consideradas sumideros para la captura de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, la ANP en su conjunto, al igual que otras extensiones de bosques y selvas que se encuentran bajo manejo comunal o privado, pueden absorber cantidades significativas de Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), principal gas de efecto invernadero (GEI).

Los ecosistemas Forestales contienen grandes cantidades de carbono (C) almacenado en biomasa viva y muerta, y en el suelo (Post *et al.*, 1982). Especialmente en las regiones tropicales hay un proceso acelerado de conversión de ecosistemas Forestales con alta cantidad de biomasa a ecosistemas con bajos niveles de biomasa, como vegetación secundaria, áreas cultivadas y pastizales (FAO, 1993). Las estimaciones del total de CO<sub>2</sub> emitido a partir de estas reducciones en biomasa y procesos de deForestación varían entre 8 y 44% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> antropogénico (Cook *et al.*, 1990; Schimel, 1995).

Los actores locales y sus actividades asociadas comúnmente se han considerado como una de las mayores amenazas para conservar la diversidad biológica y las coberturas de vegetación nativa (Lambin *et al.*, 2001; Mangel *et al.*, 1996). Las prácticas de agricultura tradicional, están sujetos a un proceso rápido de deForestación y degradación de suelo debido a una creciente presión poblacional sin alternativas económicas para incrementar la producción en forma sustentable (Bremer *et al.*, 1984). Las causas principales de la conversión Forestal son

## INFORME FINAL

los aprovechamientos Forestales y los incendios, y en menor grado la conversión a pastizales (Maserá *et al.*, 1992; De Jong y Montoya-Gómez 1994). Las fuerzas atrás de estos procesos han sido los incentivos gubernamentales para el desarrollo agropecuario, el crecimiento poblacional, un cambio de sistemas de producción de subsistencia hacia sistemas comerciales, desarrollo de infraestructura y la inseguridad de la tenencia de tierra (De Jong y Montoya-Gómez 1994). Los cambios en la cobertura de vegetación observados en algunos ejidos muestran que el manejo Forestal comunitario para extracción comercial de madera no siempre da como resultado una pérdida permanente de cobertura Forestal nativa (Durán-Medina *et al.*, 2007). En México una buena parte de los bosques y selvas son de propiedad comunal o ejidal y constituyen el patrimonio principal de aproximadamente 12 millones de mexicanos, muchos de ellos en condiciones de extrema pobreza y marginación. Por lo anterior, la política Forestal se debe enfocar no sólo a la conservación e incremento de las posibilidades de bosques y selvas para prestar servicios ambientales, sino también a su utilización sustentable como fuente de desarrollo económico de las comunidades que cuentan con recursos Forestales.

No existen datos precisos acerca la reducción de biomasa asociado a los procesos de deForestación y degradación que a la vez no permite desarrollar modelos de flujos de C para los patrones regionales de uso de suelo. En México se considera prioritario tener datos más precisos acerca de flujos de C relacionados a la dinámica de uso de suelo, con el fin de poder determinar el papel de esta dinámica y emisiones de C dentro del balance general de emisiones de gases de invernadero en el ámbito nacional (De Jong, 2001). Los últimos inventarios Mexicanos de emisiones de gases de invernadero reportan emisiones anuales de 37.1 Mt C a consecuencia de cambios de uso de suelo a escala nacional (Maserá *et al.*, 1995).

Debido a la deForestación acelerada, los bosques hoy en día son una fuente neta de emisiones (Maserá *et al.*, 1997). Existen opciones de mitigación que da como resultado una reducción del incremento neto en las emisiones de este gas de un área determinada (Maserá 1995). *La conservación*, la cual consiste en evitar las emisiones de carbono preservando las áreas naturales protegidas, fomentando el manejo sostenible de bosques naturales y el uso renovable de la leña, y/o reduciendo la ocurrencia de incendios. *La reForestación y Forestación*, consiste en recuperar áreas degradadas mediante acciones como la protección de cuencas, la

reForestación urbana, la restauración para fines de subsistencia, el desarrollo de plantaciones comerciales para madera, pulpa para papel, hule, etc., así como de plantaciones energéticas (producción de leña y generación de electricidad) y de sistemas agroForestales. Y la *Sustitución*, que consiste en sustituir los productos industriales por aquellos hechos de madera; es decir, ahorrar energía para producir estos productos industriales (p. e. cemento) y, por la sustitución de combustibles fósiles hacia combustibles renovables, como leña, carbón vegetal y biogás.

Masera *et al.* (2001) utilizaron un modelo para estimar la captura de carbono del año 2000 al 2030 en el que se dividió el uso del suelo en el país en 21 clases, incluyendo bosques, selvas, zonas áridas y usos no Forestales. Con este modelo se construyeron dos escenarios: un escenario de “referencia” y un escenario de “políticas”. El escenario de referencia considera un futuro en el que se mantienen las tasas de deForestación actuales por tipo de bosque como porcentaje del área Forestal remanente; asimismo, los esfuerzos en conservación y en restauración continúan pero a ritmo limitado. El escenario de políticas está basado en considerar que la captura de carbono en el sector Forestal de México debe ser un subproducto de las prioridades de desarrollo sustentable del país.

En otras palabras, las opciones de mitigación de carbono consideradas, parten siempre de la satisfacción de necesidades locales: demanda estimada de madera industrial y para leña, sistemas agroForestales, área susceptible a ponerse en conservación por tipo de bosque, etc. Se supone un futuro en el que se satisface plenamente la demanda interna de madera industrial, de pulpa y papel y de leña; decrecen las tasas de deForestación y se hace un esfuerzo mayor en restauración y conservación de nuestros bosques. La mitigación –o captura de carbono a escala nacional- resulta de la diferencia entre ambos escenarios.

En todos los casos las ANP realizan acciones de diversas formas promoviendo “mejores prácticas” para reconvertir estas actividades en modelos más sustentables. El impacto que estas acciones tienen, se puede medir y monitorear regularmente de diferentes maneras; en este caso utilizaremos el Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta. Para realizar esto, esta consultoría tiene como objeto diseñar un modelo que nos permita analizar y dar seguimiento a los cambios de uso suelo y vegetación en las seis áreas propuestas, cuya

## INFORME FINAL

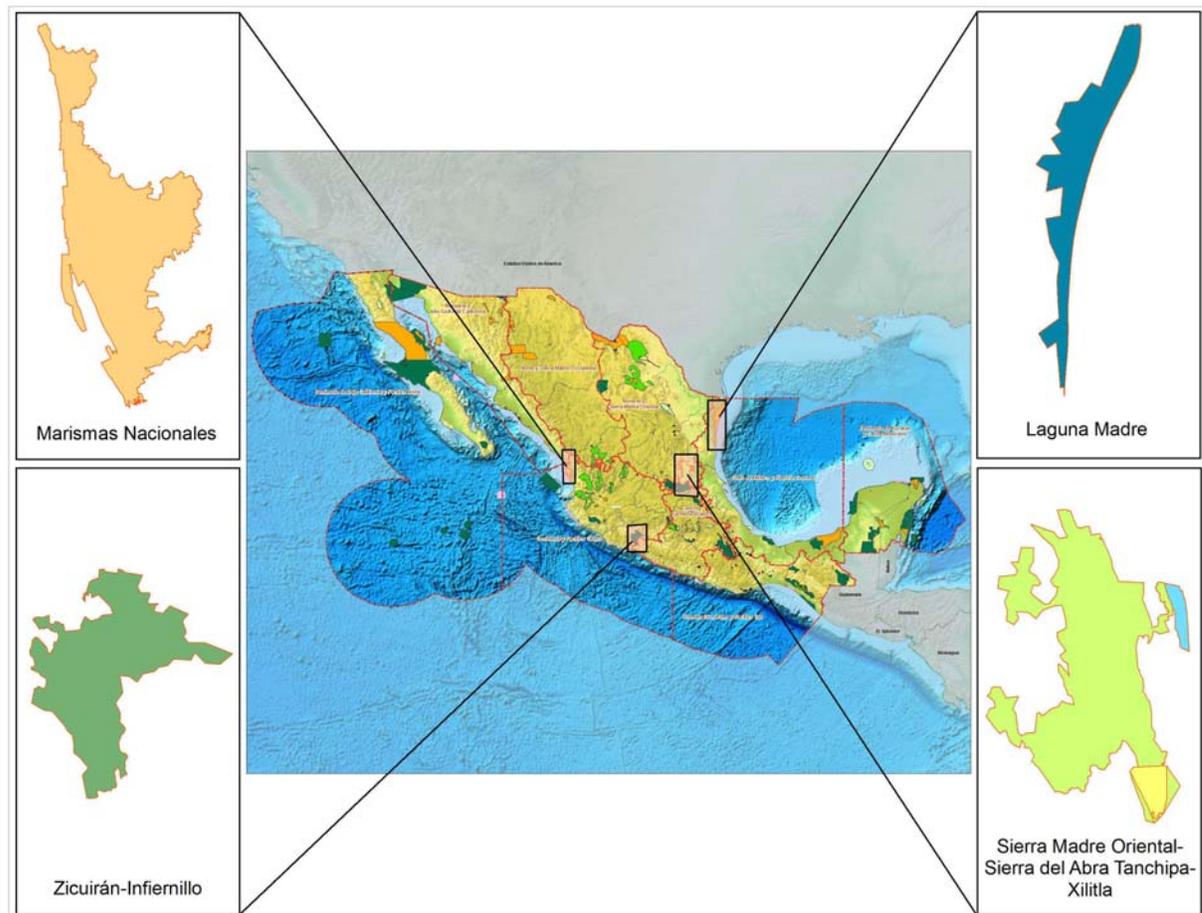
escala de análisis (1:50 000), nos permita sustentar acciones para el cuidado de la cobertura vegetal, atenuar los efectos del Cambio Climático y mantener los stocks de CO<sub>2</sub> almacenado.

### **Objetivo.**

Un modelo (SIG) de monitoreo y evaluación para el análisis de cambio de uso de suelo y vegetación a escala 1:50,000, será diseñado para las áreas de Laguna Madre; Zicuirán-Infiernillo, Abra Tanchipa; Marismas Nacionales, Xilitla y el área propuesta de la Sierra Madre Oriental en S.L.P, identificando para ello, los diferentes tipos de uso del suelo y vegetación. Los resultados serán usados para calcular por hectárea de vegetación, las toneladas de CO<sub>2</sub> que captura cada área en cuestión.

## Área de estudio.

Las áreas de interés del presente trabajo son: el área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo, ubicada en el estado de Tamaulipas; propuesta de nueva área protegida Sierra Madre Oriental y región Xilitla, así como la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa en el estado de San Luis Potosí, reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo, en el estado de Michoacán y la propuesta de área de protección de flora y fauna Marismas Nacionales en el estado de Nayarit (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de las seis áreas de estudio.

### **Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo.**

Laguna Madre y Delta del Río Bravo fue establecida el 14 de abril del 2005 por decreto presidencial como área de protección de flora y fauna, está ubicada en los municipios de Matamoros, San Fernando y Soto La Marina, en el Estado de Tamaulipas (Figura 2). Cuenta con una superficie total de 572,808 hectáreas (D.O.F., 2005).

Esta región representa un corredor biológico y una posible área de transición. Es altamente productiva por lo que favorece la anidación de numerosas especies. Incluye todas las zonas de humedales, la laguna, las islas y las barras de la zona costera. Cubre una gran variedad de asociaciones, comprende un gradiente de salinidad, desde agua dulce hasta hipersalino en algunas áreas en donde la salinidad del agua puede llegar a ser mayor que la del mar (Arriaga, *et al.*, 2000).

La región de Laguna Madre, cuyo eje longitudinal es paralelo a la línea de costa, se encuentra limitada por una barra arenosa de 223 Km de longitud, presenta una anchura aproximada de 3 Km en la parte sur y 30 Km al norte. Es considerado el cuerpo de agua más grande del país, su profundidad varía de 4.5 m en su parte más profunda hasta una profundidad de 1.5 m (García-Marín, 1981; INEGI, 1983). La Laguna Madre propiamente empieza 45 Km al sur del río Bravo y se extiende por alrededor de 160 Km hacia el río Soto la Marina (Cornelius, 1975). La laguna está dividida en dos cuerpos de agua, el norte y el sur, divididos por el que anteriormente era el delta del río San Fernando. La parte norte es más ancha y más profunda que la parte sur, que va entre 25 y 30 Km de ancho y con una profundidad máxima de hasta 4.5 m. en algunas partes, hasta extensas zonas inundables que van desde áreas secas a zonas con una profundidad de escasos 30 cm. La parte sur se va estrechando considerablemente hasta los 3 Km de ancho en su extremo sur. La Laguna Madre en la parte sur, incluye una bahía interna denominada Laguna el Catán (Farmer y Carrera, 1993).

El clima del área corresponde a semicálido, templado subhúmedo, temperatura media anual mayor de 18°C, la temperatura del mes más frío menor de 18°C y la temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. La precipitación anual entre 500 y 2,500 mm y la precipitación del



**Figura 2.** Ubicación del área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo.

## INFORME FINAL

mes más seco de 0 a 60 mm; con lluvias de verano mayores al 10.2 % anual (Arriaga, *et al.*, 2000).

Las comunidades vegetales típicas del matorral tamaulipeco se encuentran presentes en muchas de las islas de la laguna. Los principales hábitats que se localizan en el sitio en buen estado de conservación son la ceiba, la vegetación acuática de agua dulce, la vegetación halófila, la vegetación de dunas costeras y los manglares. Esta región se caracteriza por la presencia de comunidades de pastizal halófilo y vegetación halófila con dunas móviles y especies costeras. Existen varias especies endémicas de flora: *Billieturnera* sp., *Clappia suaedifolia*, *Atriplex matamorensis*, *Scaevola* sp. y *Caesalpinia* sp. Los mangles representados en esta zona son el mangle negro (*Avicennia germinans*), el mangle botoncillo (*Conocarpus erecta*), el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) (Arriaga, *et al.*, 2000).

En este sitio se encuentran aproximadamente 144 especies de aves residentes, de las cuales 2.7% son endémicas de México. Existe una gran cantidad de aves migratorias y residentes, de las que la más abundante es el pato cabeza roja (*Aythya americana*). Es además, un área conocida de distribución de vertebrados tales como el lagarto, la nutria (*Scalopus aquaticus*), *Dipodomys compactus* y *Geomys personatus* (Arriaga, *et al.*, 2000).

Una de las relevancias biológicas que tiene la Laguna Madre, es la de servir como un corredor natural para las aves acuáticas migratorias, dado el alto porcentaje (59%) de este grupo con respecto a los registros que se tienen de la avifauna del área, y a los valores de las especies residentes (38%), resaltando la importancia de esta zona como un corredor biogeográfico y posible área de transición. Adicionalmente las zonas intermareales así como las zonas de playa, sirven como un hábitat muy importante para las aves playeras, dentro de las cuales podemos mencionar a *Arenaria interpres*, *Pluvialis squatarola*, *Calidris alba*, *C. minutilla* y *Charadrius melodus*, entre otros. En la laguna también se encuentran las dos especies de pelícanos de Norteamérica: el pelicano café (*Pelecanus occidentalis*) considerado como una especie rara para la zona y la única población reproductiva del pelicano blanco (*Pelecanus erythrorhynchus*) reportada para México (Scott y Carbonell 1986). Asimismo, se encuentran en

la zona 20 especies de falciformes tanto migratorias como residentes. La región se encuentra en la ruta migratoria del golfo, la más importante del continente para aves rapaces.

Laguna Madre, es el único Sitio binacional de Importancia Internacional de la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras (RHRAP), fue enriquecido hace poco por aprobación del Consejo Hemisférico de la RHRAP para que incluya el área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo como una ampliación al sitio. Esta área nacional protegida, es considerada Sitio de Importancia Internacional por propio derecho debido a que alberga a más de 100,000 aves playeras que representan 29 especies, lo que incluye al 10% de la población mundial de invernada de *Charadrius melodus*.

### **Propuesta de área Sierra Madre Oriental.**

Desde el punto de vista fisiográfico, la Sierra Madre Oriental comprende un conjunto de serranías, la mayoría de ellas con recorrido norte-sur, cuya identidad geológica está dada por la dominancia de formaciones del cretácico medio y superior, aunque también existen rocas jurásicas y paleozoicas, y muy pocas generadas por el vulcanismo del cenozoico. Debido al origen geológico y a los patrones del paisaje de sus áreas, la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental ha sido subdividida en subprovincias, las cuales, a su vez, han sido consideradas parcial y diferencialmente por distintos autores para la definición de la Sierra Madre Oriental como provincia biogeográfica.

Mediante este sistema, México se clasifica en regiones naturales, con base en criterios climáticos (principales zonas climáticas como la árida, trópico subhúmedo, trópico húmedo y la zona templada) y formas de relieve (sierras, mesetas, lomeríos y llanuras, entre otras). Esta regionalización dio como resultado 87 provincias para México (Cervantes-Zamora *et al.* 1990), de las cuales ocho corresponden a la Sierra Madre Oriental; éstas son: 1) Sierras Transversales, 2) Pliegues de Saltillo-Parras, 3) Sierras y Llanuras occidentales, 4) Gran Sierra Plegada, 5) Sierra de San Carlos, 6) Sierra de Tamaulipas, 7) Carso Huasteco, y 8) Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. Según este sistema, la Sierra Madre Oriental comprende parte de los estados de Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, México, Michoacán, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas.

Colinda al noreste con la provincia Bolsón de Mapimí, al Norte con las provincias de Laguna de Mayrán, Sierra de la Paila y las Sierras y llanuras coahuilenses, al Este con la provincia de los Lomeríos de la Costa Golfo Norte, Llanuras y Lomeríos de Veracruz y Chiconquiaco, al Sur con las provincias de los Lagos y Volcanes del Valle de México y Mil Cumbres, al Oeste con las provincias de las Sierras y Bajíos Michoacanos, Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, Sierras y Llanuras Potosino-Zacatecanas y, finalmente, con las Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande.

El recorrido latitudinal de la Sierra Madre Oriental abarca desde el paralelo 20 hasta cerca del 30, con límite en el río Bravo. Esto ubica a la Sierra en interacción con los sistemas

atmosféricos más importantes de la región: el cinturón subtropical de alta presión, los vientos alisios, los frentes fríos en invierno y las tormentas tropicales en verano. Lo anterior ha dado como resultado un complejo mosaico climático que contiene algunas de las estaciones meteorológicas con mayor precipitación del país, así como otras de las más secas; y estaciones con regímenes térmicos isotermales y otras con oscilación extremosa que rebasa los 14°C de diferencia entre el mes más caliente y el más frío. Como un patrón general, el clima es más seco y extremo hacia el norte de la Sierra Madre Oriental y sobre su fachada occidental. Se estima que el 99% de los tipos climáticos reconocidos en México están presentes en esta área.

Como consecuencia de la diversidad climática, la vegetación es también altamente diversa, incluyendo varios tipos de matorrales xerófilos, bosques de coníferas y encinos, bosques mesófilos de montaña y selvas tropicales. En la Sierra Madre Oriental se concentran más de 2,500 de las 26 mil especies de plantas vasculares estimadas para el país, lo cual a su vez da lugar a un importante número de especies animales de todos los grupos taxonómicos. Debido a lo anterior, aunque la Sierra Madre Oriental ha sido reconocida como una región biogeográfica natural desde las primeras regionalizaciones hechas para México, su gran riqueza biológica hace difícil su delimitación y se discute si debe considerarse como un área única o como un archipiélago de áreas.

La elevada diversidad biológica de la Sierra Madre Oriental consiste en áreas con un alto número de especies sobre la fachada oriental de las sierras, donde dominan especies de distribución amplia a través de varios tipos de vegetación perennifolia (desde bosques tropicales hasta bosques mesófilos de montaña); por otro lado, en la fachada occidental el número total de especies disminuye, pero el número de especies endémicas aumenta. En síntesis, la riqueza de especies de la Sierra Madre Oriental resulta de una alta diversidad alfa sobre la fachada oriental en combinación con una alta diversidad beta sobre la occidental. Este patrón general resulta de la gran complejidad ecológica e histórica de sus áreas (Luna, *et al.*, 2004). El área de interés para el presente trabajo solo incluye una parte de la porción central de la Sierra Madre Oriental, en la zona correspondiente al estado de San Luis Potosí, que abarca la provincia biogeográfica de la Gran Sierra Plegada (Figura 3).

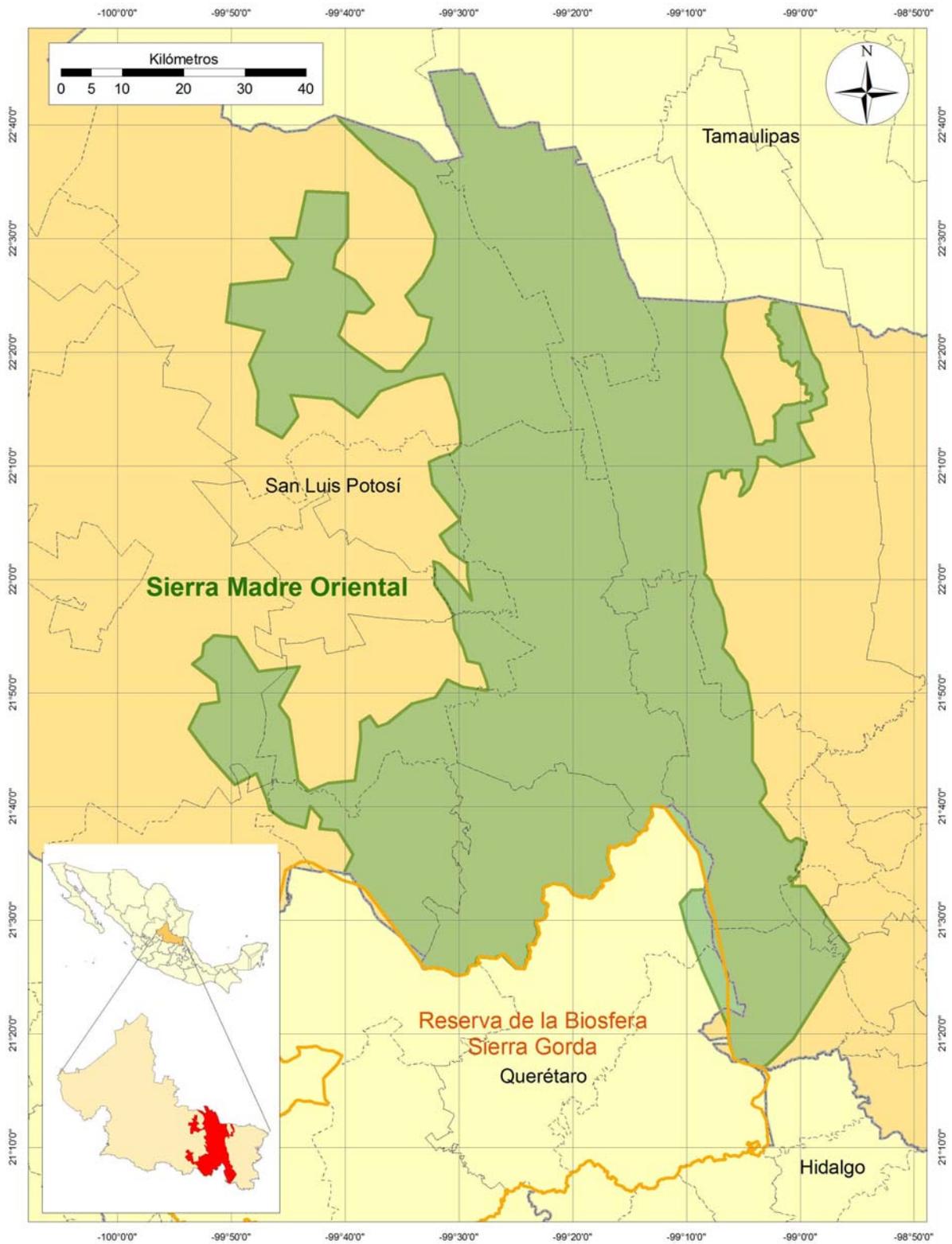


Figura 3. Ubicación del área propuesta para protección Sierra Madre Oriental.

## **Reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.**

La Sierra del Abra Tanchipa, fue establecida el 6 de junio de 1994 por decreto presidencial como reserva de la biosfera ubicada en los municipios de Ciudad Valles y Tamuín en el estado de San Luis Potosí (Figura 5). Cuenta con una superficie de 21,464 hectáreas que incluye una zona núcleo con una superficie de 16,758 hectáreas (D.O.F.,1994).

El área se encuentra en la región de La Huasteca, que toma su nombre de los huastecos, grupo étnico que se desarrolló en lo que ahora son los estados de Veracruz, Hidalgo, Querétaro, Tamaulipas y San Luis Potosí. Cerca de la reserva se encuentran importantes sitios arqueológicos de la cultura huasteca: Tamuín y Tantoc; dentro de la reserva hay también numerosos sitios, entre los que destaca La Hondurada, y otros vestigios como pinturas rupestres. A pesar de que la Huasteca potosina ha sufrido cambios notorios, los huastecos en la actualidad aún conservan su idioma y algunas costumbres ancestrales, incluyendo usos tradicionales de flora y fauna. En los municipios donde se encuentra la reserva existe una población considerable de indígenas huastecos (Gómez-Pompa y Dirzo 1995).

Durante el periodo Postclásico temprano (900-1,100 d.C.) el sitio de Tamuín fue ocupado también por grupos del altiplano, ya que se encontraron estructuras redondas y una escultura conocida como el adolescente huasteco, que simboliza al dios del viento Ehecatl; esta escultura tiene la mitad del cuerpo tatuado y carga en la espalda a un niño que simboliza el sol naciente (Martínez, 1994).

La sierra del Abra-Tanchipa es considerada como parte de la Sierra Madre Oriental, presenta una longitud aproximada de 30 Km y un ancho de entre 7 y 10 Km Se localiza sobre un macizo montañoso de suaves pendientes hacia la vertiente oeste y con una abrupta topografía hacía el este, que nace al pie del río Tampaón al sur, y termina al norte a la altura de Ciudad Victoria, Tamaulipas. La sierra del Abra Tanchipa, denominada también anticlinal “El Abra”, se conformó como frente fisiográfico de la Sierra Madre Oriental, configurándose como una prominencia alargada, cuya topografía no rebasa los 500-650 m.s.n.m., y cuyas dimensiones son aproximadamente 50 Km de longitud, con una orientación NW 25° SE, que se prolonga en la Sierra de las Cucharas al norte, cuyas alturas no rebasan los 600-800 m.s.n.m.

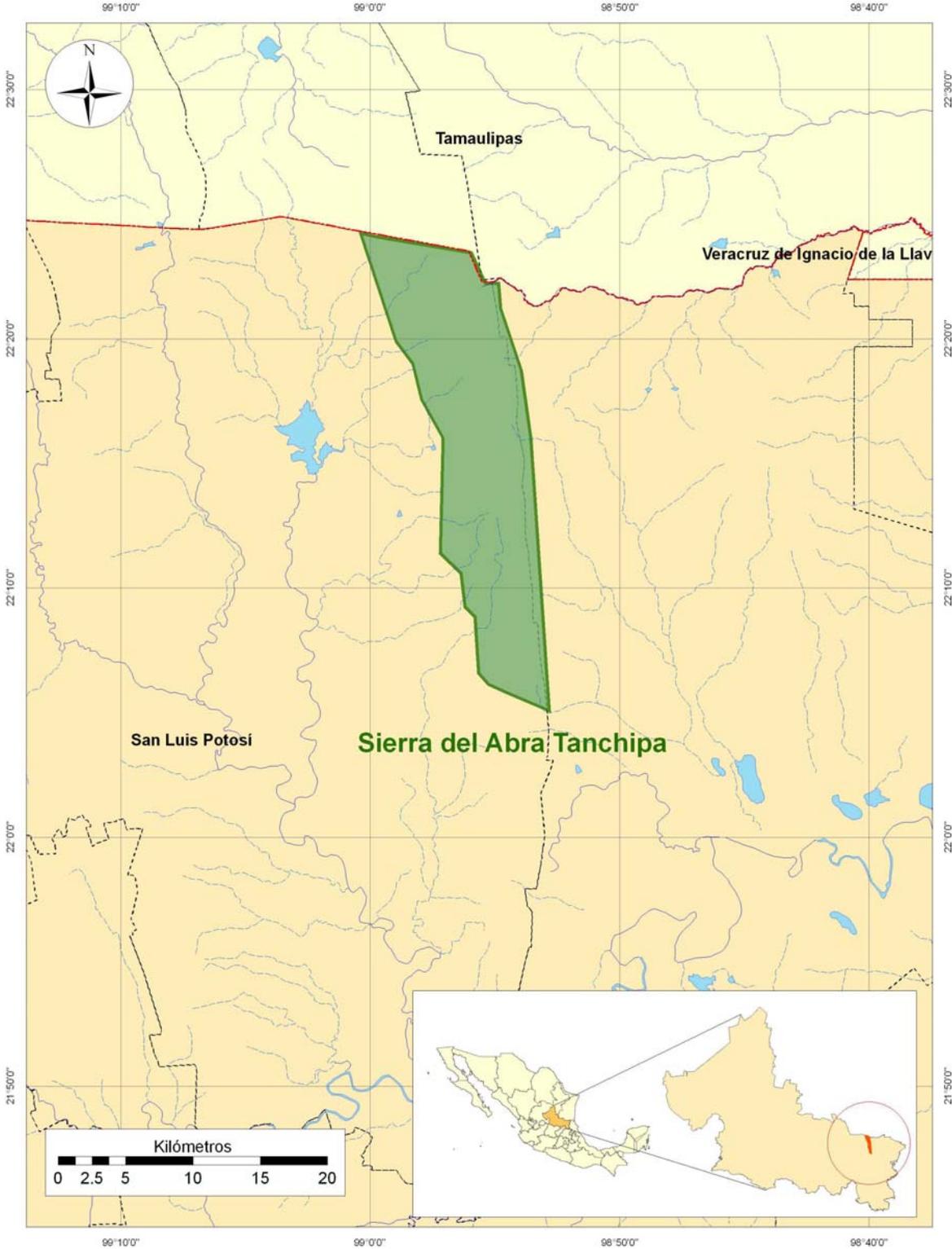


Figura 4. Ubicación de la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.

Su importancia radica en que es el límite boreal de las selvas bajas, de las selvas medianas, del encinar tropical y del palmar; las especies de origen tropical constituyen ecotipos de un gran valor evolutivo, adaptados a temperaturas bajas invernales. Es una zona de alta diversidad biológica de plantas y vertebrados. Se han reportado 231 especies de plantas y 161 de vertebrados, así como varios taxa amenazados, raros o en peligro de extinción. La región alberga los ecosistemas de selva mediana y baja subperennifolia, selva baja caducifolia, selva baja espinosa caducifolia y encinares (Arriaga, *et al.*, 2000).

Los tipos de vegetación reportados para la Sierra del Abra Tanchipa, le confieren una marcada importancia en diversidad vegetal dentro de los ecosistemas presentes en La Huasteca Potosina, sobre todo si se considera que existe una proyección de estos tipos de vegetación más hacia el norte y que puede llegar a representar un corredor ecológico entre los estados de San Luis Potosí y Tamaulipas.

El clima es de tipo cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual (Arriaga, *et al.*, 2000).

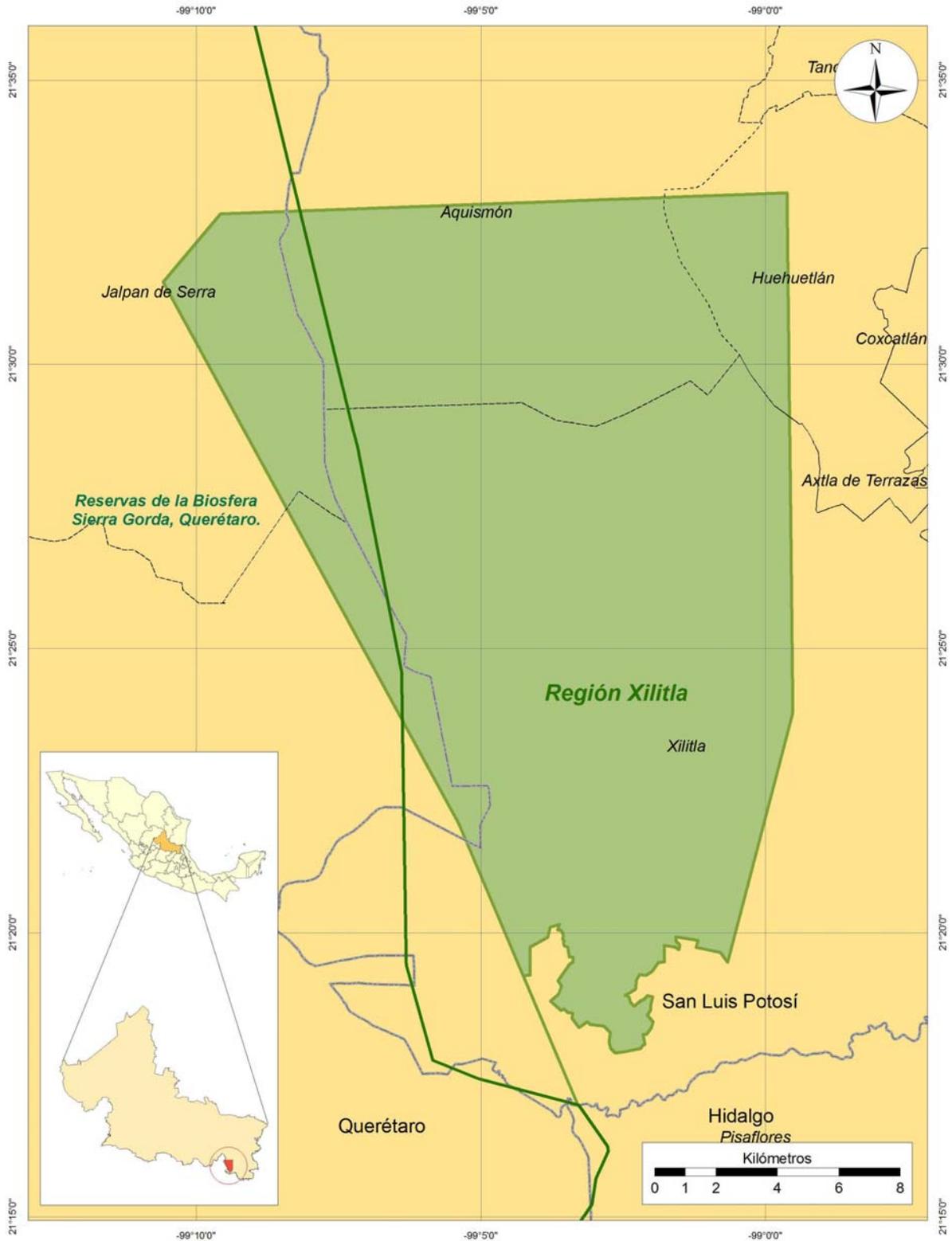
**Región Xilitla.**

El área fue declarada reserva Forestal la “Porción Boscosa del Estado de San Luis Potosí”, con una superficie de 29,885 hectáreas, con el carácter de inalienable e imprescriptible, con fecha del 3 de Noviembre de 1923, junto con distintas porciones arboladas en los estados de Baja California, Chihuahua y Veracruz. Tomando como punto de partida el punto común a los estados de Querétaro, San Luis Potosí e Hidalgo y siguiendo una descripción toponímica para formar el polígono (D.O.F., 1923), el área queda ubicada en los municipios de Xilitla y Aquismón, de donde toma su nombre de Xilitla.

Para esta misma región, el 10 de julio de 2003 se publicó el aviso por el que se informa al público en general que están a disposición los estudios realizados para justificar la expedición del Decreto por el que se pretende declarar como área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, a la región conocida como Sierra de la Silleta, Municipio de Xilitla, S.L.P. (D.O.F., 2003). Con una superficie total de 13,172 hectáreas, superficie menor a lo establecido en el decreto de 1923.

Para el desarrollo del presente proyecto se tomó como base el polígono proporcionado por la GTZ (Figura 4), a fin de obtener los datos de cambio de uso del suelo y vegetación, el cual cubre una superficie de 33,949 hectáreas y que incluye los municipios de Xilitla, Huehuetlán y Aquismón, en el estado de San Luis Potosí, y Landa de Matamoros y Jalpa de Sierra, en Querétaro.

El polígono proporcionado por la GTZ, de acuerdo a su ubicación y descripción, presenta un sobrelape con el polígono de la reserva de la biosfera Sierra Gorda, en el estado de Querétaro. El establecimiento de la reserva de la biosfera Sierra de la Silleta, servirá como contraparte de la zona núcleo “Cañada de las Avispas” de la reserva de la biosfera Sierra Gorda y su extremo oriental, una de las zonas con más biodiversidad y bien conservadas de la misma, asegurándose la permanencia de especies como el oso negro y el puma, que dependen de amplias zonas silvestres sin perturbación.



**Figura 5.** Ubicación de la región de Xilitla.

## INFORME FINAL

Xilitla o Sierra de la Silleta cuenta con vestigios de sus primeros pobladores en los petroglifos que se encuentran en una cañada cerca de Xilitlilla, que aunque no es posible fecharlos con exactitud podrían tener una antigüedad de 1500 a 2000 años, desconociéndose por completo la identidad de sus autores. Xilitla quiere decir en lengua huasteca “lugar de caracoles”. Esta zona cuenta con una abundante población indígena, principalmente de las etnias nahua y huasteca o tének, que a pesar de haber sufrido el embate de la colonización española en fecha tan temprana como 1537 con la penetración de los primeros frailes agustinos encabezados por Fray Antonio de la Rosa y la fundación de un convento en Xilitla en el año de 1557, aún conserva buena parte de su idiosincrasia, cultura, lengua y métodos ancestrales de producción.

El área alberga en la parte alta de la sierra, la última zona compacta y en buen estado de conservación de bosques templados y mesófilos de la Huasteca Potosina y posiblemente del estado de San Luis Potosí, resguardada por lo abrupto de este sector del macizo montañoso y la falta de vías de comunicación. Constituye una extraordinaria zona de recarga de los mantos acuíferos debido a las características cársticas del subsuelo, que asimismo ha condicionado la morfología de su paisaje, caracterizado por la abundancia de dolinas (conocidas localmente como “hoyas”), poljés e impresionantes mogotes cársticos, así como la presencia de sierras de laderas abruptas, con una secuencia estratigráfica de rocas de alta permeabilidad y drenajes principalmente endorreicos y subterráneos, además de la presencia de laderas de pronunciadas pendientes (Grupo Ecológico Sierra Gorda, I.A.P. 2003).

El área funciona como extraordinaria zona de recarga de acuíferos, que según cálculo moderado puede alcanzar los 3,500 mm<sup>3</sup> por año, lo que permite la recarga de un gigantesco manto acuífero que alimenta a buena parte de los ríos de la Huasteca, perteneciendo hidrológicamente a la cuenca del río Pánuco, (RH 26) descargando los manantiales, corrientes superficiales y subterráneas del área en el río Huichihuayán y Tancuilín, y en los arroyos de Los Chorros, Las Pozas y Arroyo Seco, siendo todas estas corrientes tributarias del Río Moctezuma.

Sin duda el principal factor determinante para los climas del área es la propia sierra, que se interpone como formidable barrera para los vientos alisios que traen la humedad del Golfo de México y que gracias a la altitud que alcanza en sus cimas más elevadas, (hasta 2980 m.s.n.m.

en el Cerro Grande, en el vecino estado de Querétaro), provoca la variedad de climas de esta zona.

La vegetación es un complejo y rico mosaico de bosques templados y mesófilos, en donde estos últimos se encuentran sujetos a un régimen de constantes neblinas, establecidos en las laderas con orientación norte-este, como la barranca que forma el Arroyo de los Chorros, sitios donde reciben la afluencia directa de aire del Golfo, y en las abundantes dolinas que dan origen a numerosas áreas resguardadas y sus respectivos microclimas. De acuerdo a Rzedowski, 1965, la vegetación de esta zona pertenece a la región Mesoamericana de Montaña, dentro de la Provincia de la Sierra Madre Oriental.

Respecto a la fauna de esta zona, se encuentra muy parcial y someramente estudiada, salvo las prospecciones efectuadas por Davis (1951) en materia de la ornitofauna de la zona, las colectas de mamíferos efectuadas por Dalquest en 1950, así como de lepidópteros, el único grupo de invertebrados estudiado en la zona por De la Maza (1990).

Por lo anterior la información de aves y mamíferos son integrados con base a la información existente para la vecina reserva de la biosfera Sierra Gorda, experiencia y conocimiento de la región, observaciones propias y las especies registradas de manera indirecta y directa durante los recorridos. No obstante las limitaciones de información a este respecto, se puede adelantar el que cuenta con una rica y variada fauna con elementos tanto de afinidad neártica como del neotrópico.

Aún se encuentran en esta zona escasos ejemplares de oso negro (*Ursus americanus*), y se tienen reportes de mono araña (*Ateles geoffroyi vellerosus*), que de confirmarse, sería la población más norteña de esta especie, y los últimos sobrevivientes de una subespecie al borde de la extinción o tal vez ya extinta, aparte de ser éste el único sitio en el país donde estas dos especies tan disímiles coexisten y que aún contarían con el suficiente hábitat necesario para asegurar su permanencia a largo plazo.

La protección de esta zona deberá llevar consigo una amplia derrama socio ambiental que vendría a proteger la última área compacta y en buen estado de conservación de los bosques

## INFORME FINAL

templados y mesófilos de gran riqueza biológica, con los que una vez contara la Huasteca Potosina, además de albergar varias especies relevantes y amenazadas de flora y fauna, sirviendo estos bosques a su vez como sitios de captura y almacenamiento de dióxido de carbono, dependiendo de la conservación de los mismos la permanencia de ciclos biológicos y los procesos evolutivos que han propiciado la actual riqueza biológica de la sierra.

La población ha venido dando un uso intensivo e irracional a los recursos naturales del área, lo que se ha traducido en la deforestación de amplias áreas, el inicio de procesos erosivos y sobre todo una menor recarga de los mantos acuíferos. Tal uso se ha venido dando sin ningún control y con una continua expansión de la frontera agrícola, lo que ha presionado y fraccionado aún más a las poblaciones de fauna silvestre y provocado la desaparición local de algunas.

Las prácticas productivas más extendidas son las de la ganadería extensiva, responsable de buena parte de los desmontes y que además utiliza los manchones de vegetación restantes como agostaderos, afectando los procesos de regeneración de las especies arbóreas y el sotobosque; la agricultura basada en el cultivo del maíz y frijol y el destructivo sistema de tumba-roza-quema, que aunado al rápido crecimiento de la población y su demanda de tierras no permite la regeneración de terrenos ya agotados, provocando al mismo tiempo severos procesos erosivos que rápidamente despojan al substrato calizo de la delgada capa de suelo y materia orgánica que lo cubre; éstas tampoco permiten la autosuficiencia del área, que es una “importadora” neta de productos agrícolas y alimenticios.

La extracción clandestina de madera es una práctica extendida en buena parte de las comunidades del área, afectando especies comerciales como el pino, cedro blanco, guayamé y maderas preciosas. Esta situación es provocada por la falta de habilidades y de opciones productivas para la población.

### **Reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.**

Zicuirán-Infiernillo, fue establecida el 30 de noviembre de 2007 por decreto presidencial como reserva de la biosfera ubicada en los municipios de Arteaga, Churumuco, La Huacana y Tumbiscatio en el estado de Michoacán (Figura 6). Cuenta con una superficie de 265,117 hectáreas que incluye cuatro zonas núcleo con una superficie de 22,699 hectáreas (D.O.F., 2007).

La zona corresponde al tipo de vegetación conocido como selva baja caducifolia, el tipo de vegetación más ampliamente representado en México y que se encuentra en grave riesgo de perderse ya que una alta proporción se ha destruido por cambio de uso de suelo, o ha sido sustituido por vegetación secundaria, una vez que se abandona el uso productivo para lo cual fue eliminada la selva (Dirzo y Trejo 2001; Rzedowski y Calderón 1987).

La reserva se localiza entre tres regiones fisiográficas: la Cordillera Costera del Sur, la Depresión del Balsas-Tepalcatepec y las estribaciones sureñas del Eje Neovolcánico Transversal. La primera de ellas, que atraviesa Michoacán en la parte suroeste, se extiende principalmente en la porción del ANP que corresponde al municipio de Arteaga, donde se le denomina Sierra de Arteaga. De sus dos declives, el más corto es el que mira hacia la Depresión del Balsas. La sierra casi no presenta valles intermontanos paralelos al rumbo general que sigue la misma. Las grietas y fallas que presenta muestran gran actividad tectónica. En lo referente a la porción que corresponde a la Depresión del Balsas-Tepalcatepec, ésta se localiza en la porción media del área y corresponde con las porciones más bajas, actualmente ocupadas por el embalse de la presa Infiernillo.

Dentro del área se presentan diferentes tipos de uso del suelo y vegetación categorías de uso y cobertura, de las cuales la más ampliamente distribuida es la de la selva baja caducifolia y subcaducifolia, con vegetación primaria y secundaria. En aquellas porciones del área en donde la altura del terreno sobrepasa los 1100 m.s.n.m., se observan restos de bosques templados, como el de pino-encino y encino.



**Figura 6.** Ubicación de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.

El impacto de las actividades humanas sobre la selva baja caducifolia y subcaducifolia es mediano pero constante, como se observa en la fragmentación que se traduce en la presencia de áreas con desarrollo de vegetación secundaria y elementos de la comunidad original. Otro impacto fuerte es el debido al reemplazo de la selva baja por pastizales introducidos con fines pecuarios (ganadería), así como la apertura de áreas para la agricultura de temporal.

Desde el punto de vista de la explotación Forestal, la selva baja no es muy importante, dado que por la talla y forma de los árboles que la conforman, no presentan características deseables para el comercio, pero hay que destacar que a nivel local, a falta de materiales mejores, se usa la madera de muchas especies para la construcción, fabricación de objetos artesanales, muebles, combustible y otros diversos propósitos. La gran riqueza florística de las selvas tropicales secas en México, tiene gran importancia etnobotánica. Se ha encontrado que en cinco localidades del país los habitantes locales utilizan entre 121 y 305 especies de plantas (Dirzo y Trejo 2001).

En las áreas abiertas para la agricultura, el cultivo más importante es el maíz, seguido en importancia por el frijol, así como algunos frutales de clima caliente. La agricultura de riego, se restringe a pequeños valles con suelos residuales, tales como los asociados al ejido El Chauz y varias localidades de La Huacana y Churumuco.

A pesar de los impactos producidos por las actividades humanas el área cuenta con una gran extensión con vegetación en buen estado de conservación, lo anterior debido a las características topográficas en que se encuentra y a la poca accesibilidad del terreno. Estas áreas son comunidades de selva baja caducifolia y subcaducifolia que mantienen estructura y funcionamiento ecosistémico con muy poco efecto del humano. La presencia de 79 especies que en otras partes del país ya es muy difícil encontrar, da cuenta de ello, por lo que se les ha asignado un estatus de protección y 85 especies endémicas, reconocidas en un trabajo de campo escaso, así como el nivel alto de calidad ambiental de los sistemas acuáticos permanentes de la zona, permiten suponer que el área se encuentra en buenas condiciones de conservación, con el gran beneficio que representa en servicios ambientales el que una zona tan grande de vegetación original y su fauna acompañante puedan ser preservadas.

## INFORME FINAL

En cuanto a la fauna, los bosques secos de la Depresión del Balsas se consideran como una zona de alta diversidad de mamíferos (Gaona-Ramírez *et al.* 1990). Entre las especies de este grupo se encuentran la onza o Jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), el coatí (*Nasua narica*), el ocelote (*Leopardos pardalis*), el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), el jaguar (*Pantera onca*), el coyote (*Canis latrans*) y la zorra gris (*Urocyn cinereoargenteus*). Varias especies de aves se consideran endémicos estrictos a la Depresión del Balsas, como la codordiz rayada (*Philortyx fasciatus*), el colibrí esmeralda mexicano (*Chlorostilbon auriceps*), el carpintero enmascarado (*Melanerpes chrysogenys*) el loro corona lila (*Amazona finschi*) el tecolote del Balsas (*Megascops seductus*) y el mosquero del Balsas (*Xenotriccus mexicanus*), entre otros. También en la diversidad de mariposas papilionidas encontramos endemismo; de acuerdo a Llorente-Busquets y Luis-Martínez (1993), se encuentran en el área 11 especies endémicas.

## **Propuesta de área Marismas Nacionales.**

La zona de Marismas Nacionales fue designada como el sitio Ramsar número 732 en junio de 1995. Marismas es un extenso complejo de lagunas costeras de agua salobre, manglares y pantanos, incorpora las regiones conocidas como: Las Cabras, Teacapán, Agua Brava, Marismas Nacionales y San Blas. Es alimentado por siete ríos y corrientes alternas como son los Ríos Baluarte, Cañas, Acaponeta, San Pedro, Bejuco, Santiago y San Blas o Sauta. Se localiza en la costa sur de Sinaloa y la costa norte de Nayarit. Comunicado al Océano Pacífico por la Bocas de Teacapán, Cuautla, El Colorado y los deltas del Río Santiago y San Pedro. Esta región cuenta con 113,000 hectáreas de manglares y estuarios (15-20% de la totalidad de los manglares del país) (RAMSAR, 2001).

Su designación se debe a que se trata de un humedal representativo que desempeña un papel hidrológico, biológico o económico significativo en el funcionamiento natural de una cuenca hidrográfica o sistema costero de cañadas que abarca dos estados (Nayarit y Sinaloa). Los manglares de Marismas Nacionales, junto con los de Chiapas, son los ecosistemas más importantes del Pacífico de América. Esta región alberga poblaciones importantes de jaguar y cocodrilo y es refugio invernal para distintas aves migratorias. También habitan una gran variedad de peces, crustáceos y moluscos de importancia económica para México.

Marismas Nacionales debe considerarse como una zona de reproducción y como parte del eslabón del corredor de aves migratorias del Pacífico, debido a su importancia como zona de descanso y alimentación de cerca de 70,000 a 104,000 aves acuáticas (principalmente anátidos y ardéidos), tanto residentes como principalmente migratorias. Marismas Nacionales es clave en el corredor natural de las especies de zonas Neotropicales (sur) y Neárticas (norte) para la zona de la vertiente costera del occidente de México, bastante afectada por los desarrollos turísticos.

El 3 de junio del 2005 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el aviso mediante el cual se informa al público en general que están a disposición los estudios realizados para justificar la expedición del Decreto por el que se pretende declarar como área natural



Figura 7. Ubicación de la propuesta de área de protección de flora y fauna Marismas Nacionales.

protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna, la zona conocida como Marismas Nacionales (Figura 7), con una superficie total de 136,500 hectáreas, localizada en los municipios de Rosa Morada, Santiago Ixcuintla, Tecuala y Tuxpan, en el Estado de Nayarit (D.O.F. 2005).

La llanura costera está surcada por numerosos ríos y arroyos que nacen en la Sierra Madre Occidental y desembocan en las diversas lagunas en el Océano Pacífico. Estas corrientes forman valles fértiles, en donde se ha concentrado la población. Todos los ríos de Nayarit pertenecen a la vertiente del Océano Pacífico como el Acaponeta, el San Pedro Mezquital y el Huaynamota afluente del Santiago, nacen en el estado de Durango y forman cañones muy profundos en sus cuencas medias. Los principales ríos que atraviesan la región de Norte a Sur son: el Acaponeta, el San Francisco, el Rosamorada, el Bejuco, el San Pedro, el Río Grande de Santiago y el de San Blas o Sauta

Las lagunas costeras de Nayarit presentan condiciones estuarinas de alta permanencia; la mezcla de aguas marinas y dulces generan las condiciones que las caracterizan como los cuerpos lagunares más productivos del noroeste. Sostienen importantes pesquerías lagunares y de alta mar. Los cuerpos lagunares de pequeñas dimensiones son ecosistemas de alta productividad, y conforman un corredor de importancia para aves migratorias y refugio de especies en peligro de extinción. En la llanura costera abundan aguas interiores o depósitos de agua, por lo cual se le ha dado el nombre de zona estuarina de Nayarit.

Los manglares de Nayarit son los más extensos del Pacífico Mexicano, especialmente los del sistema Teacapán-Agua Brava Marismas Nacionales-San Blas. Estos ecosistemas son los más productivos. Sin embargo, amplias extensiones han sido perturbadas por actividades productivas. En general la vegetación presente es sabana tropical, manglar, palmar, selva mediana subperennifolia, pastizal inducido, que surge espontáneamente al ser eliminada la vegetación original, vegetación halófila y acuática, la vegetación de dunas costeras, está dominada por plantas rastreras como *Ipomoea prescaprae*.

## INFORME FINAL

El manglar es característico de las orillas de los esteros, desembocadura de ríos y otros cuerpos de agua costeros. Los principales factores ecológicos que lo determinan son la temperatura media anual elevada (20° C), baja amplitud térmica, suelos salinos y limosos, aguas salubres o francamente saladas, relativamente tranquilas, así como inmersión de nivel intermitente.

El manglar se presenta dentro de la franja ribereña, situada en contacto con el agua y colonizada por *Rhizophora mangle*, el mangle forma poblaciones generalmente monoespecíficas, que cubren zonas inmergidas casi permanentemente. Los suelos son altamente salinos y los lodos muy fluidos, para los cuales *Rhizophora* esta particularmente bien adaptado. Esta especie de mangle puede tener un tamaño de hasta 20 m, y presenta adaptaciones morfológicas como la presencia de raíces aéreas (raíces zancas) y rizóforas, que emergen de 50 cm a 1 m por encima del agua.

En la porción intermedia, se encuentra *Laguncularia racemosa*, que se mezcla con los últimos ejemplares de *Rhizophora mangle*, y se vuelve más abundante hacia el interior, en los sectores de menor inundación. Mientras que en progresión hacia los lugares más frecuentemente exondados, hacia los suelos de salinidad más débil, menos impregnados de agua y más cerrados, domina *Avicennia germinans*. En los suelos de salinidad débil totalmente exondados, salvo en los periodos de grandes mareas, se distribuye *Conocarpus erecta*, aunque también puede cubrir terrenos a veces inundados de agua dulce.

En la zona posterior del manglar, se encuentran especies halófilas, sufrutescentes o herbáceas, generalmente crasulecentes. En esta zona se encuentran algunos arbustos aislados de *Conocarpus erecta* y *Laguncularia racemosa*, agrupación que tiene menor talla que las anteriores. En la zona de transición atrás del manglar y en los terrenos salinos que prolongan la franja ribereña, domina *Avicennia germinans*, especie que se caracteriza por una multitud de neumatófos verticales y delgados, que emergen a unos centímetros del suelo. En esta zona, el manglar se asocia con vegetación halófila arbustiva o herbácea, como con especies de *Sesuvium portulacastrum*, *Batis marítima*, *Borrchia frutescens*, *Lycium carolinianum*, *Sporobolus virginicus*, *Phloxerus vernicularis*, *Frimbristylis* sp.

Específicamente, para el estado de Nayarit el mangle blanco *Laguncularia racemosa*, llega a ser monoespecífico en grandes superficies de los sistemas lagunares de Teacapán – Agua Brava. Mientras que el mangle negro *Avicennia germinans* es común en el área de Teacapán. Esta última especie también se considera dominante en los bordes de lagunas costeras formadas por depresiones paralelas a la costa nayarita, en donde también se distribuye el mangle botoncillo *Conocarpus erectus*.

Como hecho relevante el manglar del sistema lagunar Teacapán – Agua Brava y de las Marismas Nacionales, se considera como uno de los más conservados y con las tallas más altas del país, lo que define estas áreas como prioritarias de conservación, siendo la principal fuente de afectación de estos manglares, los vientos producidos por huracanes que desprenden ejemplares de manglar, aunque otra situación que impacta el manglar en estas zonas, es la marinización que se debe al incremento en el volumen de agua del Canal de Cuautla.

En la historia etnobiológica de marismas nacionales en el estado de Nayarit, en donde han habido asentamientos, ha existido una transformación. Dicha transformación es solo un esquema de adaptación y depende en mucho del origen de cada uno de las comunidades. Los grupos provenientes valoran sus tierras de cultivo, tanto como subsistencia como en el concepto de herencia, por lo que es posible reconocer valores agregados a dicha tierra como la pesca, el manglar y lo que él provee.

Existe una predominancia de las áreas agropecuarias la cual se basa en un reducido número de cultivos anuales como es el frijón, maíz, sorgo, arroz y tabaco; en términos de estructura productiva en la región existe una tendencia a conservar los anteriores cultivos, pero en ocasiones se diversifica con chile, sandía, jitomate, mango, etc.

El aprovechamiento Forestal esta destinado a los humedales, principalmente el mangle, para usarlo como madera para la construcción, leña y postes para las áreas de cultivo, etc. En tanto que la pesca es una de las principales actividades del estado de Nayarit por su extraordinario potencial que se ha formado debido a que las condiciones del medio físico favorecen de manera muy importante la producción primaria (CONANP, 2005).



## **Material.**

### **Imágenes Landsat**

Los satélites Landsat obtienen imágenes desde el año 1972, el más reciente Landsat 7, en 1999, dan una de las mejores series históricas de la evolución del planeta. Estos satélites cuentan con sensores que determinan los tipos de imágenes:

Imágenes MSS (Multispectral Scanner) - Del satélite Landsat 1, 2 y 3

Imágenes TM (Thematic Mapper) - Del satélite Landsat 4 y 5

Imágenes ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) - Del satélite Landsat 7

Una imagen Landsat 7 ETM+ está compuesta por 8 bandas espectrales que pueden ser combinadas de distintas formas para obtener variadas composiciones de color u opciones de procesamiento. Entre las principales mejoras técnicas respecto de su antecesor, el satélite Landsat 5, se destaca la adición de una banda pancromática con resolución de 15 metros y un rango espectral cubriendo el verde al infrarrojo cercano. También, cuenta con mejoras en las características geométricas y radiométricas y una mayor resolución espacial de la banda térmica de 60 m. De acuerdo con la Asociación Cartográfica Internacional, la escala límite más idónea es 1:75, 000.

La SEMARNAT cuenta con un acervo de imágenes de este sensor de los años 2000 y 2002, de igual forma la Subdirección de Área encargada del SIG de la CONANP cuenta con la cobertura total del territorio de ANP del año 2000 y 2002.

En el año 2003, el día 31 de Mayo, el sensor ETM+ dejó de funcionar, por lo cual solo existían imágenes hasta esta fecha. Solo algunas imágenes del año 2003, se puede obtener de manera gratuita por medio de la página Web del Global Land Cover Facility Earth Science Data Interface. Aunque actualmente ya se puede contar nuevamente con estas imágenes.

## INFORME FINAL

### **Imágenes SPOT.**

Los satélites SPOT permiten adquirir diariamente imágenes de cualquier punto del globo terrestre; tienen una resolución espacial de 2.5m, 5m, 10m y 20m; una banda pancromática, dos bandas espectrales visibles: verde, rojo; una banda de infrarrojo cercano (NIR) y una banda del infrarrojo medio (MIR) para el análisis temático fino.

En SPOT 5 los productos de 10 m a color corresponden al modo multispectral que se caracteriza por una observación realizada simultáneamente en 4 bandas espectrales. Las bandas 1, 2 y 3 se adquieren con una resolución de 10 m en el nivel de la Tierra, la banda MIR (b4) adquirida de 20 m es remuestreada a 10 m para este tipo de sensor. Los productos de 2.5 m, (imagen pancromática) parten de dos imágenes pancromáticas de 5 m, adquirida simultáneamente por un mismo instrumento HRG por medio de un detector específico instalado en cada instrumento HRG.

La Secretaría de Marina ha sumado esfuerzos con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, a través de su órgano desconcentrado ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria), para llevar a cabo la instalación, custodia y operación de la Estación de Recepción México de la constelación Spot “ERMEXS”. En su operación, ambas dependencias han integrado también a personal de INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) como un ejemplo de colaboración interinstitucional a fin de responder con prontitud y eficacia, a las necesidades tecnológicas en obtención de imágenes por satélite que permiten resolver problemas en áreas tales como cartografía, planificación urbana, redes de cultivo, defensa, y vigilancia del medio ambiente, entre otros.

El 19 de Febrero de 2004, CONANP firmó el documento denominado “Compromiso de confidencialidad y especificaciones de copyright y derechos de propiedad intelectual, para el uso de productos básicos (SPOT) extraídos en la ERMEXS (Estación de Recepción México de la Constelación SPOT)”. Las imágenes utilizadas para el desarrollo de este proyecto se encuentran bajo resguardo de la Subdirección de Área, responsable del Sistema de Información Geográfica de la CONANP.

## **Método.**

La metodología empleada ha sido establecida en el “Protocolo para la evaluación del Uso del Suelo y Vegetación en Áreas Naturales Protegidas Federales de México” elaborado por la Subdirección de Análisis de Información Espacial de la CONANP en el 2007 (CONANP, 2007), con la intención de que los resultados de cambio de Uso de Suelo y Vegetación puedan ser comparados con otras Áreas Naturales Protegidas de México.

La leyenda de los tipos de uso del suelo y vegetación que se identificaron, fue elaborada con base en la clasificación de Rzedoswski, 1983; UNAM, 2000 e INEGI serie III.

### *Rectificación de imágenes de satélite.*

Las imágenes son procesadas en el programa ERDAS 8.7. Para la rectificación geométrica de las imágenes, se emplea el Modelo Digital de Elevación (MDE) escala 1:50,000 del INEGI, y la información de las efemérides que incluye la posición del satélite al momento de capturar las escenas SPOT. En Spot 4 y Spot 5 la información suministrada por el pasajero DORIS, permite obtener una rectificación con una precisión inferior a 1 m. Esto sólo concierne a la posición del satélite en su órbita. La precisión final de localización de las imágenes en tierra también es función de la precisión de la puntería del satélite y sus instrumentos (actitud del satélite, ángulo de puntería del espejo, etc.).

Al utilizar las efemérides del sensor SPOT5, se definen los parámetros de orientación interior y exterior, lo que permite, que con el apoyo del Modelo Digital de Elevación, contar de forma automática con los datos de altitud (Z). Aunado a esto, la colecta de puntos de control permite obtener una mejor rectificación de las escenas. De esta forma se realiza el proceso de ortorectificación de una manera más sencilla y rápida obteniendo un mejor producto en comparación con el proceso de georeferenciación.

Otra de las ventajas es que al realizar este proceso sobre las dos escenas la multiespectral de 10 m y la pancromática de 2.5 m, se obtiene un producto más fino y con una excelente calidad, una imagen a color con una resolución de 2.5 m, lo que permite contar con un insumo de alta

## INFORME FINAL

calidad con resolución espacial y espectral, que facilita la tarea de interpretación de los elementos espaciales dentro de las imágenes.

El uso de las bondades del sensor SPOT5, las herramientas de Erdas Imagine y el conocimiento del personal especializado, ha permitido realizar las actividades de ortorectificación de manera semi-automatizada, disminuyendo casi un 90% del tiempo destinado para realizar estos procesos pre-clasificatorios.

### *Clasificación de imágenes de satélite.*

Una vez ortorectificadas las imágenes, se realizan distintos compuestos de color, buscando resaltar los rasgos geográfico-espaciales que se presentan en las imágenes. El contar con falsos colores permite un análisis interactivo, como base para la realización de la interpretación visual a fin de identificar los sitios de entrenamiento y la identificación de los tipos de uso del suelo y vegetación. La observación de las cubiertas vegetales puede apoyarse en el gran contraste cromático que presenta la vegetación vigorosa entre las distintas bandas del espectro, y singularmente entre el visible (alta absorción, baja reflectividad) y el IRC (alta reflectividad) (Hutchinson, 1982). De ahí que cuanto mayor sea el contraste entre esas bandas, mayor será el vigor de la vegetación, y más clara su discriminación frente a otros tipos de cubierta. Con base en la información cartográfica del Inventario Nacional Forestal 2000-2001, escala 1:250,000 y la cobertura de Uso de Suelo y Vegetación INEGI Serie III, así como con base a los límites del área de estudio, se establecieron los diferentes sitios de entrenamiento a fin de generar las firmas espectrales.

Las firmas espectrales se generan utilizando las 4 bandas que presenta la imagen SPOT multiespectral. La firma espectral se define como un patrón de respuesta que es característico ya que cada material en la naturaleza tiene su propia interacción con la energía electromagnética. La base de una clasificación es encontrar algunas áreas del espectro electromagnético en las cuales la naturaleza de esta interacción sea diferente para los materiales dentro de la imagen (Hutchinson, 1982). Las firmas espectrales son verificadas a

través de un método gráfico denominado “diagrama de firmas” donde el valor medio de la reflectancia de la respuesta espectral de cada firma es graficado para todas las bandas.

También se evalúa con el método gráfico de solape espectral, la divergencia transformada y la matriz de confusión de firmas. El primero, es un diagrama tipo histograma donde se compara el valor de las muestras y se verifica el solapamiento entre firmas. En la divergencia transformada, se busca que los valores de las firmas, no sean menores a 1700, siendo el mayor hasta 2000, donde se encuentran las mejores condiciones para la separabilidad entre clases entre bandas consideradas para el cálculo. Y la matriz de confusión entre firmas, muestra el número de píxeles o porcentaje de la muestra que sean acertados y equivocados al momento de clasificarse.

Una vez ya definidas y evaluadas las firmas espectrales con base a la leyenda de trabajo, se ordenaron los píxeles de la imagen en distintos valores de clases, usando una regla de decisión a través de una clasificación supervisada. El algoritmo matemático utilizado, es el de Máxima Probabilidad, la cual se basa en la probabilidad de que un píxel pertenezca a una clase particular, a partir de sus vectores de medias y matrices de varianza – covarianza (Bartolucci, 1979). La ecuación asume que estas probabilidades son iguales para todas las clases y que las bandas de entrada tienen distribuciones normales.

De la clasificación se obtiene el porcentaje por clase, con la finalidad de establecer a cada categoría la probabilidad indirecta equivalente a la superficie que ocupa en el área de estudio. A través de una variante de la regla de decisión de la máxima probabilidad que se conoce como regla de decisión Bayesiana (Teoría de Probabilidad Bayesiana), este método asemeja la distribución real de los niveles digitales en esa categoría, por lo que nos permite calcular la probabilidad de que un píxel (con un determinado nivel digital) sea miembro de ella (Chuvieco, 2000). El cálculo se realiza para todas las categorías que intervienen en la clasificación, asignando el píxel a aquella que maximice la función de probabilidad.

Una vez efectuada la clasificación automatizada es apoyada con la interpretación visual en pantalla. En este marco, se puede aprovechar la potencia de análisis de interpretación visual (incluyendo criterios de contexto, textura, formas complejas que puede emplear el intérprete),

## INFORME FINAL

así como la flexibilidad y potencia del tratamiento digital (imagen georeferida, mejoramiento en su aspecto visual, digitalización de la información en pantalla, etc.). Se trata de una fotointerpretación asistida por el ordenador, que elimina diversas fases de la interpretación visual clásica (restitución, inventario). Con la interacción visual el intérprete puede resolver algunos problemas del tratamiento digital, que encuentra notables dificultades para automatizar la interpretación de ciertos rasgos de la imagen (algunas nubes, áreas urbanas, etc.) que son bastante obvios al análisis visual.

Las imágenes clasificadas (temáticas), se vectorizan a un formato de la plataforma ArcInfo, y son corregidos aquellos polígonos que no estaban acorde al límite del tipo de uso del suelo y vegetación, a través de la interpretación visual. Eliminando el área mínima cartografiable de 2 mm<sup>2</sup> a 10,000 metros cuadrados para una escala de 1:50,000.

Teniendo la cobertura de uso del suelo y vegetación de la fecha mas reciente, como base, se emplea el método de interpretación interdependiente de la FAO 2000 (FAO, 2001), esto para generar las coberturas de las fechas anterior que completan el periodo de análisis.

El tratamiento digital permite realizar operaciones complejas o inaccesibles al análisis visual, sin embargo el análisis visual es una alternativa para modificar la cartografía generada a partir de un análisis digital, identificando clases heterogéneas. Auxiliando la clasificación digital, aislando sectores de potencial confusión sobre la imagen, o estratificando algunos sectores de la imagen para aplicarles tratamientos específicos.

El equipo técnico de Mesomaya A.C. ha desarrollado las herramientas necesarias (macros, menus, diagramas de flujo, etc.) para facilitar este tipo de tareas, que en otras condiciones requiere de mucho tiempo de trabajo para obtener un producto final.

### *Áreas de cambio.*

La detección de cambio en la cubierta vegetal, tiene como objetivo analizar qué rasgos presentes en un determinado territorio se han modificado entre dos o más fechas, haciendo referencia al tipo de transformación.

La cuantificación de cambio resulta de la diferencia, mediante sobreposición cartográfica, entre los mapas de cobertura de una fecha base y una fecha a comparar, de ello resulta una matriz de transición, con un valor de cada clase que ha cambiado (más dinámicas), y una indicación de aquellas clases que no han cambiado (más estables). También se deriva una evaluación de clases de cobertura y uso atractoras de territorio de otras clases y de cobertura que pierden territorio con otras clases (UNAM, 2000).

El cruce de los mapas se realizó en Arcinfo. Del mapa de cambio se exporta la base de datos a un archivo \*.dbf del cual se obtendrán datos de superficie total por categoría y la diferencia de superficie entre clases de una fecha a otra. De acuerdo con Ramírez y Zubieta (2005), se maneja la siguiente matriz de transición que incluye la reagrupación de categorías de acuerdo al tipo de transformación al que hayan sido sometidos dentro del periodo:

**DeForestación.** Pérdida del arbolado, denso o abierto, por cambio a usos No Forestales.

**Perturbación.** Pérdida o aclarado del arbolado sin cambio en el uso de suelo.

**Recuperación.** Restablecimiento de arbolado denso sobre áreas perturbadas, aclaradas o de vegetación arbustiva.

**Revegetación.** Establecimiento de vegetación secundaria por abandono de parcelas agrícolas, pecuarias o vegetación recuperada después de algún evento de rápida transformación sobre la cobertura vegetal (áreas afectadas por incendios, deslaves, inundaciones, etc).

**Crecimiento urbano.** Incremento de la superficie ocupada por áreas habitacionales o industriales.

**Cambios en nivel del agua.** Aumento o descenso en el nivel de los cuerpos de agua.

**Vegetación conservada sin cambio.**

**Vegetación perturbada sin cambio.**

**Usos agropecuarios sin cambio.**

**Otras cubiertas sin cambio.**

INFORME FINAL

		Uso de Suelo y Vegetación Fecha 2												
		Clases	B1	B2	B...n	Bp1	Bp2	Bp...n	A1	A2	A...n	U	Agua	TOTAL 1
Uso de Suelo y Vegetación Fecha 1	B1													
	B2		B											
	B...n													
	Bp1													
	Bp2					Bp								
	Bp...n													
	A1													
	A2								A					
	A...n													
	U													
	Agua													
		TOTAL 2												

- Deforestación
- Perturbación
- Recuperación
- Revegetación
- Crecimiento urbano
- Cambios en el nivel de :
- B Vegetación conservada sin cambio
- Bp Vegetación perturbada sin cambio
- A Usos agropecuarios sin cambio
- O Otras cubiertas sin cambio

Diseño de la Matriz de Transición. Los datos se ordenan de mayor a menor grado de antropización de la cubierta, excepto el agua. B = Vegetación Primaria (Bosque-Selvas Densos); Bp= Vegetación Secundaria ( Bosque-Selva perturbado); A= Usos Agropecuarios; U= Zona Urbana; Agua = Cuerpos de Agua (lagos, lagunas, ríos, etc.).

*Tasa de Transformación.*

Los tipos de Uso del Suelo y Vegetación presentes, se agruparon en Forestal y No Forestal. La primera contiene al conjunto de plantas dominadas por especies arbóreas, arbustivas o crasas, que crecen y se desarrollan en forma natural formando bosques, selvas y vegetación de zonas áridas (SEMARNAT, 1997) y la segunda agrupa los usos de suelo derivados de actividades antrópicas y/o eventos naturales de gran impacto que provocan modificaciones en la cubierta Forestal y los usos del suelo. Con base a la información obtenida, de la agrupación de los tipos de uso del suelo y vegetación, y tomando como base la superficie del área, se calculó la tasa de transformación del hábitat de acuerdo a la ecuación utilizada por la FAO (1996a), expresada de la siguiente manera:

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

Donde:

$\delta$  = tasa de cambio

$S_1$  = superficie Forestal, al inicio del periodo

$S_2$  = superficie Forestal, al final del periodo

$n$  = número de años entre las dos fechas

Utilizando herramientas de los SIG, se realiza el cruce entre las coberturas de cada fecha, obteniendo los polígonos que marcan el cambio de uso de suelo. La intersección se realiza sobreponiendo la primera fecha sobre la segunda. Una vez realizada la intersección, se calcula el área de los polígonos de cambio para generar la base de datos, con las propiedades de cada polígono. A partir de esta información se generaron las matrices de transición, con los datos de la intersección, donde se muestran las pérdidas y ganancias de cada fecha. La matriz contiene en el eje vertical el grupo Forestal y en el horizontal el No Forestal, en las celdas se estima la superficie del tipo de vegetación que pasó a otra categoría, permitiendo entender la dinámica de cambio en la cobertura de vegetación y uso de suelo.

#### *Verificación.*

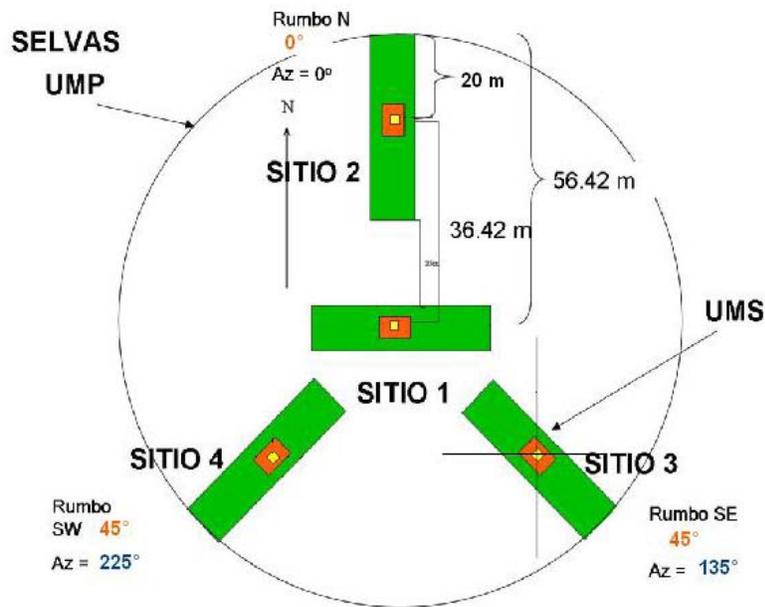
Para la verificación de las coberturas de uso del suelo y vegetación se utilizaron diferentes fuentes, la primera es la información de los puntos del muestreo de campo para el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009, mismos que fueron solicitados a la CONAFOR y que contienen entre otros la información de los tipos de vegetación (CONAFOR, 2009).

Este levantamiento consiste en alrededor de 25,000 puntos de muestreo distribuidos en las diferentes condiciones de vegetación presentes en todo el país, es decir en ecosistemas de

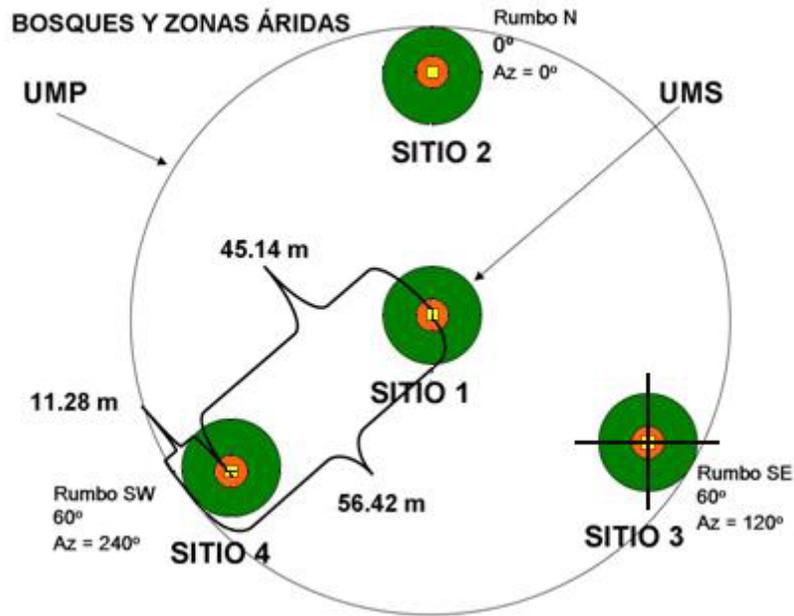
## INFORME FINAL

bosques templados, selvas, zonas áridas y semiáridas, palmares, manglares, y comunidades subacuáticas como popal y tular. La diferencia e importancia del actual inventario es que se tendrán inventariadas todas las condiciones ecológicas existentes en nuestro país.

En el Inventario Nacional Forestal y de Suelos se utiliza el conglomerado integrado por cuatro unidades de muestreo secundarias o sitios. El tipo del conglomerado en todos los tipos de vegetación corresponde a una “Y invertida”, variando la forma de las unidades de muestreo secundarias, rectangular para el caso de las selvas, mientras que para los demás tipos de vegetación es de forma circular; el área en ambos diseños de las parcelas es la misma. La unidad de muestreo es un conglomerado integrado por 4 unidades circulares de registro o sitios equidistantes del centro a cada 45.14m, cuya distribución se observa en la **Figuras 8 y 9**.



**Figura 8.** Forma de la unidad de muestreo a utilizarse en Selvas Altas, Medianas, Selvas Bajas, Peten, Selva de Galería, Manglar, Popal, Tular y Vegetación halófila-hidrófila.



**Figura 9.** Forma de la unidad de muestreo a utilizarse en Bosques, Comunidades Áridas, Comunidades Semiáridas y Palmares.

La segunda fuente de información que se utiliza son las imágenes de alta resolución que se encuentran en el Google Earth y que permite visualizar algunos sitios con mayor detalle que las imágenes de satélite utilizadas en el presente proyecto, además de que el Google Earth permite contar con el modelo de elevación, con lo que es posible visualizar los sitios desde diferentes ángulos. Es importante mencionar que no cuenta con imágenes de alta resolución de todos los sitios, por lo que esta herramienta se utiliza solo para aquellas áreas en las que se cuente con estas imágenes. Por otra parte no se conoce la precisión en cuanto a la georeferencia, por lo que solo se utiliza como método de verificación visual.

La tercera fuente de información es la verificación que las ANP realizan con el personal de la dirección y con base al conocimiento con el que cuentan cada una de las áreas. Para este fin se proporcionan mapas con las clasificaciones de uso del suelo y vegetación obtenidos de la fecha mas reciente, como un insumo para la verificación y en algunos casos se proporcionan puntos geográficos de algunos sitios de interés con la finalidad de que realicen trabajo de campo para la verificación.



## Resultados.

### Leyenda de trabajo

Acuacultura	Arbustos Secundarios
Área Agrícola	Área Impactada por Incendio
Área sin Vegetación Aparente	Área Sujeta a Inundación
Asentamientos Humanos	Bosque Bajo Abierto
Bosque de Encino	Bosque de Encino-Pino
Bosque de Encino-Sabanoide	Bosque de Pino
Bosque de Pino-Encino	Bosque Mesófilo de Montaña
Cuerpos de Agua	Dunas
Infraestructura	Manglar
Manglar Seco	Matorral Crasicaule
Matorral Desértico Micrófilo	Matorral Desértico Rosetófilo
Matorral Espinoso	Matorral Espinoso Inundable
Matorral Espinoso Tamaulipeco	Matorral Submontano
Mezquital	Palmar
Pastizal Halófilo	Pastizal Inducido
Sabana	Selva Alta Perennifolia
Selva Baja Caducifolia	Selva Baja Espinosa
Selva Baja Subcaducifolia	Selva Baja Subperennifolia
Selva Mediana Subcaducifolia	Selva Mediana Subperennifolia
Tular	Vegetación de Dunas Costeras
Vegetación de Galería	Vegetación Halófila
Vegetación secundaria	

**Acuacultura.** Actividades, técnicas y conocimientos de cultivo de especies acuáticas. Se pueden desarrollar en agua dulce o agua de mar, se distribuyen a la orilla de las lagunas.

**Arbustos Secundarios.** Fase sucesional secundaria de la vegetación con predominancia de arbustos. Puede ser sustituida o no por una fase arbórea. Con el tiempo puede dar lugar a una formación vegetal similar a la vegetación original (INEGI, 2007).

## INFORME FINAL

**Área Agrícola.** Área en la que el suelo es utilizado para la realización de labores agrícolas (INEGI, 2007).

**Área Impactada por Incendio.** Caracterizado por producirse y desarrollarse principalmente en zonas naturales con vegetación abundante normalmente causado por el hombre.

**Área sin Vegetación Aparente.** Áreas desprovistas de vegetación o con una cobertura vegetal extremadamente baja. La ausencia de vegetación puede ser determinada por condiciones naturales: clima muy árido, salinas, etc (INEGI, 2007).

**Área Sujeta a Inundación.** Áreas desprovistas de vegetación que han sido expuestas debido a cambios en los niveles de agua.

**Asentamientos Humanos.** Lugar donde se establece una persona o una comunidad. Pueden ser categorizados de diversas maneras, ya sea por su tamaño, su tipo de actividad productiva o su condición.

**Bosque Bajo Abierto.** Comunidad con árboles bajos y dispersos, con un estrato de gramíneas. Se encuentran en algunas zonas de transición entre bosques y pastizales (INEGI, 2007). Es una comunidad vegetal formada por árboles bajos de 4 a 8 metros de altura, por lo regular espaciados de tal forma que rara vez sus copas se llegan a juntar, quedando grandes espacios formados sobre todo por una capa de gramíneas. También se les conoce como pastizal con encino - enebro o “woodland”. Se localiza principalmente en la zona de transición que existe entre los pastizales y los bosques de encino, así como en lomeríos o en las bajadas de la Sierra Madre Occidental en su porción norte.

Los árboles generalmente de copas redondeadas pueden ser de varias especies del género *Quercus* como *Q. grisea*, *Q. emory*, *Q. chihuahuensis*, *Q. santaclarensis*, *Q. cordifolia*; táscate o enebro *Juniperus* como *J. monosperma*, *J. flaccida* y piñoneros *Pinus cembroides*, además de los zacates *Bouteloua gracilis*, *B. hirsuta*, *B. curtispindula* y otros como *Echeandia* spp., *Allium* spp., *Calochortus* spp., *Milla biflora*, *Agave* spp., *Opuntia* spp. y abundantes ciperáceas. El uso es el pecuario ocupando áreas de mucha importancia ganadera en los estados de Durango y Chihuahua (CONAFOR, 2009a).

**Bosque de Encino.** Bosques formados por especies del género *Quercus* (encinos), distribuidos ampliamente (INEGI, 2007). Se presentan árboles de 6 a 8 metros de altura, aunque pueden alcanzar los 30 metros. Se distribuye casi por todo el país y sus diversas latitudes, por lo que el clima varía de calientes o templados, húmedos a secos. Está muy relacionado con bosques de pino, formando una serie de mosaicos difíciles de cartografiar dependiendo de la escala que se esté trabajando; con respecto a las características de distribución, tanto de encinos como de pinos, son muy similares. Las especies más comunes de estas comunidades son encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmilillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, *Q. scytophylla* y en zona tropicales *Quercus oleoides*. Las comunidades de pino-encino son las que tienen la mayor distribución en los sistemas montañosos del país, y son a su vez, las más explotadas en la industria Forestal de México (SEMARNAT, 2009; CONAFOR, 2009a).

**Bosque de Encino-Pino.** Bosque mixto de encinos (*Quercus*) y pinos (*Pinus*) (INEGI, 2007). Se compone de vegetación arbórea formada por la dominancia de encinos sobre los pinos. Su desarrollo es principalmente en áreas de mayor importancia Forestal, en los límites altitudinales inferiores de los bosques de pino-encino. Estas comunidades muestran menor porte y altura que aquellos donde domina el pino sobre el encino. Las especies más representativas son encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmilillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, *Q. scytophylla*, pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino (*P. rudis*), pino escobetón (*P. michoacana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. duranguensis*, *P. chihuahuana*, *P. engelmani*, *P. lawsoni*, y *P. oaxacana*. En cuanto a su uso es similar al de bosque de pino-encino pero con menor intensidad y además la actividad agrícola (CONAFOR, 2009a).

## INFORME FINAL

**Bosque de Encino-Sabanoide.** Son encinares chaparros de hojas amplias con elementos de sabana: *Curatela americana* y Nanches (Takaki y Miranda com. per.).

**Bosque de Pino.** Bosque de coníferas (género *Pinus*), de amplia distribución en climas templados (INEGI, 2007). Es una comunidad siempre verde con aproximadamente 49 especies, 18 variedades, 2 subespecies en las cadenas montañosas de todo el país desde los 300m de altitud hasta los 4,200m en el límite altitudinal de la vegetación arbórea. Estos bosques que se encuentran asociados con encinares y otras especies, son los de mayor importancia económica en la industria Forestal del país por lo que prácticamente todos soportan actividades Forestales como aserrío, resinación, obtención de pulpa para celulosa, postería y recolección de frutos y semillas.

La vegetación está dominada por diferentes especies de pino con alturas promedio de 15 a 30 metros. Los pinares tienen un estrato inferior relativamente pobre en arbustos, pero con abundantes gramíneas; esta condición se relaciona con los frecuentes incendios y la tala inmoderada. Las especies más comunes en México son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino (*P. rudis*), pino escobetón (*P. michoacana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. duranguensis*, *P. chihuahuana*, *P. engelmani*, *P. lawsoni*, *P. oaxacana*, entre otros (CONAFOR, 2009a).

Cerca del 80 % del volumen total anual de madera producida proviene de los pinos de la Sierra Madre Occidental, principalmente de los estados de Chihuahua y Durango y del Eje Neovolcánico Transversal, del estado de Michoacán. En los últimos años se ha intensificado su explotación debido al aumento en la demanda de diversas materias primas. Los programas de reForestación no han tenido el impacto esperado dando como resultado un aumento de áreas deForestaldas (SEMARNAT, 2009).

**Bosque de Pino-Encino.** Bosque mixto de pinos (*Pinus*) y encinos (*Quercus*) (INEGI, 2007). Los bosques de pino-encino son asociaciones vegetales de clima templado, particularmente ricas por su diversidad, que se ubican entre los bosques de coníferas y los bosques de hojas anchas, como las selvas que se desarrollan a menores alturas. Esta asociación Forestal se

distribuye generalmente entre 1,800 y 3,000 m.s.n.m.m., donde cubre grandes extensiones en las zonas con clima relativamente húmedo y temperaturas medias anuales que oscilan entre 12° y 23°C, aunque en invierno las temperaturas pueden alcanzar los 0°C.

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

El uso de estas comunidades es Forestal y comercial, suministran a la industria una variedad de materias primas de gran importancia económica como son pulpa para papel, celulosa, madera para la elaboración de varios productos, resina para la fabricación de brea, pinturas y aguarrás, además de proporcionar leña, madera para aserrío, para construcción, puntales, postes y durmientes (CONAFOR, 2009a).

**Bosque Mesófilo de Montaña.** Bosque denso y alto en zonas templadas húmedas o en condiciones topográficas con humedad alta y con una composición florística característica (INEGI, 2007). Vegetación fisonómicamente densa, propia de laderas montañosas que se encuentran protegidas de los fuertes vientos y de excesiva insolación donde se forman las neblinas durante casi todo el año, también crece en barrancas y otros sitios resguardados en condiciones más favorables de humedad. Se desarrolla generalmente en sitios con clima templado y húmedo, sus temperaturas son muy bajas, llegando incluso a los 0°C, la época de lluvias dura entre 8 y 12 meses.

En el bosque mesófilo es notable la mezcla de elementos arbóreos con alturas de 10 a 25 metros o aún mayores, es denso y la mayoría de sus componentes son de hoja perenne, también se encuentran los árboles caducifolios que en alguna época del año tiran sus hojas, es común la presencia de plantas trepadoras y epifitas debido a la alta humedad atmosférica y

## INFORME FINAL

abundantes lluvias. Generalmente se encuentran entre los 800 a 2,400m. Son muchas las especies que lo forman pero las más comunes son micoxcuáhuatl (*Engelhardtia mexicana*), lechillo (*Carpinus caroliliana*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), ercino, roble (*Quercus* spp.), pino, ocote (*Pinus* spp.), tila (*Ternstroemia pringlei*), jaboncillo (*Clethra* spp.), *Podocarpus* spp., *Styrax* spp., *Chaetoptelea mexicana*, *Junglans* spp., *Dalbergia* spp., *Eugenia* spp., *Ostrya virginiana*, *Meliosma* spp., *Chiranthodendron pentadactylon*, *Prunus* spp., *Matudea trinervia* y una gran variedad de epifitas (CONAFOR, 2009a).

Se distribuye de manera discontinua por la Sierra Madre Oriental, desde el suroeste de Tamaulipas hasta el norte de Oaxaca y Chiapas y por el lado del Pacífico, desde el norte de Sinaloa hasta Chiapas, encontrándose también en pequeños manchones en el Valle de México. Por sus características climáticas estas áreas son utilizadas para la agricultura de temporal permanente de café o agricultura nómada, además de utilizar la madera de los diversos árboles o para la explotación ganadera, principalmente de ganado vacuno, para lo cual la eliminan, introduciendo pastos cultivados e inducidos. Actualmente su distribución en México apenas abarca una décima parte del 1% de la que tenía en los años 70's (SEMARNAT, 2009).

**Cuerpos de Agua.** Masa o extensión de agua como un lago, mar u océano que cubre parte de la tierra. Algunos cuerpos de agua son artificiales, como estanques, pero la mayoría son naturales. Pueden contener agua salada o agua dulce.

**Dunas.** Porción de la barra costera constituida por materiales litorales desarrollando sistemas de playas bajas arenosas de dinámica acumulativa, la presencia de los vientos favorece su desarrollo. Son las más extensas de Norteamérica y representan el primer frente de choque a los huracanes y tormentas tropicales.

**Infraestructura.** Construcciones elaboradas por el hombre con la finalidad de desarrollar actividades productivas.

**Manglar.** Tipo de vegetación hidrófila, arbórea de alturas bajas y medianas (3 a 15 metros) formada por diversas especies de mangle en esteros, lagunas costeras y estuarios (INEGI, 2007). Humedales costeros en donde el agua es el principal factor controlador del medio y la

vida vegetal y animal asociada. Los humedales se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra esta cubierta por aguas poco profundas (SEMARNAT, 2009a).

Una característica que presenta los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente especies halófitas. La composición florística que lo forman son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*).

El uso principal desde el punto de vista Forestal, es la obtención de taninos para la curtiduría, la madera para la elaboración de carbón, aperos de labranza y embalses. Una característica importante que presenta la madera de mangle es la resistencia a la putrefacción. Pero quizá el uso más importante que presenta el manglar es el albergue de muchas especies de invertebrados como los moluscos y crustáceos, destacando el camarón y el ostión cuyo valor alimenticio y económico es alto (CONAFOR, 2009a).

**Manglar Seco.** Comunidades de manglar que se encuentran secos debido a una perturbación del medio ambiente.

**Matorral Crasicaule.** Vegetación con predominancia de cactáceas (INEGI, 2007). Poseen tallos aplanados o cilíndricos y se desarrollan principalmente en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país. Algunas especies comunes son: *Opuntia* spp., *Carnegiea gigantea*, *Pachycereus pringlei* y *Stenocereus thurberi*. Se incluyen las asociaciones conocidas como nopaleras, chollales, cardonales y Tetecheras.

El matorral crasicaule que se establece en la parte central de Zacatecas y algunas zonas adyacentes de Durango, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí se presenta como cubierta vegetal de *Opuntia*, siendo las principales especies dominantes de estas “nopaleras” *Opuntia streptacantha* y *Opuntia leucotricha*.

Esta comunidad se desarrolla preferentemente sobre suelos someros de laderas de cerros de naturaleza volcánica, aunque también desciende a suelos aluviales contiguos. La precipitación

## INFORME FINAL

media anual varía entre 300 y 600mm y la temperatura es de 16 a 22°C en promedio anual. En algunas partes de San Luis Potosí y de Guanajuato se le asocia *Myrtillocactus geometrizans* y a veces también *Stenocereus* spp. Por otro lado *Yucca decipiens* puede formar un estrato de eminencias, mientras que a niveles inferiores conviven muchos arbustos micrófilos, como por ejemplo, especies de *Mimosa*, *Acacia*, *Dalea*, *Prosopis*, *Rhus*, *Larrea*, *Brickelia*, *Eupatorium*, *Buddleia* y *Celtis*.

La altura de este matorral alcanza generalmente de 2 a 4 metros, su densidad es variable, pudiendo alcanzar casi 100% de cobertura, y el matorral puede admitir la presencia de plantas herbáceas (CONAFOR, 2009a).

**Matorral Desértico Micrófilo.** Vegetación de zonas áridas con predominancia de arbustos con hojas o folíolos pequeños (INEGI, 2007). Se desarrolla principalmente sobre terrenos aluviales más o menos bien drenados y puede estar formado por asociaciones de especies sin espinas, con espinas o mezclados; asimismo pueden estar en su composición otras formas de vida, como cactáceas, izotes o gramíneas. La distribución de este matorral se extiende a las zonas más secas de México, y en áreas en que la precipitación es inferior a 100mm anuales, la vegetación llega a cubrir solo el 3% de la superficie, mientras que en sitios con climas menos desfavorables la cobertura puede alcanzar 20%. Las especies *Larrea* y *Ambrosia* constituyen 90 a 100% de la vegetación en áreas de escaso relieve, pero a lo largo de las vías de drenaje o en lugares con declive pronunciado aparecen especies de *Prosopis*, *Cercidium*, *Olneya*, *Condalia*, *Lycium*, *Opuntia*, *Fouquieria*, *Hymenoclea*, *Acacia* y *Chilopsis*.

En el noroeste de Sonora y este de Baja California, este matorral se compone principalmente de *Larrea tridentata* y *Ambrosia dumosa* o *Ambrosia deltoidea*, que ocupa característicamente las llanuras con suelo profundo, así como las partes inferiores de los abanicos aluviales, pero también sube muchas veces las laderas de los cerros. Del lado de la costa de Sonora, *Larrea* se extiende hasta la comunidad de Guaymas, donde llega a formar manchones de matorral puro o casi puro. La comunidad que podría merecer el calificativo de vicariante con respecto a la anterior es la que ocupa la mayor parte de la superficie de la zona árida chihuahuense, ubicada sobre la Altiplanicie y que se extiende desde Chihuahua y Coahuila hasta Hidalgo en altitudes que comúnmente no son inferiores a 1,000m, se trata del matorral de *Larrea tridentata* y

*Flourensia cernua*, que también se desarrolla preferentemente sobre llanuras y partes bajas de abanicos aluviales, aunque en condiciones de aridez más acentuada prospera así mismo sobre laderas de cerros. Larrea a menudo es la única dominante, otras veces, junto con *Flourensia*, forma 80 a 100% de la vegetación; los matorrales de pura *Flourensia* son menos frecuentes y el observado cerca de Actopan, Hidalgo, marca aparentemente el extremo meridional de la distribución de la comunidad. Una buena parte del área de distribución de esta vegetación está ocupada por muchos distritos de riego, además de existir ganadería extensiva y explotación Forestal (CONAFOR, 2009a).

**Matorral Desértico Rosetófilo.** Vegetación de zonas áridas con dominancia de plantas con hojas en roseta, con o sin espinas (INEGI, 2007). Se le encuentra generalmente sobre suelos del tipo de los xerosoles de laderas de cerros de origen sedimentario, en las partes altas de los abanicos aluviales o sobre conglomerados en casi todas las zonas áridas y semiáridas del centro, norte y noroeste del país. Aquí se desarrollan algunas de las especies de mayor importancia económica de esas regiones áridas como: *Agave lechuguilla* (Lechuguilla), *Euphorbia antisiphylitica* (Candelilla), *Parthenium argentatum* (Guayule) y *Yucca carnerosana* (Palma samandoca).

En la parte de la Península de Baja California comprendida entre los paralelos 29 y 30° y a lo largo de la costa occidental hasta cerca del paralelo 32°, prevalece el arbusto *Ambrosia chenopodiifolia* en amplias superficies de terreno poco inclinado formando un tapiz de 50 a 70cm de alto. Entre sus acompañantes destaca por su abundancia *Agave shawii*, así como arbustos diversos, muchos de los cuales sobrepasan notablemente la altura de *Ambrosia*, como por ejemplo *Fouquieria columnaris*, *Yucca valida*, *Pachycereus pringlei* y *Myrtillocactus cochal*. Sobre suelos arcillosos rojos de origen volcánico *Ambrosia camphorata* desplaza a *Ambrosia chenopodiifolia*, mientras que sobre laderas graníticas o gnéicas la dominancia se comparte entre *Encelia frutescens*, *Ambrosia chenopodiifolia* y *Viguiera deltoidea* var. *tastensis*, siendo *Larrea* a veces también abundante en estas condiciones. Sobre todo en altitudes superiores a 500 m.s.n.m., el papel de *Larrea* se vuelve más importante, por ejemplo, sobre el cerro Ugarte, esta última forma con *Atriplex polycarpa* un matorral casi puro que cubre 20% de terreno. Ésta es la única porción de la zona árida sonoreense en que plantas del

## INFORME FINAL

género *Agave* forman parte importante de la vegetación, destacando en especial a *Agave shawii* y *Agave deserti*. Algunas especies de *Dudleya crasulácea* de hojas suculentas, llegan a ser abundantes aquí, sobre todo cerca de la costa occidental matorrales de *Ambrosia camphorata* prevalecen igualmente en la parte sur de la Isla Guadalupe.

Algunos de los principales usos de este tipo de vegetación son: la obtención de fibras vegetales útiles en cordelería y jarciería en general, y la celulosa para papel; también sirven para la elaboración de bebidas alcohólicas y alimento para ganado. Además de este tipo de explotación Forestal, hay mucha actividad ganadera, principalmente con caprinos (CONAFOR, 2009a).

**Matorral Espinoso.** Vegetación predominantemente arbustiva, de densidad y composición florística variable, se desarrolla generalmente en zonas de clima árido y semiárido. Matorral con predominancia de plantas espinosas (INEGI, 2007). Entre los matorrales de este tipo son frecuentes los de *Acacia farnesiana* (Huizache), *Prosopis* spp. (Mezquite), *Mimosa* spp. (Uña de Gato), *Acacia amentacea*, *Acacia farnesiana*, *Acacia vernicosa* (Chaparro prieto) (CONAFOR, 2009a).

**Matorral Espinoso Inundable.** Vegetación predominantemente arbustiva, de densidad y composición florística variable, se desarrolla generalmente en zonas de clima árido y semiárido. Matorral con predominancia de plantas espinosas y sujeto a inundación.

**Matorral Espinoso Tamaulipeco.** Tipo de vegetación de Matorral Xerófilo, arbustiva con dominancia de plantas espinosas y caducifolias o áfilas, se encuentra en el Noreste, en parte de la planicie costera del Golfo de México y el extremo sur de la Gran Llanura de Norteamérica (INEGI, 2007). Géneros típicos incluye *Cercidium*, *Acacia*, *Leucophyllum*, *Condalia* y *Costela*.

El Matorral Espinoso Tamaulipeco es ampliamente difundido en el noreste de Tamaulipas, aunque actualmente debe ser considerado como una vegetación secundaria originada por perturbación de otros tipos de vegetación, principalmente por “tumba” y sobrepastoreo. Está constituido por especies arbustivas de 1.5 a 2 metros de altura, muchos de los cuales forman

parte del estrato arbustivo de otros matorrales o mezquiales aledaños. En algunos lugares forman asociaciones extensas que muchas veces pueden inducir a error, al considerarlas como vegetación natural; tal es el caso de los extensos “huizachales” de *Acacia farnesiana* y otras especies minimifoliadas principalmente leguminosas, tan comunes en la parte norte y nordeste de la planicie costera nororiental y de otras partes de la República Mexicana.

En lugares que han sido sometidos a un intenso pastoreo, existe un gran número de especies arbustivas, generalmente espinosas. Aquí se citan de acuerdo con su frecuencia decreciente: *Celtis pallida*, *Acacia rigidula*, *Randia aculeata*, *Castela tortuosa*, *Condalia lycioides*, *Condalia obovata*, *Bernardia miricaefolia*, *Forestiera angustifolia* y *Karwinskia humboldtiana*, entre otras. La mayor parte de su área de distribución tiene actividad pecuaria (CONAFOR, 2009a).

**Matorral Submontano.** Vegetación formada por arbustos o árboles bajos no espinosos y algunos espinosos, caducifolios, entre los bosques de encino y selvas bajas. Se encuentran al oriente de las Mesas del Norte y Central y en la Sierra Madre Oriental (INEGI, 2007). Para el noreste de México la fisonomía de esta comunidad la proporciona el estrato arbustivo superior, cuya altura varía entre 2.5 a 5 metros y alcanza una cobertura hasta de un 70%. Lo caracteriza *Helietta parvifolia* (Barreta), rutácea inerme que le da a la vegetación una estructura relativamente uniforme, pues normalmente es la única dominante, aunque en ocasiones *Acacia berlandieri* (Huajillo) es igual de importante. Las plantas prevalecientes del estrato arbustivo medio (0.5 a 2 metros de alto) son *Leucophyllum frutescens* y *Acacia rigidula*. Su cobertura varía de 50 a 80%. El estrato inferior, menor a 0.5 metros de altura, es diverso tanto en especies como en cobertura; es notable en los claros de la vegetación, donde *Agave lechuguilla*, *Euphorbia antisyphilitica* (Candelilla) y las gramíneas amacolladas de los géneros *Bouteloua*, *Tridens* y *Aristida* son los elementos más importantes. El terreno es pedregoso y es común encontrar plantas creciendo sobre rocas.

Este tipo de vegetación se encuentra en laderas, cañadas y partes altas, sean planas o con pendiente, de las mesetas y lomeríos. Crece sobre suelos someros que a veces presentan una capa superficial de hojarasca y son comunes los afloramientos de la roca madre. Su área de

## INFORME FINAL

distribución ha sido ocupada por la agricultura, ganadería y la explotación Forestal (CONAFOR, 2009a).

**Mezquital.** Vegetación arbórea formada principalmente por mezquites (*Prosopis*), en zonas semiáridas, sobre suelos planos y profundos (INEGI, 2007). Son árboles espinosos de 5 a 10 metros de altura en condiciones de humedad, pero en condiciones de aridez se desarrolla como arbusto. Es común encontrar esta comunidad mezclada con otros elementos como huizache (*Acacia* spp.), palo fierro (*Olneya tesota*), palo verde (*Cercidium* spp.) y guamúchil (*Pithecellobium dulce*). El mezquite es considerado un recurso natural muy importante para las zonas áridas y semiáridas del país, debido a los diferentes usos que tiene como alimento para el ganado, para consumo humano, la madera es utilizada para duela, parquet, mangos para herramientas, leña y carbón entre otras. Debido a las características del suelo donde se localiza es eliminado constantemente para incorporar terrenos a la agricultura.

De acuerdo a las condiciones del país (principalmente el clima) donde esta comunidad se desarrolla, se observan tres diferentes mezquiales:

El mezquital xerófilo (MKX) de porte arbustivo asociado a condiciones climáticas áridas y semiáridas que se desarrolla en el norte del país, asociado con otros tipos de matorrales xerófilos. La comunidad esta formada por arbustos bajos y medianos. (Esta clase corresponde a los matorrales xerófilos y a la categoría de otras tierras boscosas de FRA 2005).

Otra variante del mezquital (MKE) se desarrolla en condiciones de trópico seco, donde sus elementos por lo general son árboles medianos (entre 5 y 10 metros). Esta comunidad se encuentra asociada con la selvas bajas espinosas y caducifolias y con el matorral subtropical. Su distribución es en el noroeste, noreste y parte del centro del país. (Esta clase corresponde a la selva espinosa y a la categoría de bosque de FRA 2005).

El mezquital (MK) propiamente dicho se desarrolla en suelos más o menos planos y profundos en donde además es frecuente la presencia del manto freático a poca profundidad o están situados a lo largo de arroyos y ríos perennes o intermitentes, lo que hace que las

especies del género *Prosopis* aquí presentes lleguen a rebasar los 10 a 20 metros de altura. La distribución de este tipo de comunidad es muy amplia en el país al no estar sujeta estrictamente al clima. (Esta categoría corresponde a otros tipos de vegetación y a la categoría de bosque de FRA 2005) (CONAFOR, 2009a).

**Palmar.** Vegetación formada por "palmas" (*Sabal*, *Brahea*, *Orbignya*, *Scheelea*, etc.), generalmente en zonas tropicales (INEGI, 2007). Son una asociación de plantas monopódicas pertenecientes a la familia *Arecaceae* (*Palmae*). Los palmares pueden formar bosques aislados cuyas alturas varían desde 5 hasta 30 metros o menos. Se desarrollan en climas cálidos húmedos y subhúmedos, generalmente sobre suelos profundos y con frecuencia anegados, con características de sabana. Se le puede encontrar formando parte de las selvas o como resultado de la perturbación por la actividad humana. Los palmares más importantes son los formados por guano (*Sabal mexicana*), corozo (*Scheelea liebmanni*), guacoyul (*Orbignya guacoyule*), tasiste (*Paurotis wrightii*), corozo (*Orbignya cohune*), palmita (*Brahea dulcis*), palma real (*Sabal pumos*), palma (*Erythea* spp.), entre otras. Los palmares son utilizados en muchos casos como zonas ganaderas, donde se cultivan o se inducen los pastos. Los frutos y semillas de algunas especies son comestibles otras se explotan para la industria de grasas y jabones. Los troncos se emplean en la construcción de casas, pero el beneficio mayor lo obtienen de las hojas, las cuales sirven para el techado de viviendas, para el tejido de sombreros, bolsas, petates, juguetes y otros objetos artesanales (CONAFOR, 2009a).

**Pastizal Halófilo.** Vegetación de gramíneas que se desarrolla en suelos con alto contenido de sales (no-yeso) (INEGI, 2007). Su presencia es independiente del clima; es frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas y semiáridas; aunque también son frecuentes en algunas áreas próximas a las costas afectadas por el mar o por lagunas costeras.

Cuando los cloruros y los sulfatos son las sales predominantes, el pH del suelo se mantiene generalmente entre 7 y 8.5, en cambio, de ser los carbonatos los más abundantes, la reacción es fuertemente alcalina. Estos suelos, por lo común, son de textura arcillosa y de drenaje deficiente y muchas veces están sujetos a inundaciones más o menos prolongadas. La humedad del suelo, así como el contenido de sales y su alcalinidad pueden tener una variación acentuada a lo largo del año y muchas veces también de un año a otro. Entre las formas

## INFORME FINAL

biológicas de las comunidades halófitas predominan las gramíneas rizomatosas y las plantas herbáceas suculentas.

Los pastizales halófilos del Altiplano varían por lo común, de bajos a medianos (hasta 80cm de alto) y, en general, son densos. Con el objetivo de estimular la aparición de retoños tiernos estos pastizales se queman a veces periódicamente. En Chihuahua y Coahuila, principalmente, ocupa grandes extensiones el pastizal de *Hilaria mutica* (toboso), de 40 a 70cm de altura. De los pastizales halófilos costeros más sobresalientes cabe mencionar los de *Distichlis spicata*, de *Sporobolus virginicus* y de *Monanochloë littoralis*, que forman una carpeta baja, y los de *Spartina* y de *Uniola*, que miden cerca de 1 metro de alto.

En general las gramíneas dominantes son más bien rígidas y solo sus partes tiernas constituyen un forraje atractivo para el ganado. Desde luego que las gramíneas no son las únicas plantas que pueden crecer en tales condiciones, pero con frecuencia son las dominantes y las que definen la fisonomía de las comunidades vegetales que ahí habitan. Su distribución comprende todo el Altiplano, desde Chihuahua y Coahuila, hasta Jalisco, Michoacán, Valle de México, Puebla y Tlaxcala, así como de algunas porciones de planicies costeras de la parte norte del país (CONAFOR, 2009a).

**Pastizal Inducido.** Comunidades vegetales caracterizadas por la dominancia de gramíneas (pastos o zacates) o graminoides. Se desarrolla al eliminarse la vegetación original (bosque, selva, matorral, otros), o en áreas agrícolas abandonadas (INEGI, 2007).

Son de muy diversos tipos y aunque cabe observar que no hay pastizales que pudieran considerarse como totalmente libres de alguna influencia humana, el grado de ingerencia del hombre es muy variable y con frecuencia difícil de estimar. Aún haciendo abstracción de los pastos cultivados, pueden reconocerse muchas áreas cubiertas por el pastizal inducido, que sin duda alguna sostenían otro tipo de vegetación antes de la intervención del hombre y de sus animales domésticos.

Los pastizales inducidos algunas veces corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral. A

consecuencia del pastoreo intenso o de los fuegos periódicos o bien de ambos factores juntos, se detiene a menudo el proceso de la sucesión y el pastizal inducido permanece como tal mientras perdura la actividad humana que lo mantiene.

Otras veces el pastizal inducido no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio, ejercido a través de tala, incendios, pastoreo y muchas con ayuda de algún factor del medio natural, como, por ejemplo, la tendencia a producirse cambios en el suelo que favorecen el mantenimiento del pastizal.

De esta manera se tiene la categoría de pastizales inducidos que prosperan una vez destruidos los bosques de *Pinus* y de *Quercus*, característicos de las zonas montañosas de México. En altitudes superiores a 2,800m las comunidades secundarias frecuentemente son similares al Pastizal de Alta Montaña, formado por gramíneas altas que crecen en extensos macollos. Los géneros *Festuca*, *Muhlenbergia*, *Stipa* y *Calamagrostis* son los más típicos de estos pastizales que, además de su interés ganadero, son aprovechados también a través de raíz de zacatón, materia prima para la elaboración de escobas que proporcionan las partes subterráneas de *Muhlenbergia macroura*.

Por debajo de los 3,000m de altitud, los pastizales inducidos derivados de los Bosques de *Quercus* y *Pinus*, son mucho más variados y en general no presentan la fisonomía de macollos muy amplios. Muchas veces son análogos en su aspecto a los pastizales clímax de las regiones semiáridas, pudiendo variar de bajos a bastante altos, a menudo en función del clima. Entre los géneros a que pertenecen las gramíneas dominantes pueden citarse: *Andropogon*, *Aristida*, *Bouteloua*, *Bromus*, *Deschampsia*, *Hilaria*, *Muhlenbergia*, *Stipa*, *Trachypogon* y *Trisetum*.

Menos frecuentes o quizá fáciles de identificar parecen ser los pastizales originados a expensas de Matorrales Xerófilos y aun de otros Pastizales. Del Valle de México se describen comunidades de este tipo, que en general son bajas y muchas veces abiertas a menudo incluyen un gran número de gramíneas anuales. Los géneros *Buchloë*, *Erioneuron*, *Aristida*, *Lycurus* y *Bouteloua* contienen con frecuencia las especies dominantes.

## INFORME FINAL

Otro grupo de pastizales inducidos que destacan mucho, son los que se observan en medio de la Selva Baja Caducifolia, sobre todo en la vertiente pacífica, donde aparentemente prosperan como consecuencia de un disturbio muy acentuado. Casi siempre se ven en las cercanías de los poblados y se encuentran tan intensamente pastoreados que durante la mayor parte del año la cubierta vegetal herbácea no pasa de una altura media de 5 cm. Son sometidos a fuegos frecuentes y la acción del pisoteo parece ser uno de los principales factores de su existencia. El largo periodo de sequía hace que tengan un color amarillo pajizo durante más de 6 meses. Las dominantes más comunes pertenecen aquí a los géneros: *Bouteloua*, *Cathetecum*, *Hilaria*, *Trachypogon* y *Aristida*. También son abundantes algunas leguminosas.

Otra comunidad de origen análogo es el que prospera principalmente del lado del Golfo de México en zonas húmedas, en el que la vegetación clímax, corresponde al Bosque Mesófilo de Montaña, casi siempre sobre laderas muy empinadas de las sierras. A diferencia del pastizal anterior, este permanece verde durante todo el año, pero de igual manera se mantiene bastante bajo. En general cubre densamente el suelo pero por lo común da la impresión de estar sobrepastoreado. Las gramíneas más comunes pertenecen aquí a los géneros *Axonopus*, *Digitaria* y *Paspalum*.

Algunas otras especies de gramíneas que llegan a formar comunidades de pastizal inducido, son: *Aristida adscensionis* (Zacate tres barbas), *Erioneuron pulchellum* (Zacate borreguero), *Bouteloua simplex*, *Paspalum notatum* (Zacate burro), *Cenchrus* spp. (Zacate cadillo o Roseta), *Lycurus phleoides*, *Enneapogon desvauxii* y otros. No es rara la presencia ocasional de diversas hierbas, arbustos y árboles (CONAFOR, 2009a).

**Sabana.** Comunidad formada principalmente por gramíneas y ciperáceas, con árboles dispersos, que se desarrolla en suelos con drenaje deficiente e incendios periódicos, en zonas tropicales (INEGI, 2007). El origen de las sabanas, según algunos autores, se debe a la intervención del hombre que ha talado, quemado y sobrepastoreado el bosque, al grado de volverse tolerante al fuego. La sabana está dominada principalmente por gramíneas, pero es común encontrar un estrato arbóreo bajo de 3 a 6 metros de alto. Se desarrollan sobre terrenos planos o poco inclinados, en suelos profundos y arcillosos que se inundan durante el periodo de lluvias y en la época seca se endurecen al perder el agua. La vegetación de esta comunidad

se caracteriza por la dominancia de pastizales como: *Andropogon bicornis*, *Paspalum pectinatum*, *Andropogon altus*, *Imperata* sp., *Panicum maximun* y otros. También existen algunas ciperáceas como *Cyperus* sp. y *Dichromena ciliata*. Además de las plantas arbóreas como jícaro (*Crescentia cujete*), cuatecomate (*Crescentia alata*), tlachicón (*Curatella americana*) y nanche (*Byrsonima crassifolia*). El uso principal de las sabanas es la ganadería, por la gran cantidad de gramíneas que en ella se encuentran. La recolección de frutos de nanche y jícaro son importantes por su valor comestible, medicinal y artesanal (CONAFOR, 2009a).

**Selva Alta Perennifolia.** Vegetación arbórea de 30 metros o más de altura en climas cálido húmedos con estación seca breve, o sin estación seca. Menos del 25% de los árboles pierden follaje a lo largo del año (INEGI, 2007). Es la más rica y compleja de todas las comunidades vegetales. La vegetación más exuberante y de mayor desarrollo de México y el planeta. Sus árboles dominantes sobrepasan los 30 metros de altura y durante todo el año conservan la hoja. Esta vegetación se encuentra en altitudes de 0 a 1,500 m.s.n.m. y su temperatura media anual es mayor de 20°C. Son especies importantes en la composición de esta comunidad: *Terminalia amazonia* (kanxa'an, sombrerete); *Vochysia hondurensis* (palo de agua), *Andira galeottiana* (macayo), *Sweetia panamensis* (chakte'), *Cedrela odorata* (cedro rojo), *Swietenia macrophylla* (punab, caoba); *Gualtteria anomala* (zopo), *Pterocarpus hayesii* (chabekte'), *Brosimum alicastrum* (ramón); *Ficus* sp. (matapalo), bari, guayabo volador, zapote de agua, *Dialium guianense* (guapaque). También hay epifitas herbáceas bromeliáceas como *Aechmea* y orquídeas, líquenes incrustados en los troncos de árboles y epifitas leñosas como *Ficus* spp. (Laurel) (CONAFOR, 2009a).

En nuestro país su distribución comprendía desde la región de la Huasteca, en el sureste de San Luis Potosí, norte de Hidalgo y de Veracruz, hasta Campeche y Quintana Roo, abarcando porciones de Oaxaca, de Chiapas y de Tabasco. En la actualidad gran parte de su distribución original se ha perdido por actividades agrícolas y ganaderas (SEMARNAT, 2009).

**Selva Baja Caducifolia.** Vegetación arbórea de entre 4 y 15 metros de altura, en climas cálido-semisecos. Más del 75% de los árboles pierden el follaje durante la época seca (INEGI, 2007). Es característica de regiones de clima cálido, con una temperatura media anual de 20 a

## INFORME FINAL

29°C, que presenta en relación a su grado de humedad, una estación de secas y otra de lluvias muy marcadas a lo largo de año. En condiciones poco alteradas sus árboles son de hasta 15 metros de alto, más frecuentemente entre 8 a 12 metros. Entre las especies más frecuentes de este tipo de vegetación se encuentran "cuajote" o "copal", *Ceiba aesculifolia* "pochote" y los cactus de formas columnares. Cubre grandes extensiones casi continuas desde el sur de Sonora y el suroeste de Chihuahua hasta Chiapas, así como parte de Baja California Sur. En la vertiente del Golfo se presentan tres franjas aisladas mayores: una en Tamaulipas, San Luis Potosí y norte de Veracruz, otra en el centro de Veracruz y una más en Yucatán y Campeche. Actualmente es un ecosistema que se encuentra seriamente amenazado, con una tasa de destrucción de alrededor del 2% anual (SEMARNAT, 2009a).

**Selva Baja Espinosa.** Comunidad vegetal con dominancia de árboles espinosos, de 4 a 15 metros de altura, principalmente en terrenos planos (INEGI, 2007). En su mayoría está compuesto de "árboles espinosos" como el mezquite, quisache, tintal, palo blanco, o el cactus y cardón. Se desarrolla en climas similares a los de la selva baja caducifolia o ligeramente más secos, pero en climas más húmedos que los matorrales xerófilos, en climas con marcadas características de aridez, con precipitaciones comunes del orden de 900mm o ligeramente menores, aunque el rango va de 350 a 1200mm y temperaturas medias anuales entre 20 y 27° C. Los climas en los que se presenta son Aw muy secos, Awg, B (Bsh, Bw) (García, 1973) y también Cw. Su distribución vertical va desde 0 hasta los 2,200 m.s.n.m. Desarrolla sobre terrenos planos o muy ligeramente ondulados. El material geológico que da soporte a esta selva pueden ser calizas, margas o lutitas y material metamórfico. Los suelos en donde por lo regular crece, son más o menos arcillosos, con abundante materia orgánica (CONAFOR, 2009a).

Es una comunidad de porte bajo, dominada por árboles espinosos, algunos de ellos perennifolios. La mayoría de las especies de esta selva están desnudas durante periodos prolongados en la temporada seca; sólo *Ebanopsis ebano*, una de las especies dominantes, queda sin hojas durante un lapso muy corto. Estas selvas miden de 8 a 10 metros de alto y sólo eventualmente llegan a alcanzar 12 metros de altura. Muchas de las especies más abundantes son leguminosas con ramas espinosas. Aparte del estrato arbóreo, se encuentra un estrato

arbustivo de 2 a 4 metros de alto, bien desarrollado, pero falta casi completamente el estrato herbáceo.

Su distribución es hacia las partes bajas de la llanura costera del pacífico, en algunas porciones costeras de Jalisco y Colima, en el norte de Yucatán y en la llanura costera del golfo norte, en el estado de Puebla y Oaxaca, las partes bajas de la cuenca del río balsas y del istmo de Tehuantepec y en la parte norte de la vertiente pacífica de Sonora, Baja California, Sinaloa, Colima y Jalisco. Ocupa aproximadamente el 5% de la superficie total de la República Mexicana. Es difícil delimitarlo porque se encuentra en manchones entre diversos tipos de vegetación como el bosque tropical caducifolio y el matorral xerófilo o pastizal. Su destrucción se ha acelerado debido, entre otras causas a que su suelo es propicio para la agricultura, por lo que ha sido substituido en gran parte por cultivos diversos, o en algunas áreas, como la parte de “La Huasteca” en Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz, ha sido reemplazado por pastizales artificiales para el ganado (SEMARNAT, 2009a).

**Selva Baja Subcaducifolia.** Vegetación arbórea de entre 8 y 15 metros de altura. Del 50 al 75% de los árboles pierden el follaje durante la época seca. Se encuentran en suelos con drenaje deficiente (INEGI, 2007). Cubre grandes extensiones casi continuas desde el sur de Sonora y el suroeste de Chihuahua hasta Chiapas, así como parte de Baja California Sur. En la vertiente del Golfo se presentan tres franjas aisladas mayores: una en Tamaulipas, San Luis Potosí y norte de Veracruz, otra en el centro de Veracruz y una más en Yucatán y Campeche. En cuanto a su fisonomía, ésta es muy semejante a la selva baja caducifolia, excepto en que los árboles dominantes conservan por más tiempo el follaje a causa de una mayor humedad edáfica. Entre las especies que la componen se encuentran: *Metopium brownei* (boxchechem), *Lysiloma latisiliquum* (tsalam), *Beaucarnea ameliae* (ts'ipil), *Pseudophoenix sargentii* (kuka'), *Agave angustifolia* (ki, babki'), *Bursera simaruba* (chaka'), *Beaucarnea pliabilis*, *Nopalea gaumeri* (tsakam), *Bromelia pinguin* (ch'om), *Coccoloba* sp. (boop), *Thevetia gaumeri* (akits) (CONAFOR, 2009a).

**Selva Baja Subperennifolia.** Vegetación arbórea de entre 4 y 15 metros de altura. Del 25 al 50% de los árboles pierden el follaje durante la época seca (INEGI, 2007). Los climas en donde se desarrolla esta comunidad son cálido-húmedo y subhúmedo. Puede presentarse en

## INFORME FINAL

condiciones climáticas similares a las de la selva alta perennifolia, la mediana subperennifolia, la mediana subcaducifolia y las sabanas. Se le encuentra en zonas bajas y planas, en terrenos con drenaje deficiente, mismos que se inundan en la época de lluvias pero se secan totalmente en invierno (temporada seca). Los suelos que soportan a esta selva son relativamente profundos, con una lámina de agua más o menos somera en época de lluvias.

Esta selva está caracterizada por árboles bajos (no mayores de 5 metros), generalmente con los troncos muy torcidos; la densidad de los árboles puede ser bastante grande; acusan una fuerte disminución de plantas trepadoras y epifitas; el estrato herbáceo frecuentemente no existe.

Entre las especies importantes se encuentran: *Haematoxylon campechianum* (ek', tinto, palo de tinte), *Bucida buceras* (pukte'), *Metopium brownei* (chechem), *Byrsonima bucidaefolia* (sakpaj), *Pachira acuatica* (zapote bobo, kuche'), *Cameraria latifolia*, *Talisia floresii*, *Byrsonima crassifolia*, *Crescentia alata*, *C. kujete*, *Curatella americana*, *Eugenia lundellii*, *Coccoloba cozumelensis*, *Croton reflexifolius*, *Hyperbaena winzerlingii* y *Coccoloba* spp. También la constituyen ciperáceas y gramíneas. Se distribuye en los llamados "bajiales" o bajos inundables de la costa norte de Yucatán, centro y sur de Campeche, sur y noreste de Quintana Roo. Son frecuentes en las grandes planicies entre Coatzacoalcos y Huimanguillo, así como en la parte central-sur del estado de Tabasco, desde Villahermosa hasta los límites con Campeche, incluyendo la parte sur de este estado en zonas con suelos inundables (CONAFOR, 2009a).

**Selva Mediana Subcaducifolia.** Comunidad vegetal arbórea de 15 a 20 metros de altura. Del 50 al 75% de los árboles pierden el follaje durante la época seca (INEGI, 2007). En general se trata de bosques densos que miden entre 15 a 40 metros de altura, y más o menos cerrados por la manera en que las copas de sus árboles se unen en el dosel. Cuando menos la mitad de sus árboles pierden las hojas en la temporada de sequía. Sus temperaturas son de 0°C a 28 °C. Entre sus formas arbóreas se pueden encontrar ejemplares de "parota" o "guanacaste", "cedro rojo" así como varias especies de *Ficus* junto con distintas especies de lianas y epifitas. Su distribución geográfica se presenta de manera discontinua desde el centro de Sinaloa hasta la zona costera de Chiapas, por la vertiente del Pacífico y forma una franja angosta que abarca parte de Yucatán, Quintana Roo y Campeche, existiendo también algunos manchones aislados

en Veracruz y Tamaulipas. Gran parte de área ocupada por la vegetación original, es usada ahora para agricultura nómada, de riego y temporal, así como para cultivos principalmente de maíz, plátano, frijol, caña de azúcar y café. También algunas especies de árboles son usadas con fines maderables (SEMARNAT, 2009; CONAFOR, 2009a).

**Selva Mediana Subperennifolia.** Comunidad vegetal arbórea de 20 a 30 metros de altura. Del 25 al 50% de los árboles pierden el follaje durante la época seca (INEGI, 2007). Se desarrolla en climas cálido-húmedos y subhúmedos, con temperaturas típicas entre 20° y 28°C. Los árboles de esta comunidad, al igual que los de la selva alta perennifolia, tienen contrafuertes y por lo general poseen muchas epifitas y lianas. Los árboles tienen una altura media de 25 a 35 metros, alcanzando un diámetro a la altura del pecho menor que los de la selva alta perennifolia aún cuando se trata de las mismas especies. Es posible que esto se deba al tipo de suelo y a la profundidad. En este tipo de selva se distinguen tres estratos arbóreos, de 4 a 12 m, de 12 a 22 m y de 22 a 35 m. Formando parte de los estratos (especialmente del bajo y del medio) se encuentran algunas palmas.

Entre las especies dominantes se encuentran *Lysiloma latisiliquum*, *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato, jiote, copal), *Manilkara zapota* (ya', zapote, chicozapote), *Lysiloma* spp. (tsalam, guaje, tepeguaje), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Bucida buceras* (pukte'), *Alseis yucatanensis* (ja'asché), *Carpodiptera floribunda*. En las riberas de los ríos se nota a *Pachira aquatica* (k'uiche'). Las epifitas más comunes son algunos helechos y musgos, abundantes orquídeas y bromeliáceas y aráceas.

Ocupa aproximadamente el 4 % de la superficie total del país. Se distribuye en Yucatán, Quintana Roo (incluyendo la isla de Cozumel), Campeche, Jalisco, Veracruz, Chiapas, Colima, Guerrero y Oaxaca. (CONAFOR, 2009a).

**Tular.** Vegetación herbácea en partes someras de cuerpos de agua, tanto en zonas tropicales como templadas. Se forman principalmente especies de *Typha* (tules) (INEGI, 2007). Esta comunidad de plantas acuáticas, arraigadas en el fondo de los cuerpos de agua, está constituida por monocotiledoneas de 80cm hasta 2.5 metros de alto, de hojas largas y angostas o bien carentes de ellas. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa

## INFORME FINAL

profundidad. La vegetación se compone básicamente por plantas de tule (*Typha* spp.), y tulillo (*Scirpus* spp.), también es común encontrar los llamados carrizales de (*Phragmites communis*) y (*Arundo donax*). Incluye los “saibadales” de *Cladium jamaicense* del sureste del país.

En México es bien conocido por la utilización de sus tallos en la confección artesanal de petates, cestos, juguetes y diversos utensilios. Los carrizales también son de gran importancia para la elaboración estructural de juegos pirotécnicos y muchos objetos artesanales (CONAFOR, 2009a).

**Vegetación de Dunas Costeras.** Vegetación desarrollada sobre dunas de arena costeras, de densidad y altura variable (INEGI, 2007). Esta comunidad vegetal se establece a lo largo de las costas y se caracteriza por estar conformada por plantas pequeñas y suculentas. Las especies que la forman juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando con ello que sean arrastradas por el viento y el oleaje. Algunas de la especies que se pueden encontrar son nopal (*Opuntia dillenii*), riñonina (*Ipomoea pes-caprae*), alfombrilla (*Abronia maritima*), (*Croton* sp.) y verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*). También se pueden encontrar algunas leñosas y gramíneas como el uvero (*Coccoloba uvifera*), pepe (*Chrysobalanos icacos*), cruceto (*Randia* sp.), espino blanco (*Acacia* sp. *haerocephala*), mezquite (*Prosopis juliflora*), zacate salado (*Distichlis spicata*) y zacate (*Sporobolus* sp.), entre otros. La actividad principal que se desarrolla en esta comunidad es el pastoreo de ganado bovino y caprino. En algunos casos se presenta la eliminación de la vegetación de dunas para incorporar terrenos a la agricultura (CONAFOR, 2009a).

**Vegetación de Galería.** Vegetación no arbórea desarrollada en márgenes de ríos y arroyos. Generalmente formada por plantas diferentes a las de la vegetación circundante (INEGI, 2007). En general son elementos arbustivos acompañados en ocasiones por elementos subarbóreos o arbóreos cuyas alturas son distinguibles de los otros tipos de vegetación que los rodea. Está integrada por muy diversas especies de arbustos y no es raro la abundancia de mezquites (*Prosopis* sp.) en el norte del país. Actualmente estas comunidades se encuentran muy degradadas, siendo difícil encontrarlas en buen estado de conservación. Su uso se concentra en la obtención de madera para el quehacer doméstico, para mangos de herramientas y en menor escala para la construcción (CONAFOR, 2009a).

**Vegetación Halófila.** Vegetación arbustiva o herbácea (no con gramíneas), desarrollada sobre suelos con alto contenido de sales, en zonas áridas y semiáridas (INEGI, 2007). Se desarrollan en las partes bajas de cuencas cerradas, cerca de lagunas costeras, área de marismas, en áreas próximas a las costas entre 0 y 50 m.s.n.m. Las especies más abundantes corresponden estrictamente a halófitas como chamizo (*Atriplex* spp.), romerito (*Suaeda* spp.), vidrillo (*Batis maritima*), hierba reuma (*Frankenia* spp.), alfombrilla (*Abronia maritima*) y lavanda (*Limonium* spp.). Otras especies capaces de soportar estas condiciones son verdolaga (*Sesuvium* spp.), zacate toboso (*Hilaria* spp.), zacate (*Eragrostis obtusiflora*), entre varias más.

El uso principal de algunas especies de esta comunidad son alimento para el ganado bovino, tal es el caso del chamizo (*Atriplex* spp.) y algunas especies de pastos como zacate toboso (*Hilaria* sp.) y zacate (*Eragrostis obtusiflora*). Son comunes las asociaciones de *Atriplex* spp., *Suaeda* spp., *Batis maritima*, *Abronia maritima*, y *Frankenia* spp.

La vegetación halófila, característica de suelos con alto contenido de sales solubles puede asumir formas diversas, florística, fisonómica y ecológicamente diferentes, pues pueden dominar en ellas formas herbáceas, arbustivas y aun arbóreas. Tal hecho se debe, al menos en parte, a que los suelos salinos se presentan en condiciones climáticas variadas y además, a que también las características edáficas varían tanto en lo que concierne a la cantidad y tipos de sales, como a la reacción pH, textura, permeabilidad y cantidad de agua disponible. Los suelos con exceso de sales son particularmente frecuentes en los lugares cercanos a la costa y en las regiones de clima árido, aunque también existen en otras partes. Fuera del ambiente litoral, son comunes en las partes bajas de las cuencas endorreicas. Salvo muy raras excepciones, se trata de suelos profundos, de origen aluvial, que varían desde muy arcillosos, como es el caso de la mayor parte de los fondos de antiguos lagos, hasta arenas sueltas, que abundan principalmente en los litorales. Los suelos salinos rara vez se presentan en México en altitudes superiores a 2 500 m.s.n.m., pero aún así están sujetos a condiciones climáticas muy diversas. Los climas varían también de muy extremos a francamente isotérmicos.

## INFORME FINAL

Con respecto a la composición florística de las comunidades halófilas, es interesante señalar que al mismo tiempo que incluyen géneros y especies de distribución muy vasta, algunos casi cosmopolitas, tampoco son raros en ellas los endemismos, tanto en el litoral, como en condiciones continentales. Las familias mejor representadas son Gramineae y Chenopodiaceae, mereciendo mención especial las Frankeniaceae, cuyos miembros llegan a ser muy importantes en el noroeste de México. La succulencia es una característica frecuente en las halófitas de familias diferentes, así como la reproducción vegetativa y la alta presión osmótica. El uso principal de varias de las especies que viven en estas condiciones es el forraje que utilizan para el ganado; tal es el caso del chamizo o costilla de vaca, y algunas especies de pastos halófilos que también viven asociados. Estos terrenos cuando han sido drenados, pueden sustentar agricultura bajo riego, como en parte de la región lagunera y otros distritos de riego (CONAFOR, 2009a).

**Vegetación Secundaria.** Estado sucesional de la vegetación. Se indica alguna fase de vegetación secundaria cuando hay algún tipo de indicio de que la vegetación original fue eliminada o perturbada a un grado en el que ha sido modificada profundamente (INEGI, 2007).

*Dominio de valores.*

*Vegetación secundaria herbácea:* Primera fase sucesional secundaria de la vegetación, con predominancia de formas herbáceas. Puede ser sustituida o no por una fase arbustiva. Con el tiempo puede dar lugar a una formación vegetal similar a la vegetación original.

*Vegetación secundaria arbustiva:* Fase sucesional secundaria de la vegetación con predominancia de arbustos. Puede ser sustituida o no por una fase arbórea. Con el tiempo puede dar lugar a una formación vegetal similar a la vegetación original.

*Vegetación secundaria arbórea:* Fase sucesional secundaria de la vegetación, con predominancia de árboles. Es una fase relativamente madura. Con el tiempo puede dar lugar a una formación vegetal similar a la vegetación original.

## Área de Protección de Flora y Fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo.

### *Imágenes*

Para el análisis del uso del suelo y vegetación del área protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo, se utilizaron 3 imágenes del sensor Landsat ETM+, mismas que solo se emplearon para obtener los productos del presente proyecto y que se encuentran bajo resguardo de la CONANP. Las imágenes fueron obtenidas a través de la CONANP y pertenecen al acervo de imágenes de la SEMARNAT. El Path/Row corresponde al 26/42, 26/43 y 26/44, tomadas el 18 de diciembre del 2000, todas las imágenes contienen 6 bandas de tipo multiespectral con una resolución de 30 metros de pixel (Tabla 1).

**Tabla 1.** Imágenes Landsat, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo.

Sensor	Path	Row	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
LANDSAT ETM+	26	42	18-Dic-00	30	6	Multiespectral	Ortorectificada
	26	43	18-Dic-00	30	6	Multiespectral	Ortorectificada
	26	44	18-Dic-00	30	6	Multiespectral	Ortorectificada

También fueron utilizadas 19 imágenes del sensor SPOT 5 obtenidas a través de la CONANP por la Estación de Recepción México de la constelación SPOT (ERMEXS), mismas que solo se emplearon para obtener los productos del presente proyecto y que se encuentran bajo resguardo de la CONANP. Las imágenes corresponden a los K/J indicados en la Tabla 2 con fechas de noviembre-diciembre del 2005 y febrero del 2008; todas las imágenes tienen una resolución de 10 metros y contienen 4 bandas de tipo multiespectral.

## INFORME FINAL

**Tabla 2.** Imágenes SPOT, APFYF Laguna Madre y Delta del Río Bravo.

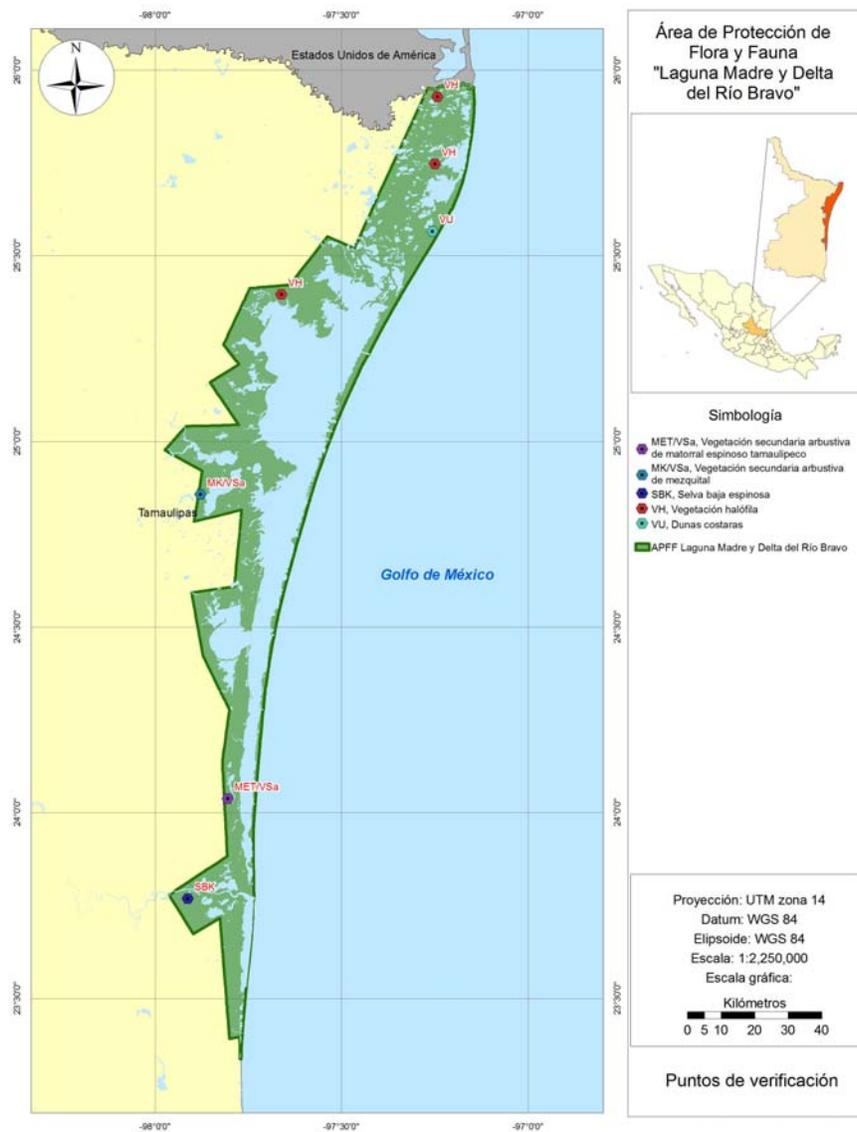
Sensor	K	J	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
Spot	588	298	24-Dic-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	588	299	02-Nov-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	588	300	02-Nov-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	588	301	02-Nov-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	588	302	02-Nov-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	589	298	28-Nov-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	589	299	03-Nov-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	589	301	29-Nov-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	589	302	25-Dic-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	589	303	03-Nov-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	588	299	01-Feb-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	588	300	01-Feb-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	588	301	01-Feb-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	589	298	07-Feb-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	589	299	07-Feb-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	589	300	07-Feb-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	589	301	13-Feb-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	589	302	13-Feb-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
589	303	07-Feb-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada	

Para la verificación de las clases de uso de suelo y vegetación del área de estudio, se utilizó la capa generada a partir de las clasificaciones automatizadas e interpretación en formato raster y vectorial del año 2008. Para ello se contó con el apoyo de personal del área: Gloria F. Tavera Alonso, Directora, Rossana Núñez Lara, Jefe de Proyectos, Aida Christina, Rafael García y del Biól. Esteban Manuel Martínez Salas, investigador del Instituto de Biología de la UNAM. Todos ellos han trabajado por más de un año en la verificación del uso del suelo y vegetación del área y han identificado más de 600 puntos dentro de este periodo.

Por lo anterior se decidió trabajar sobre la capa realizando las modificaciones de acuerdo a las observaciones realizadas principalmente por el Biól. Esteban Manuel Martínez Salas y

Rossana Núñez Lara, que junto a los técnicos en sistemas de información geográfica y percepción remota realizaron los cambios pertinentes.

Como apoyo se consideraron también los puntos del levantamiento de campo del Inventario Nacional Forestal (CONAFOR, 2009), sin embargo son pocos los puntos disponibles para el área, solo 7 distribuidos: 3 de ellos en la porción Norte y los 4 restantes sobre el borde Oeste del límite del área (Figura 10).



**Figura 10.** Puntos de levantamiento de campo del Inventario Nacional Forestal.

## INFORME FINAL

### *Leyenda*

La leyenda de trabajo para el área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo, cuenta con 30 categorías entre cubierta Forestal y usos del suelo:

1. Área sin vegetación aparente
2. Área sujeta a inundación
3. Dunas
4. Manglar
5. Matorral crasicaule
6. Matorral espinoso tamaulipeco
7. Matorral espinoso
8. Matorral espinoso inundable
9. Mezquital
10. Palmar
11. Sabana
12. Selva baja espinosa
13. Selva baja subcaducifolia
14. Selva baja subperennifolia
15. Selva mediana subperennifolia
16. Tular
17. Vegetación de dunas costeras
18. Vegetación halófila
19. Vegetación de galería
19. Matorral espinoso tamaulipeco / vs
20. Mezquital / vs
21. Selva baja espinosa / vs
22. Selva baja subperennifolia / vs
23. Selva mediana subperennifolia / vs
24. Acuacultura
25. Área impactada por incendio
26. Infraestructura
27. Pastizal inducido
28. Área agrícola
29. Asentamientos humanos
30. Cuerpos de agua

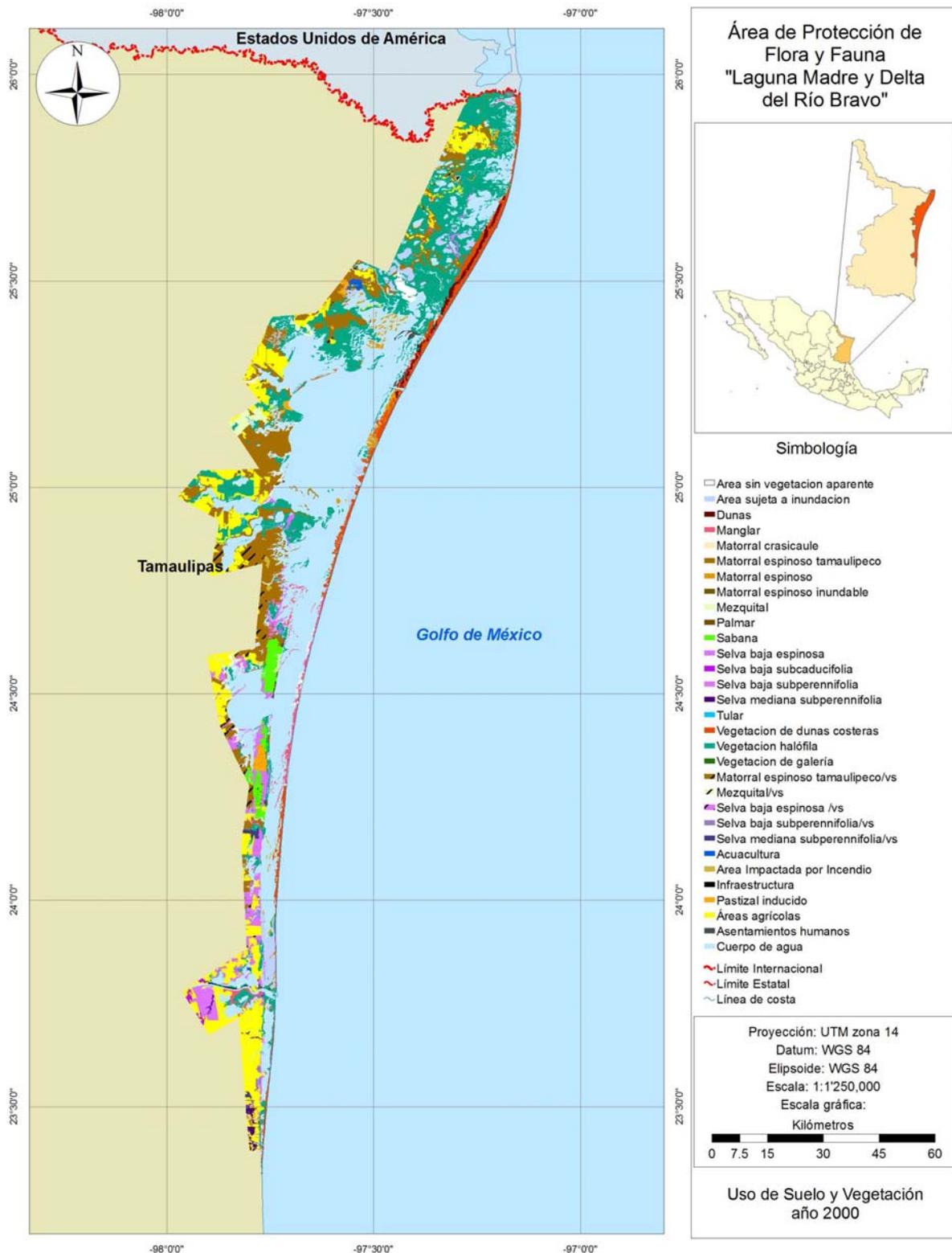
### *Uso del suelo y vegetación*

Como resultado de la clasificación de las imágenes de satélite y la interpretación interdependiente, se generaron 3 capas que corresponden a los años 2000 (usv\_Lmadre\_00.shp), 2005 (usv\_Lmadre\_05.shp) y 2008 (usv\_Lmadre\_08.shp). La información se encuentra en formato SHP, con una proyección UTM y un Datum de referencia WGS84. A continuación se presentan los mapas de uso del suelo y vegetación por año para el área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo (Figura 11, 12 y 13).

El área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo contiene una gran proporción de cuerpos de agua, rodeados por diferentes tipos de vegetación. Hacia la Este de la laguna se encuentran las grandes formaciones de dunas de barrera, manglares y vegetación de duna costera. Hacia la porción Norte, las zonas inundables están cubiertas por pastizal halófilo, mientras que hacia la porción Noroeste de la laguna, se ubica el matorral espinoso tamaulipeco y las selvas hacia la porción sur.

El Oeste de área se encuentran las mayores porciones con actividades humanas, es aquí donde se ubican los diferentes asentamientos humanos y asociado a estos la agricultura y los pastizales inducidos para el uso ganadero, que se pueden apreciar al borde y a lo largo del límite Oeste del área protegida, siendo estos más intensos hacia la porción sur del área. Una actividad humana de importancia que también se presenta es la acuacultura.

Cabe hacer notar que la Laguna Madre cuenta con una gran cantidad de islas, algunas de ellas se ven modificadas por la acción de las variaciones de marea y sirven de refugio a las diferentes especies de aves migratorias que año con año pasan por esta zona.



**Figura 11.** Uso del suelo y vegetación, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo, año 2000.

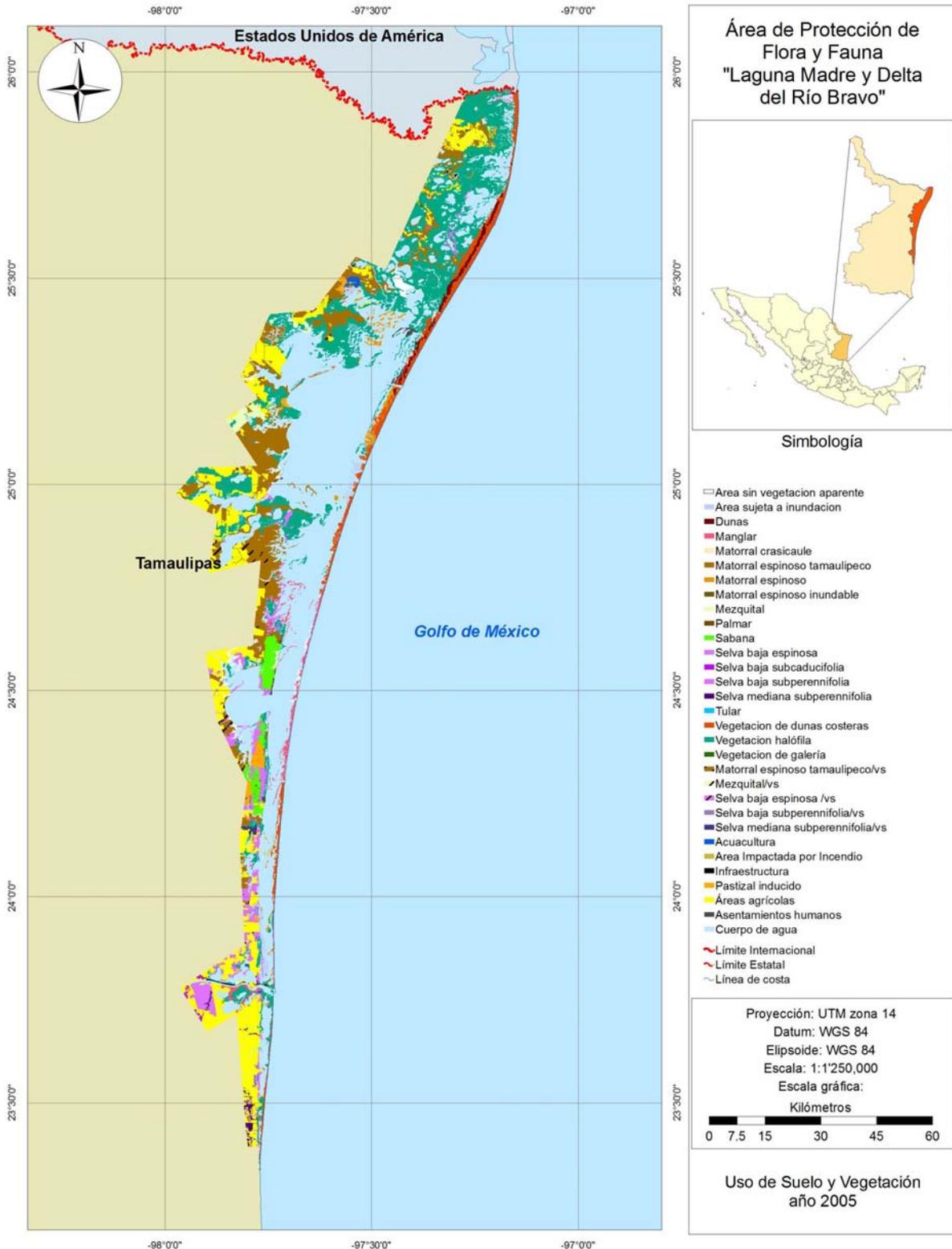


Figura 12. Uso del suelo y vegetación, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo, año 2005.

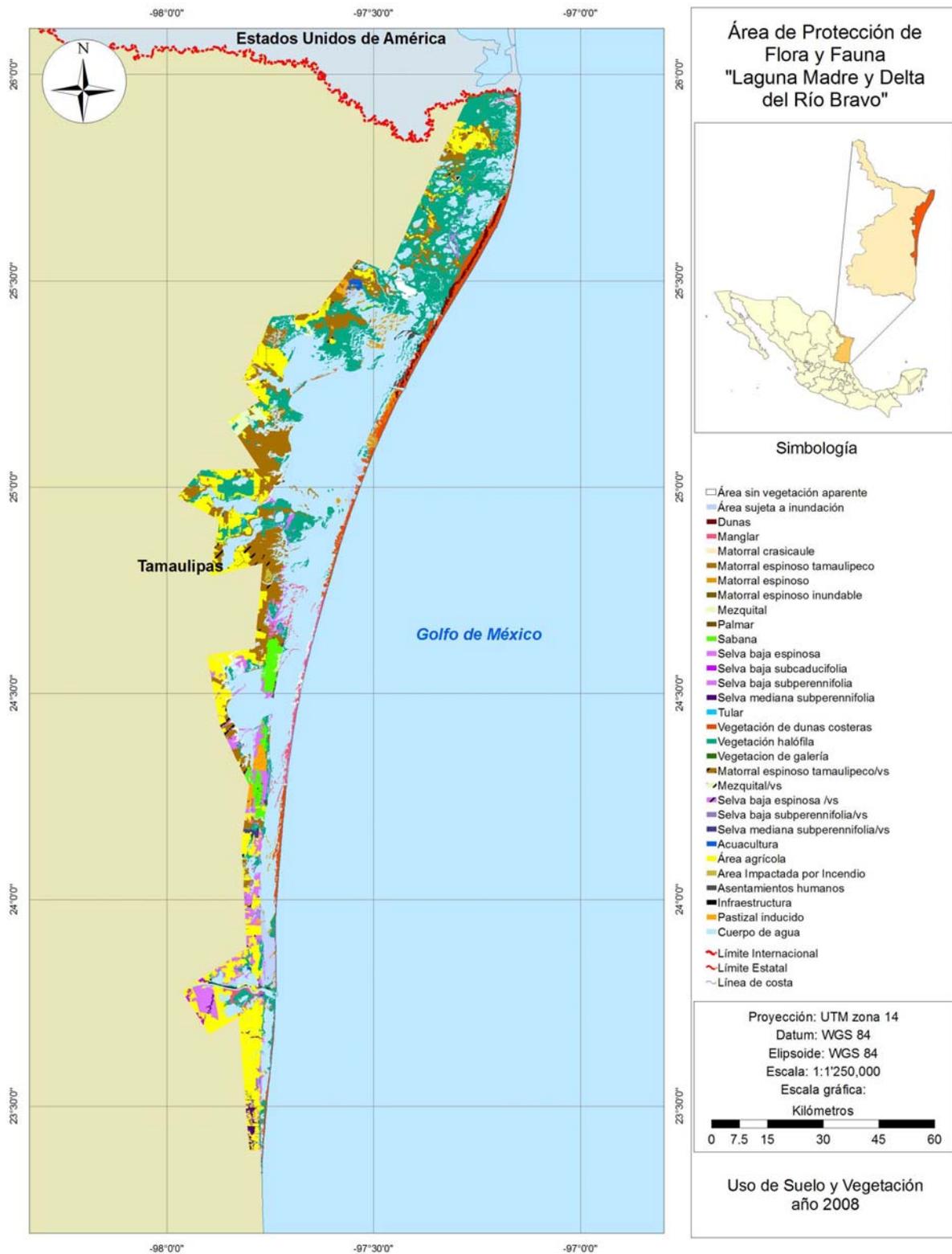


Figura 13. Uso del suelo y vegetación, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo, año 2008.

Fue calculada la superficie por tipo de uso del suelo y vegetación para el área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo para cada año, los resultados se presentan en la Tabla 3. La superficie se agrupa en dos clases Forestal y No Forestal. En el primer grupo la superficie va de 261,194 hectáreas en el año 2000 a 248,562 hectáreas en el año 2008; cifras que corresponden al 45.76% y 43.54% respectivamente. Mientras que el grupo No Forestal la superficie va de 68,965 hectáreas en el año 2000 a 75,332 hectáreas en el año 2008; cifras que corresponden al 12.08% y 13.20% respectivamente. El área cuenta con una gran cantidad de cuerpos de agua, los datos indican una superficie aproximada de 250,000 hectáreas que corresponden alrededor del 43%, y que esta puede variar dependiendo del nivel del agua dentro de la laguna.

Dentro del grupo Forestal el tipo de vegetación dominante es la halófila, 105,126 hectáreas (18.42%) para el año 2000 y 105,023 hectáreas (18.40%) para el 2008, seguida del matorral espinoso tamaulipeco con 56,061 hectáreas (9.82%) y 54,510 hectáreas (9.55%), y de las dunas costeras con 19,129 hectáreas (3.35%) a 19,404 hectáreas (3.40%), para los mismos años, el resto de los tipos de vegetación ocupan un porcentaje menor al 2%.

En el grupo No Forestal, las actividades agrícolas ocupan la mayor superficie con 62,607 hectáreas (10.97%) a 68,119 hectáreas (11.93%), seguido del pastizal inducido con 3,126 hectáreas (0.55%) a 3,813 hectáreas (0.67%), para los mismos años. En cuanto a los asentamientos humanos ocupan el 0.31% con 1,751 hectáreas en el año 2000 y 1,763 en el 2008.

# INFORME FINAL

**Tabla 3.** Uso del suelo y vegetación, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo.

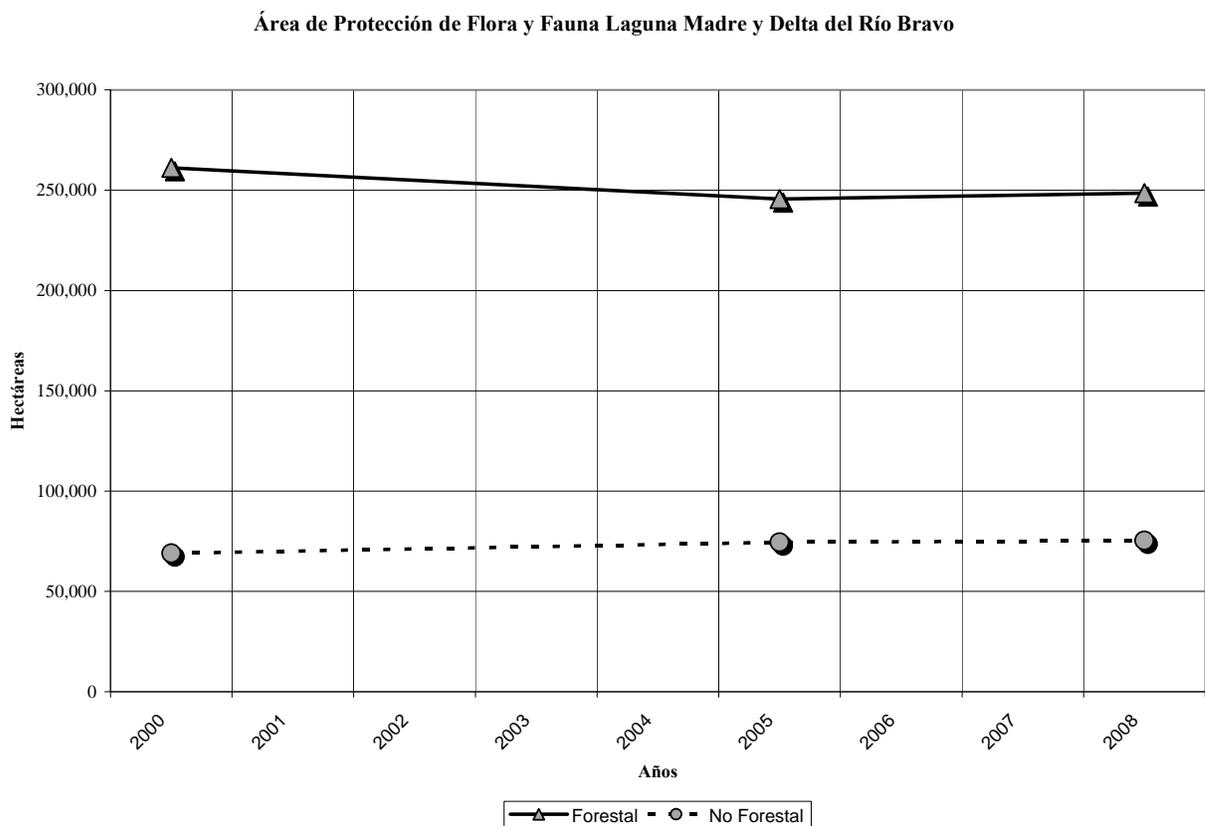
Uso del suelo y vegetación	2000		2005		2008	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
<b>FORESTAL</b>						
Área sin vegetación aparente	7,664	1.34	7,229	1.27	7,490	1.31
Área sujeta a inundación	13,647	2.39	4,515	0.79	7,175	1.26
Dunas	3,476	0.61	3,476	0.61	3,476	0.61
Manglar	6,038	1.06	6,015	1.05	6,042	1.06
Matorral crasicaule	35	0.01	35	0.01	35	0.01
Matorral espinoso tamaulipeco	56,061	9.82	55,337	9.69	54,510	9.55
Matorral espinoso	4,031	0.71	4,031	0.71	4,031	0.71
Matorral espinoso inundable	154	0.03	154	0.03	154	0.03
Mezquital	4,047	0.71	4,047	0.71	4,018	0.70
Palmar	136	0.02	136	0.02	136	0.02
Sabana	7,906	1.38	7,906	1.38	7,906	1.38
Selva baja espinosa	11,464	2.01	10,551	1.85	10,450	1.83
Selva baja subcaducifolia	655	0.11	516	0.09	516	0.09
Selva baja subperennifolia	9,729	1.70	9,300	1.63	9,266	1.62
Selva mediana subperennifolia	1,543	0.27	1,455	0.25	1,455	0.25
Tular	374	0.07	374	0.07	374	0.07
Vegetación de dunas costeras	19,129	3.35	19,115	3.35	19,404	3.40
Vegetación halófila	105,126	18.42	104,310	18.27	105,023	18.40
Vegetación de galería	47	0.01	47	0.01	47	0.01
Matorral espinoso tamaulipeco/ vs	8,148	1.43	5,566	0.98	5,569	0.98
Mezquital / vs	0	0.00	87	0.02	87	0.02
Selva baja espinosa / vs	404	0.07	397	0.07	469	0.08
Selva baja subperennifolia / vs	411	0.07	286	0.05	286	0.05
Selva mediana subperennifolia / vs	970	0.17	676	0.12	641	0.11
Subtotal	261,194	45.76	245,563	43.02	248,562	43.54
<b>NO FORESTAL</b>						
Acuacultura	815	0.14	839	0.15	882	0.15
Área impactada por incendio	405	0.07	0	0.00	457	0.08
Infraestructura	261	0.05	299	0.05	299	0.05
Pastizal inducido	3,126	0.55	3,960	0.69	3,813	0.67
Áreas agrícola	62,607	10.97	67,656	11.85	68,119	11.93
Asentamientos humanos	1,751	0.31	1,763	0.31	1,763	0.31
Subtotal	68,965	12.08	74,517	13.05	75,332	13.20
<b>OTROS</b>						
Cuerpo de agua	240,679	42.16	250,758	43.93	246,944	43.26
Subtotal	240,679	42.16	250,758	43.93	246,944	43.26
<b>TOTAL</b>	<b>570,838</b>	<b>100.00</b>	<b>570,838</b>	<b>100.00</b>	<b>570,838</b>	<b>100.00</b>

*Cobertura Forestal-No Forestal*

La superficie Forestal y No Forestal se presenta en la siguiente Tabla 4 y es graficada en la Figura 14 y 15. Se observa una disminución de la cubierta Forestal entre el año 2000 y 2005, con una ligera recuperación para el año 2008.

**Tabla 4.** Datos de superficie Forestal y No Forestal

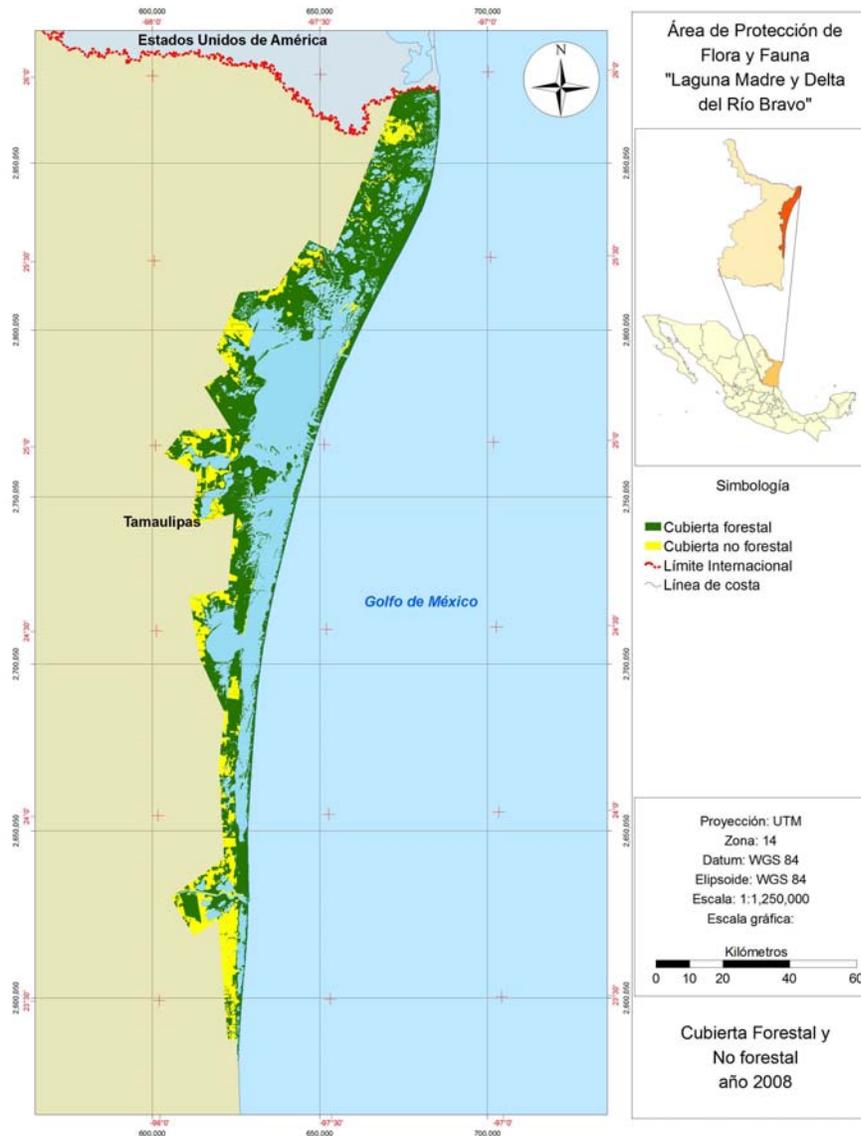
Año	Forestal	No Forestal
2000	261,194	68,965
2005	245,563	74,517
2008	248,562	75,332



**Figura 14.** Superficie Forestal y No Forestal

## INFORME FINAL

En la figura 15 se muestra la cobertura Forestal con un color verde, y No Forestal en amarillo. Los cuerpos de agua se representan en color azul. Las áreas de uso del suelo se distribuyen a lo largo del límite Oeste del área, siendo de mayor presencia en el Sur. Esta área fue decretada en el año de 2005 y entonces contaba con una superficie No Forestal de 74,517 hectáreas, lo que significa que en el momento de establecerse el decreto el 13.05% de la superficie, ya había sido transformada por actividades antrópicas.



**Figura 15.** Áreas con cobertura Forestal y No Forestal, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo, año 2008.

**Tabla 5.** Matriz de transición 2000-2008, área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo.

Laguna Madre 2000-2008	Área sin vegetación aparente	Área sujeta a inundación	Dunas	Manglar	Matorral crasicaule	Matorral espinoso tamaulipeco	Matorral espinoso	Matorral espinoso inundable	Mezquital	Palmar	Sabana	Selva baja espinosa	Selva baja subcaducifolia	Selva baja subperennifolia	Selva mediana subperennifolia	Tular	Vegetación de dunas costeras	Vegetación halófila	Vegetación de galería	Matorral espinoso tamaulipeco / vs	Mezquital / vs	Selva baja espinosa / vs	Selva baja subperennifolia / vs	Selva mediana subperennifolia / vs	Acuacultura	Área impactada por incendio	Infraestructura	Pastizal inducido	Área agrícola	Asentamientos humanos	Cuerpo de agua	Total 2000			
Área sin vegetación aparente	7,454																														210	7,664			
Área sujeta a inundación		6,574																239													31	6,803	13,647		
Dunas			3,476																														3,476		
Manglar				6,013																					23								2	6,038	
Matorral crasicaule					35																												35		
Matorral espinoso tamaulipeco						54,495														29					444		187	799				107	56,061		
Matorral espinoso							4,031																										4,031		
Matorral espinoso inundable								154																									154		
Mezquital									4,018																								4,018		
Palmar										136																								136	
Sabana											7,906																							7,906	
Selva baja espinosa												10,450										11						120	883					11,464	
Selva baja subcaducifolia													516																				516		
Selva baja subperennifolia														9,266																			9,266		
Selva mediana subperennifolia															1,455																		1,455		
Tular																374																	374		
Vegetación de dunas costeras																	19,115																19,115		
Vegetación halófila																																			
Vegetación de galería																																	47		
Matorral espinoso tamaulipeco / vs																				5,045														5,045	
Mezquital / vs																					0													0	
Selva baja espinosa / vs																						386												386	
Selva baja subperennifolia / vs																							286											286	
Selva mediana subperennifolia / vs																								641										641	
Acuacultura																									815									815	
Área impactada por incendio																																		405	
Infraestructura																																		261	
Pastizal inducido																																		311	
Área agrícola																																		49	
Asentamientos humanos																																			91
Cuerpo de agua	37	601	3,476	29	35	16	4,031	154	4,018	136	7,906	10,450	516	9,266	1,455	374	289	328																87	
Total 2008	7,490	7,175	3,476	6,042	35	54,510	4,031	154	4,018	136	7,906	10,450	516	9,266	1,455	374	19,404	105,023	47	5,569	87	469	286	641	882	457	299	3,813	68,119	1,763	246,944	570,838			

INFORME FINAL

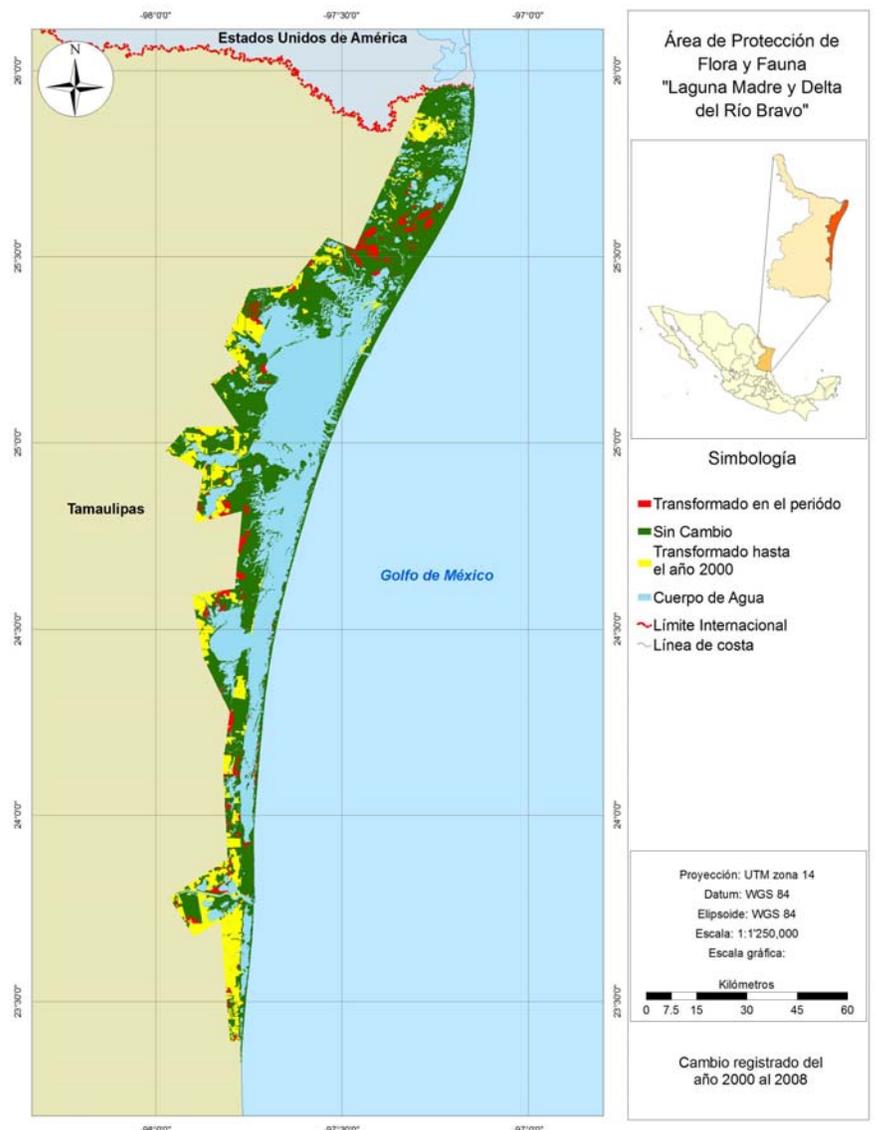
*Matriz de transición.*

**Tabla 6.** Tipos de vegetación afectados, área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo.

Laguna Madre 2000-2008	Acuacultura	Área impactada por incendio	Infraestructura	Pastizal inducido	Áreas agrícola	Asentamientos humanos	Cuerpo de agua
Área sin vegetación aparente							-174
Área sujeta a inundación					-31		-6,202
Dunas							
Manglar	-23						28
Matorral crasicaule							
Matorral espinoso tamaulipeco		-444		-187	-799		-91
Matorral espinoso							
Matorral espinoso inundable							
Mezquital					-30		
Palmar							
Sabana							
Selva baja espinosa				-120	-883		
Selva baja subcaducifolia					-139		
Selva baja subperennifolia					-463		
Selva Mediana Subperennifolia					-88		
Tular							
Vegetación de dunas costeras			-14				289
Vegetación halófila		-13	-25	311	-504		-111
Vegetación de galería							
Matorral espinoso tamaulipeco / vs		405		-691	-2,321		
Mezquital / vs					87		
Selva baja espinosa / vs					54		
Selva baja subperennifolia / vs					-124		
Selva mediana subperennifolia / vs					-317	-12	
<b>Subtotal</b>	<b>-23</b>	<b>-52</b>	<b>-38</b>	<b>-687</b>	<b>-5,559</b>	<b>-12</b>	<b>-6,261</b>
<b>Hectáreas de cambio en el periodo</b>	<b>-12,633</b>						
<b>Hectáreas por año</b>	<b>-1,579</b>						

En el periodo 2000-2008, se transformaron 12,633 hectáreas, lo que representa un cambio anual de 1,579 hectáreas. Se presentan cambios importantes debido a las variaciones en el nivel del agua, esto se ve reflejado en la dinámica entre los cuerpos de agua y las zonas sujetas a inundación. Las actividades agrícolas impactan en distintas cubiertas Forestales, en la que mayores cambios se presentan es el matorral espinoso tamaulipeco con vegetación secundaria, así como el matorral espinoso tamaulipeco. Otros de los tipos de vegetación que se ven afectados por las actividades agrícolas son las selvas, siendo la selva baja espinosa es la que presenta el mayor impacto.

Los incendios son eventos que pueden tener un fuerte impacto sobre los diferentes tipos de vegetación. En esta ocasión, se presentan en área con matorral espinoso tamaulipeco, y vegetación halófila. En la figura 16 se pueden observar las áreas de cambio. Las áreas en color rojo corresponde a aquellas donde se ha presentado un proceso de transformación. En la porción Norte, existen cambios producidos por las diferencias en el nivel del agua, mientras que la áreas ubicadas en la porción Oeste son generados por diferentes actividades humanas, mismas que se encuentran aledañas a aquellas áreas que ya presentan una transformación.



**Figura 16.** Áreas de cambio 2000-2008, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo.

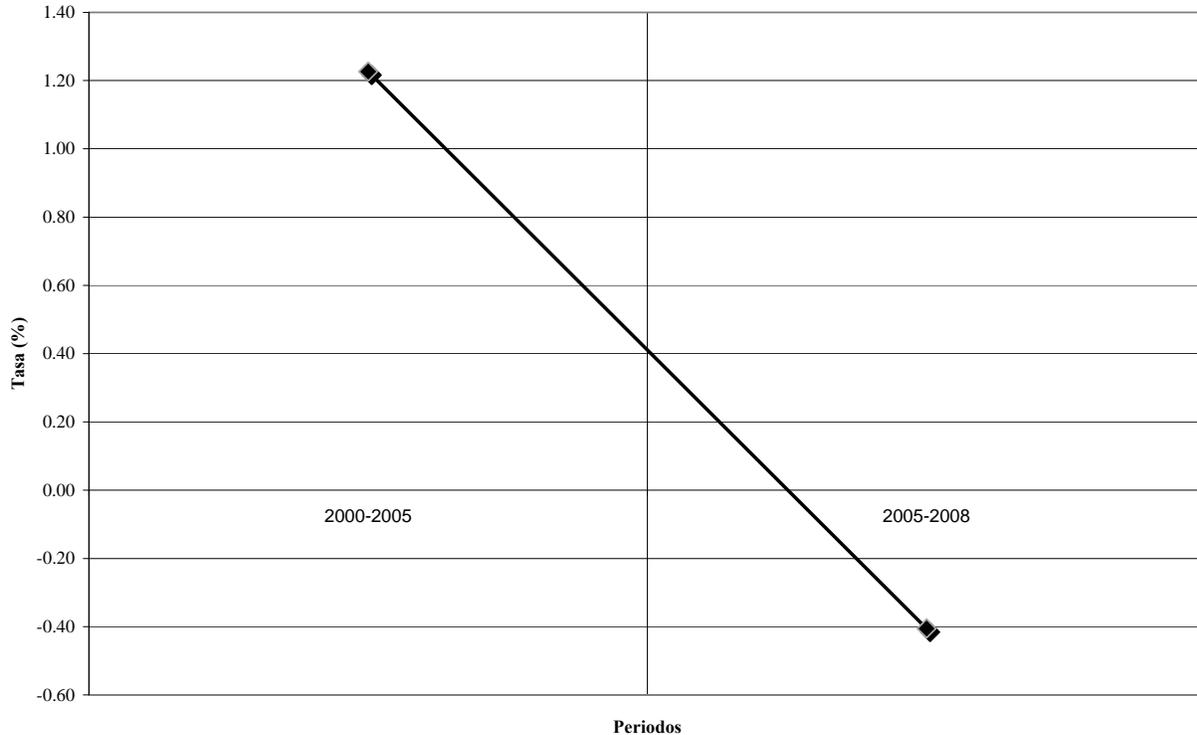
*Tasa de transformación*

En el periodo 2000-2008 se existe una tasa de transformación de 0.62%. Entre el 2000-2005 se presentan las mayores transformaciones, esto es debido en parte por las variaciones en los niveles de agua, lo que hace que se refleje un cambio positivo para el siguiente periodo 2005-2008.

**Tabla 7.** Tasa de transformación del hábitat, APFyF Laguna Madre y Delta del Río Bravo.

Período	s1	s2	Cambio (HA)	Año	Tasa de cambio	(%) Tasa de cambio anual
2000-2005	261,194	245,563	15,631	5	0.01227	1.23
2005-2008	245,563	248,562	-2,999	3	-0.00405	-0.41
<b>2000-2008</b>	<b>261,194</b>	<b>248,562</b>	<b>12,633</b>	<b>8</b>	<b>0.00618</b>	<b>0.62</b>

**Tasa de transformación del área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo**



**Figura 17.** Tasa de transformación del hábitat.

## Propuesta de área Sierra Madre Oriental.

### Imágenes

Para el análisis del uso del suelo y vegetación de la propuesta de área Sierra Madre Oriental se utilizaron 3 imágenes del sensor Landsat ETM+, mismas que solo se emplearon para obtener los productos del presente proyecto y que se encuentran bajo resguardo de la CONANP. Las imágenes fueron obtenidas a través de la CONANP y pertenecen al acervo de imágenes de la SEMARNAT. El Path/Row corresponde al 26/45, 27/44 y 27/45, tomadas el 18 de octubre del 2000, el 19 de diciembre del 2000 y el 26 de noviembre del 2001 respectivamente, las imágenes contienen 6 bandas de tipo multiespectral con una resolución de 30 metros de píxel y una banda de tipo pancromático con 15 metros por píxel de resolución (Tabla 8).

**Tabla 8.** Imágenes Landsat, propuesta de área Sierra Madre Oriental.

Sensor	Path	Row	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
LANDSAT ETM+	26	45	18/10/2000	30	6	Multiespectral	Ortorectificada
				15	1	Pancromática	Ortorectificada
	27	44	09/12/2000	30	6	Multiespectral	Ortorectificada
				15	1	Pancromática	Ortorectificada
	27	45	26/11/2001	30	6	Multiespectral	Ortorectificada
				15	1	Pancromática	Ortorectificada

También fueron utilizadas 15 imágenes del sensor SPOT 5 obtenidas a través de la CONANP por la Estación de Recepción México de la constelación SPOT (ERMEXS), mismas que solo se emplearon para obtener los productos del presente proyecto y que se encuentran bajo resguardo de la CONANP. Las imágenes corresponden a los K/J como se indican en la Tabla 9 de fechas abril del 2005, así como enero, febrero y marzo del 2009; todas las imágenes tienen una resolución de 10 metros en el tipo multiespectral con 4 bandas.

**Tabla 9.** Imágenes SPOT, propuesta de área Sierra Madre Oriental.

Sensor	K	J	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
Spot	585	305	07/04/2005	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	586	305	03/04/2005	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	586	306	03/04/2005	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	586	307	03/04/2005	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	587	305	02/04/2005	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	587	306	02/04/2005	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	587	307	02/04/2005	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	585	304	20/01/2009	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	585	305	04/01/2009	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	585	306	04/01/2009	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	585	307	04/01/2009	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	586	305	25/02/2009	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	586	306	23/03/2009	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	586	307	25/02/2009	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	588	307	24/03/2009	10	4	Multiespectral	Ortorectificada

Para la verificación de las clases de uso de suelo y vegetación de la propuesta de área Sierra Madre Oriental se utilizaron principalmente los puntos del levantamiento de campo del Inventario Nacional Forestal (CONAFOR, 2009).

Estos constituyen una buena herramienta ya que se encuentran más de 100 puntos de verificación distribuidos en todo el polígono del área propuesta (Figura18). Los puntos contiene la información de los tipos de uso del suelo y vegetación según la clasificación del INEGI, lo que permite una buena separación de las diferentes clases.

Otra herramienta importante en la clasificación de los tipos de uso del suelo y vegetación para esta zona fue el empleo de Google Earth, ya que pueden identificarse mejor las fronteras entre las diferentes categorías.

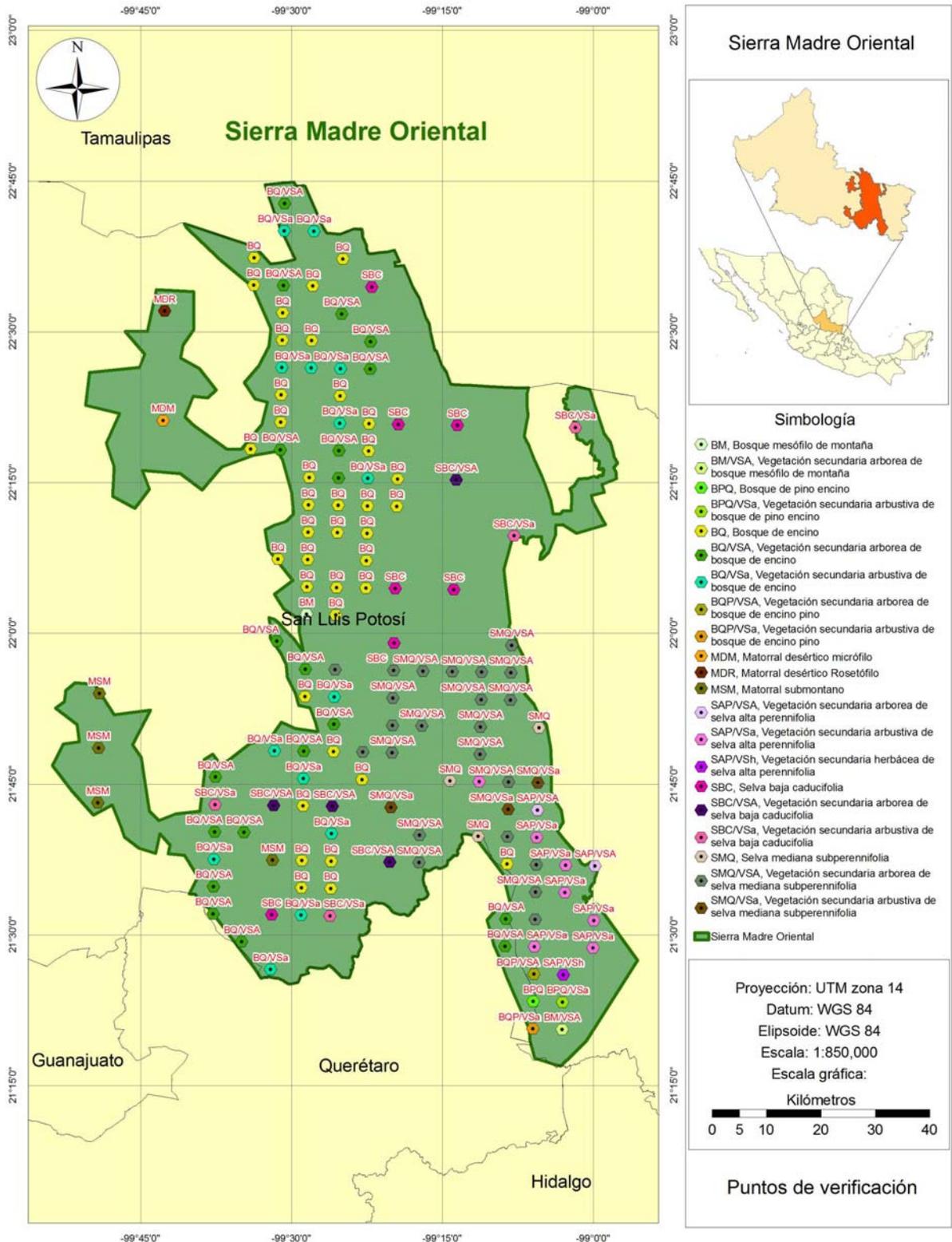


Figura 18. Puntos de levantamiento de campo del Inventario Nacional Forestal.

## INFORME FINAL

### *Leyenda*

La leyenda de trabajo obtenida para la propuesta de área Sierra Madre Oriental, cuenta con 28 categorías entre la cubierta Forestal y usos del suelo:

1. Área sin Vegetación Aparente
2. Área Impactada por Incendio
3. Área Agrícola
4. Asentamientos Humanos
5. Bosque de Encino
6. Bosque de Encino con vegetación secundaria
7. Bosque de Pino-Encino
8. Bosque de Pino-Encino con vegetación secundaria
9. Bosque de Encino-Pino con vegetación secundaria
10. Bosque Mesófilo de Montaña
11. Bosque Mesófilo de Montaña con vegetación secundaria
12. Bosque Bajo Abierto
13. Cuerpo de Agua
14. Infraestructura
15. Selva Alta Perennifolia
16. Selva Alta Perennifolia con vegetación secundaria
17. Selva Baja Caducifolia
18. Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria
19. Selva Mediana Subperennifolia
20. Selva Mediana Subperennifolia con vegetación secundaria
21. Matorral Crasicaule
22. Matorral Desértico Micrófilo
23. Matorral Desértico Rosetófilo
24. Matorral Submontano
25. Matorral Submontano con vegetación secundaria
26. Mezquital
27. Tular
28. Pastizal Inducido

### *Uso del suelo y vegetación*

Como resultado de la clasificación de las imágenes de satélite y la interpretación interdependiente, se generaron 3 capas que corresponde a los años 2000 (usv\_SMO-00.shp), 2005 (usv\_SMO-05.shp) y 2009 (usv\_SMO-09.shp). La información se encuentra en formato SHP, con una proyección UTM y un Datum de referencia WGS84. A continuación se presentan los mapas de uso de suelo y vegetación por año para el área propuesta Sierra Madre Oriental (Figura 19, 20 y 21).

Esta área se encuentra en la porción Este del estado de San Luis Potosí, sus límites abarcan de Norte a Sur desde el estado de Querétaro al estado de Tamaulipas. Limita al Sur con la reserva de la biosfera Sierra Gorda y la reserva Forestal “Porción Boscosa del Estado de San Luis Potosí” y al Noreste con la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, por lo que se considera como un corredor de áreas protegidas.

El área esta compuesta por tres grandes zonas, los bosques de pino-encino-pino en la porción central que se distribuyen de Norte a Sur. Hacia la parte Este la vertiente del Golfo de México se desarrollan las selvas debido principalmente por la influencia de la humedad proveniente del Golfo. Las selvas al igual que los bosques se distribuyen de Norte a Sur, en el Norte las selvas bajas caducifolias, mientras que al Sur las selvas medianas subperennifolias hasta llegar a las selvas altas perennifolias.

Hacia el Oeste, carentes de la humedad del Golfo se distribuyen los matorrales, el desértico micrófilo y rosetófilo en la porción Norte, y el matorral submontano hacia la porción Sur.

La actividades humanas como la agricultura aparecen en forma lineal de Norte a Sur entre los valles intermontanos, que se encuentran entre los diferentes tipos de vegetación, aunque son mas abundantes entre los diferentes tipos de selvas.

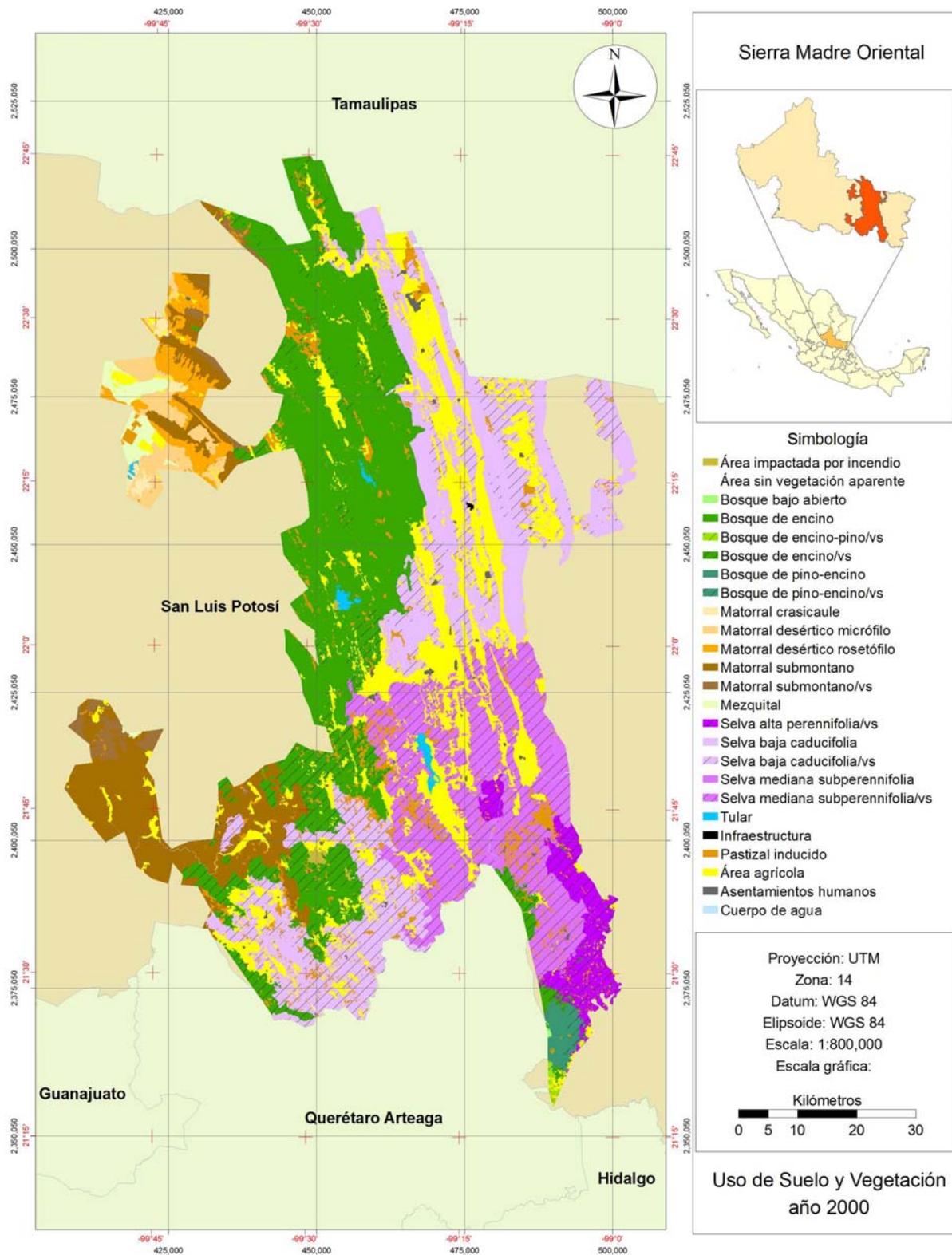


Figura 19. Uso del suelo y vegetación, propuesta de área Sierra Madre Oriental, año 2000.

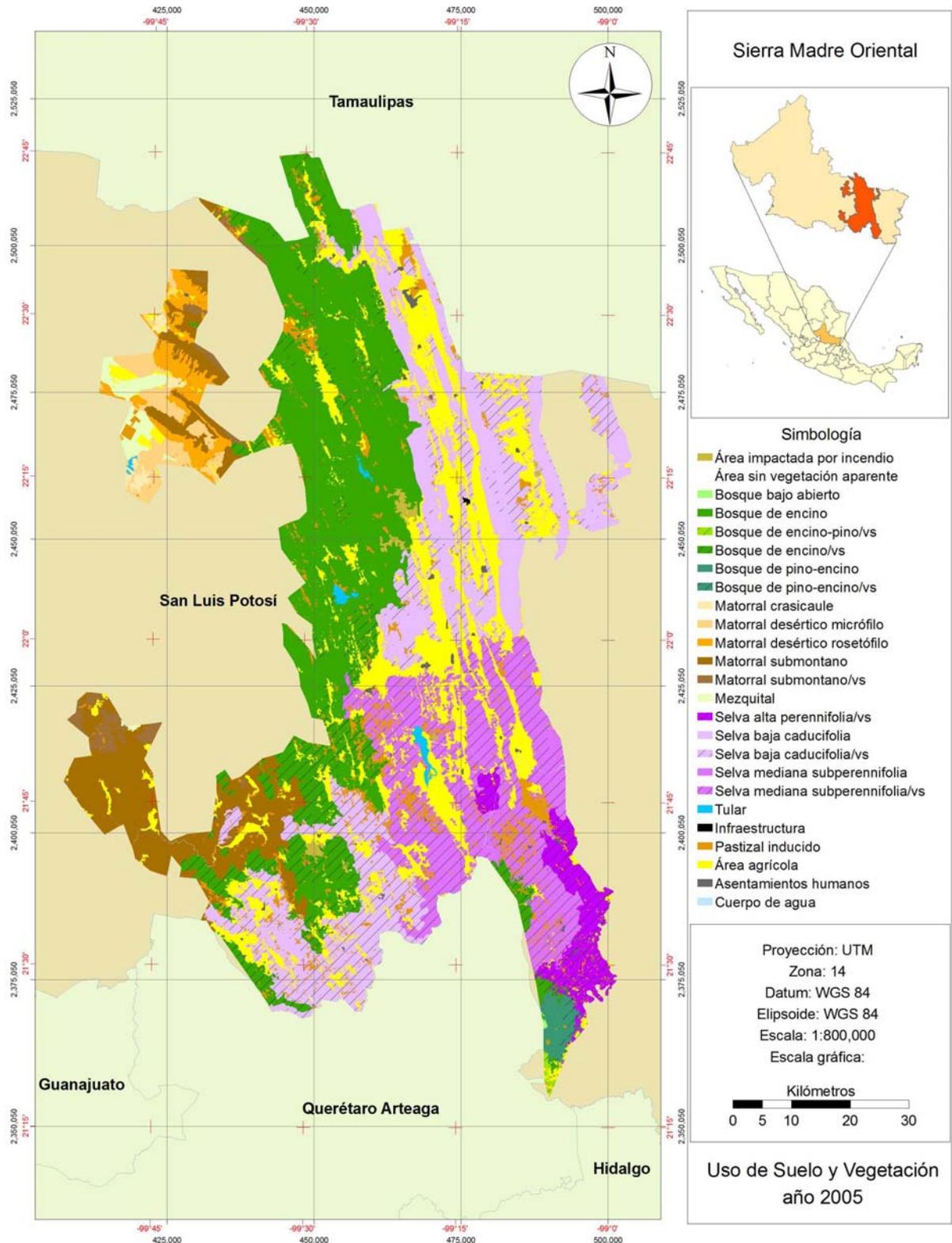


Figura 20. Uso del suelo y vegetación, propuesta de área Sierra Madre Oriental, año 2005.

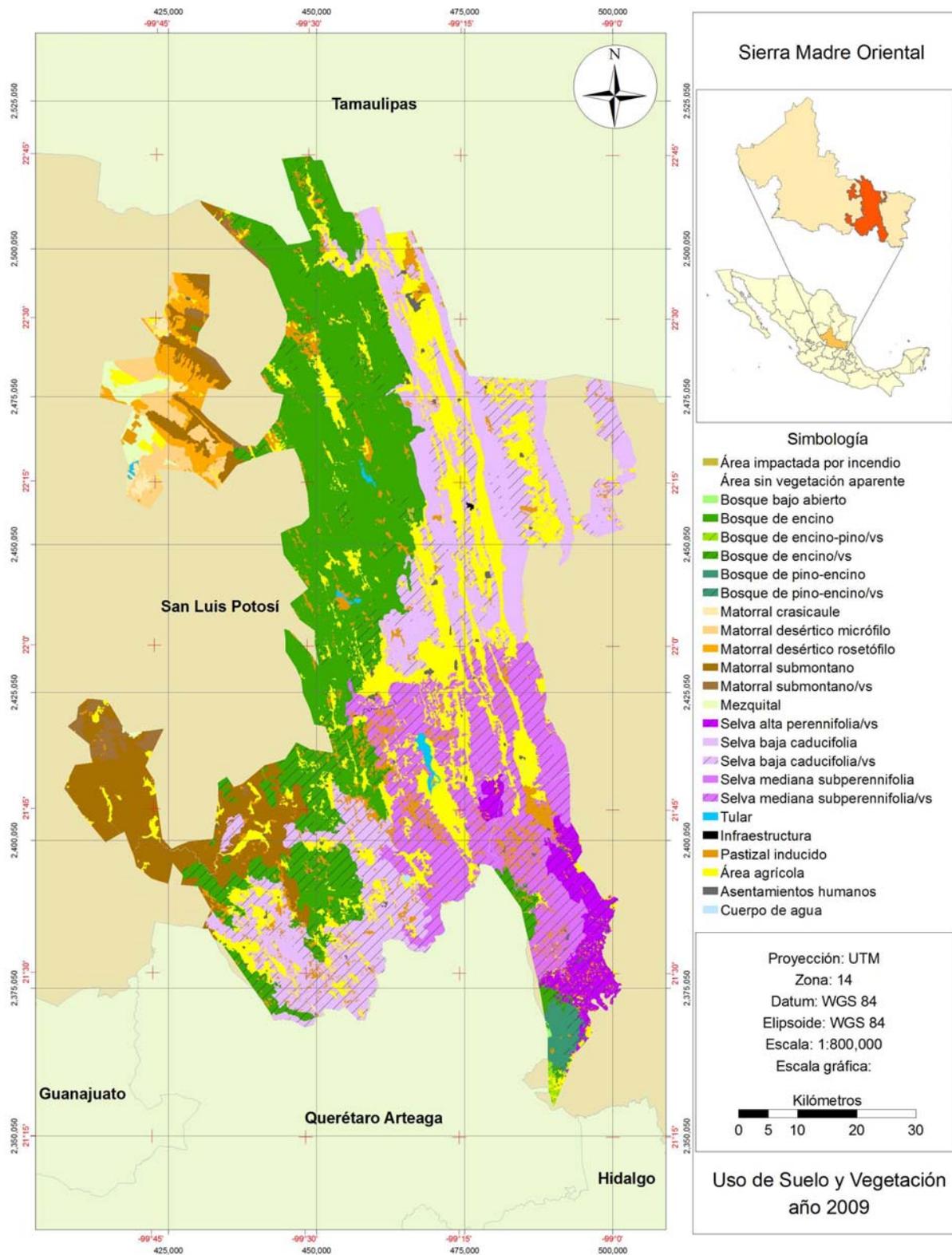


Figura 21. Uso del suelo y vegetación, propuesta de área Sierra Madre Oriental, año 2009.

Fue calculada la superficie por tipo de uso del suelo y vegetación para el área propuesta Sierra Madre Oriental para cada año, los resultados se presentan en la Tabla 10. La superficie se agrupa en dos clases Forestal y No Forestal. En el primer grupo la superficie va de 543,599 hectáreas en el año 2000 a 535,319 hectáreas en el año 2009; cifras que corresponden al 79.61% al 78.40% respectivamente. Mientras que el grupo No Forestal la superficie va de 138,728 hectáreas en el año 2000 a 146,774 hectáreas en el año 2009; cifras que corresponden al 20.32% al 21.50% respectivamente. Los cuerpos de agua están poco representados con solo 479 hectáreas.

Dentro del grupo Forestal el tipo de vegetación dominante son los bosques de encino 130,569 hectáreas (19.12%) para el año 2000 y 128,109 hectáreas (18.76%) para el año 2009, seguidos del bosque de encino con vegetación secundaria con 54,839 hectáreas (8.03%) y 56,062 hectáreas (8.21%); en conjunto ocupan un porcentaje de 27.15% en el año 2000, y 26.97% en el 2009.

El otro tipo de vegetación dominante son las selvas, la baja caducifolia es la mas abundante, 64,259 hectáreas (9.41%) para el año 2000 y 63,810 hectáreas (9.35%) para el 2009, seguido de la selva baja caducifolia con vegetación secundaria, 80,170 hectáreas (11.74%) para el año 2000 y 78,494 hectáreas (11.50%) para el 2009; en conjunto ocupan un porcentaje de 21.15% en el año 2000 y 20.85% en el 2009.

De los matorrales desérticos el mayor representado es el submontano, 54,684 hectáreas (8.01%) para el año 2000 y 54,579 hectáreas (7.99%) para el 2009, seguido del matorral submontano con vegetación secundaria, 8,063 hectáreas (1.18%) para el año 2000 y 7,947 hectáreas (1.16%) para el 2009; en conjunto ocupan el 9.19% para el 2000 y 9.15% en el 2009.

En el grupo No Forestal, las actividades agrícolas ocupan la mayor superficie con 107,552 hectáreas (15.75%) a 112,343 hectáreas (16.45%), seguido del pastizal inducido con 26,992 hectáreas (3.95%) a 31,075 hectáreas (4.55%). En cuanto a los asentamientos humanos ocupan el 0.40% con 2,733 hectáreas para el año 2000 y 2,738 en el año 2009.

**Tabla 10.** Uso del suelo y vegetación, área propuesta Sierra Madre Oriental.

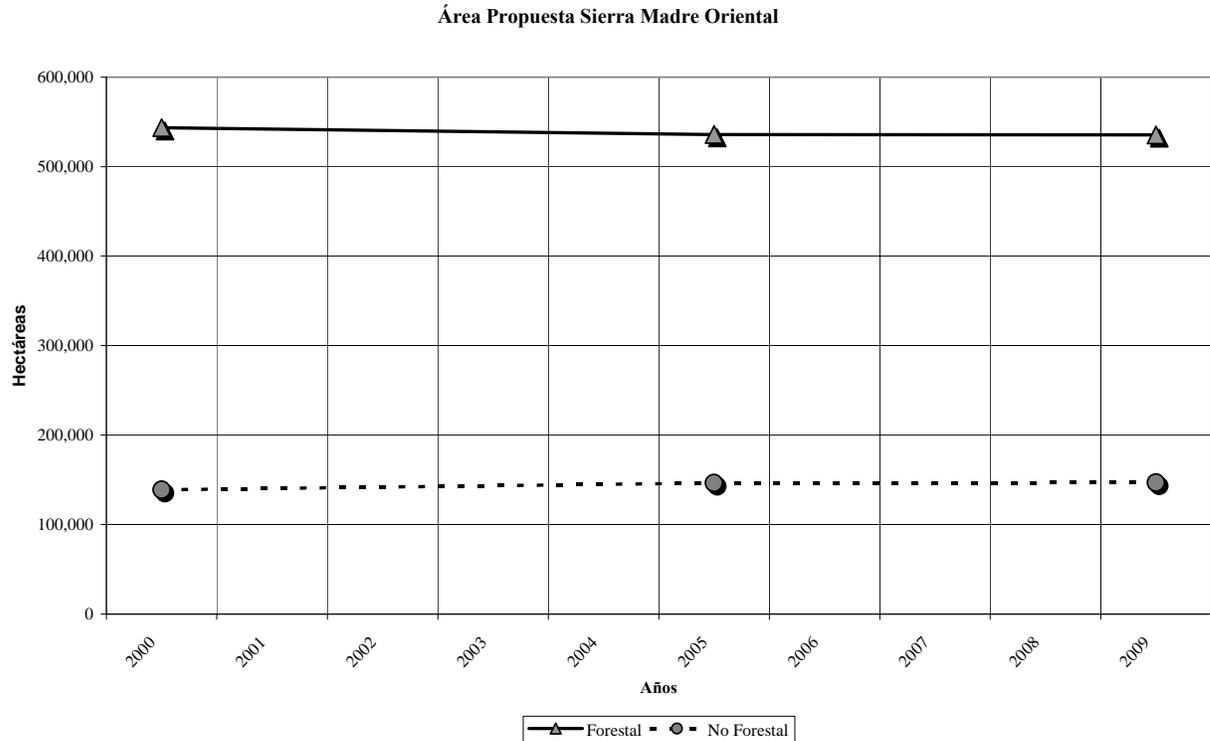
Uso de Suelo y Vegetación	2000		2005		2009	
	HA	%	HA	%	HA	%
<i>FORESTAL</i>						
Área sin vegetación aparente	40	0.01	40	0.01	40	0.01
Bosque bajo abierto	92	0.01	92	0.01	92	0.01
Bosque de encino	130,569	19.12	128,536	18.82	128,109	18.76
Bosque de pino-encino	3,664	0.54	3,664	0.54	3,664	0.54
Matorral crasicaule	2,351	0.34	2,343	0.34	2,323	0.34
Matorral desertico micrófilo	12,101	1.77	12,082	1.77	12,082	1.77
Matorral desertico rosetófilo	12,975	1.90	12,975	1.90	12,969	1.90
Matorral submontano	54,684	8.01	54,596	8.00	54,579	7.99
Mezquital	6,005	0.88	5,879	0.86	5,820	0.85
Selva baja caducifolia	64,259	9.41	64,002	9.37	63,810	9.35
Selva mediana subperennifolia	1,285	0.19	1,285	0.19	1,285	0.19
Tular	2,424	0.36	2,232	0.33	1,839	0.27
Bosque de encino / vs	54,839	8.03	54,260	7.95	56,062	8.21
Bosque de encino-pino / vs	557	0.08	545	0.08	561	0.08
Bosque de pino-encino / vs	1,523	0.22	1,523	0.22	1,524	0.22
Matorral submontano / vs	8,063	1.18	7,951	1.16	7,947	1.16
Selva alta perennifolia / vs	20,551	3.01	20,472	3.00	20,098	2.94
Selva baja caducifolia / vs	80,170	11.74	78,699	11.53	78,494	11.50
Selva mediana subperennifolia / vs	87,445	12.81	84,793	12.42	84,022	12.31
Subtotal	543,599	79.61	535,968	78.50	535,319	78.40
<i>NO FORESTAL</i>						
Área agrícola	107,552	15.75	110,794	16.23	112,343	16.45
Área impactada por incendio	1,345	0.20	3,393	0.50	456	0.07
Asentamientos humanos	2,733	0.40	2,738	0.40	2,738	0.40
Infraestructura	105	0.02	105	0.02	162	0.02
Pastizal inducido	26,992	3.95	29,330	4.30	31,075	4.55
Subtotal	138,728	20.32	146,360	21.44	146,774	21.50
<i>OTROS</i>						
Cuerpo de agua	479	0.07	477	0.07	712	0.10
Subtotal	479	0.07	477	0.07	712	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>682,805</b>	<b>100.00</b>	<b>682,805</b>	<b>100.00</b>	<b>682,805</b>	<b>100</b>

*Cobertura Forestal-No Forestal*

La superficie Forestal y No Forestal se presenta en las siguiente Tabla 11 y es representada en la Figura 22 y 23. Se observa una disminución de la cubierta Forestal entre el año 2000 y 2005, misma que continúa con menor intensidad para el año 2009.

**Tabla 11.** Datos de superficie Forestal y No Forestal

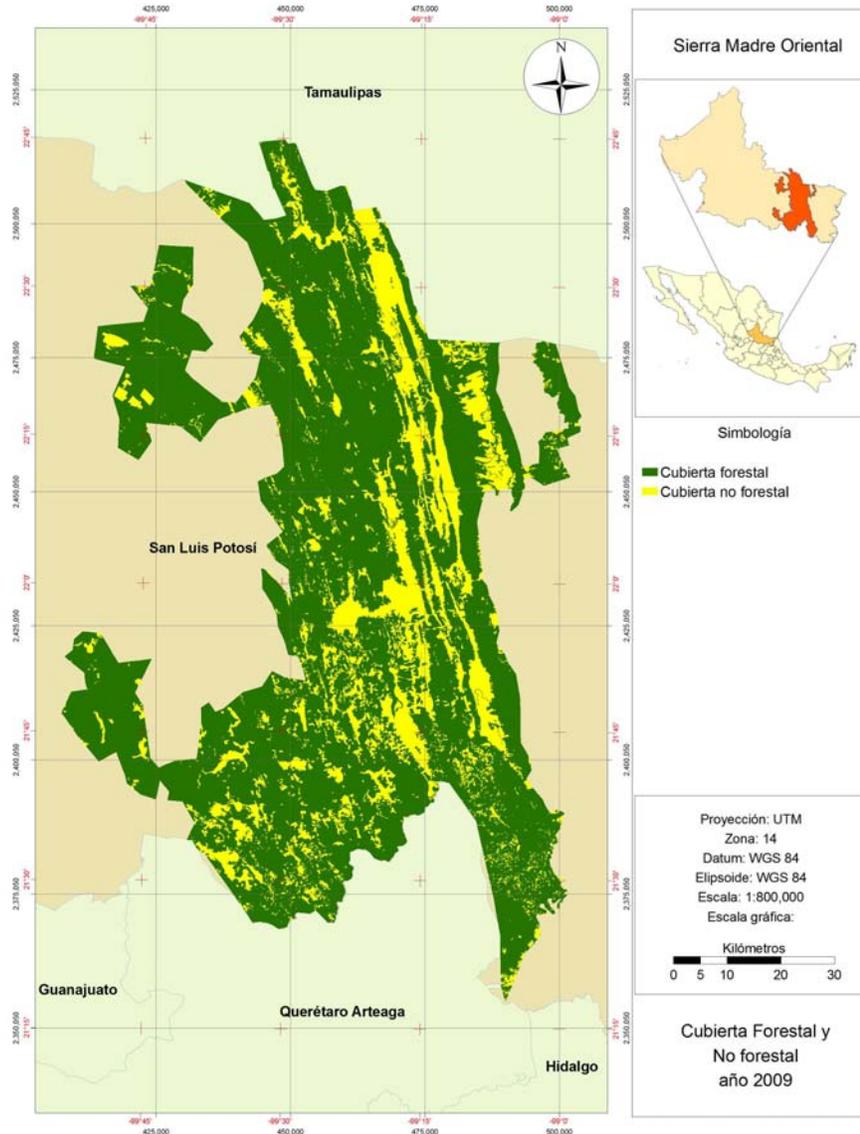
Año	Forestal	No Forestal
2000	543,599	138,728
2005	535,968	146,360
2009	535,319	146,774



**Figura 22.** Superficie Forestal y No Forestal

# INFORME FINAL

En la figura 23 se muestra la cobertura Forestal con un color verde, y No Forestal el amarillo. Las zonas No Forestales se encuentran distribuidas en toda el área, en el año 2009 esta área cuenta con una superficie No Forestal de 146,774 hectáreas, lo que representa el 21.50% de la superficie total del área.



**Figura 23.** Áreas con cobertura Forestal y No Forestal, área propuesta Sierra Madre Oriental, año 2009.

**Tabla12.** Matriz de transición 2000-2009, área propuesta Sierra Madre Oriental

Sierra Madre Oriental 2000-2009	Área sin Vegetación Aparente	Bosque Bajo Abierto	Bosque de Encino	Bosque de Pino-Encino	Matorral Crasicaule	Matorral Desértico Micrófilo	Matorral Desértico Rosetófilo	Matorral Submontano	Mezquital	Selva Baja Caducifolia	Selva Mediana Subperennifolia	Tular	Bosque de Encino/vs	Bosque de Encino-Pino/vs	Bosque de Pino-Encino/vs	Matorral Submontano/vs	Selva Alta Perennifolia/vs	Selva Baja Caducifolia/vs	Selva Mediana Subperennifolia/vs	Área Agrícola	Área Impactada por Incendio	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal Inducido	Cuerpo de Agua	Total 2000	
Área sin Vegetación Aparente	40																									40	
Bosque Bajo Abierto		92																									92
Bosque de Encino			128,109										1,485							244	193			538		130,569	
Bosque de Pino-Encino				3,664																			1			3,664	
Matorral Crasicaule					2,323															19				9		2,351	
Matorral Desértico Micrófilo						12,082														18				1		12,101	
Matorral Desértico Rosetófilo							12,969													4				2		12,975	
Matorral Submontano								54,579								50				45				10		54,684	
Mezquital									5,820											151				34		6,005	
Selva Baja Caducifolia										63,810									29	296		5		119		64,259	
Selva Mediana Subperennifolia											1,285															1,285	
Tular												1,831												71	522	2,424	
Bosque de Encino/vs													53,214							873	132			620		54,839	
Bosque de Encino-Pino/vs														539						17				1		557	
Bosque de Pino-Encino/vs															1,521					2						1,523	
Matorral Submontano/vs																7,861				30				172		8,063	
Selva Alta Perennifolia/vs																	19,830			265				456		20,551	
Selva Baja Caducifolia/vs																		76,989		1,948				1,233		80,170	
Selva Mediana Subperennifolia/vs																	2	82,579	1,858	29		54	2,924			87,445	
Área Agrícola													128	0	3	11	95	503	262	####	3			31	219	107,552	
Área Impactada por Incendio												8	899			17		79	87	40	1			213		1,345	
Asentamientos Humanos																						2,733				2,733	
Infraestructura																							105			105	
Pastizal Inducido													336	22		8	171	894	1,094	233	28		3	24,188	14	26,992	
Cuerpo de Agua																		0							479	479	
Total 2009	40	92	128,109	3,664	2,323	12,082	12,969	54,579	5,820	63,810	1,285	1,839	56,062	561	1,524	7,947	20,098	78,494	84,022	112,343	456	2,738	162	31,075	712	682,805	

## INFORME FINAL

### *Matriz de transición.*

La matriz de transición muestra una intensa actividad a la deforestación con un ligero proceso de revegetación, principalmente de aquellas áreas con actividad agrícola lo que muestra un proceso itinerante, en donde éstas áreas son abandonadas temporalmente, lo que permite un crecimiento de vegetación secundaria.

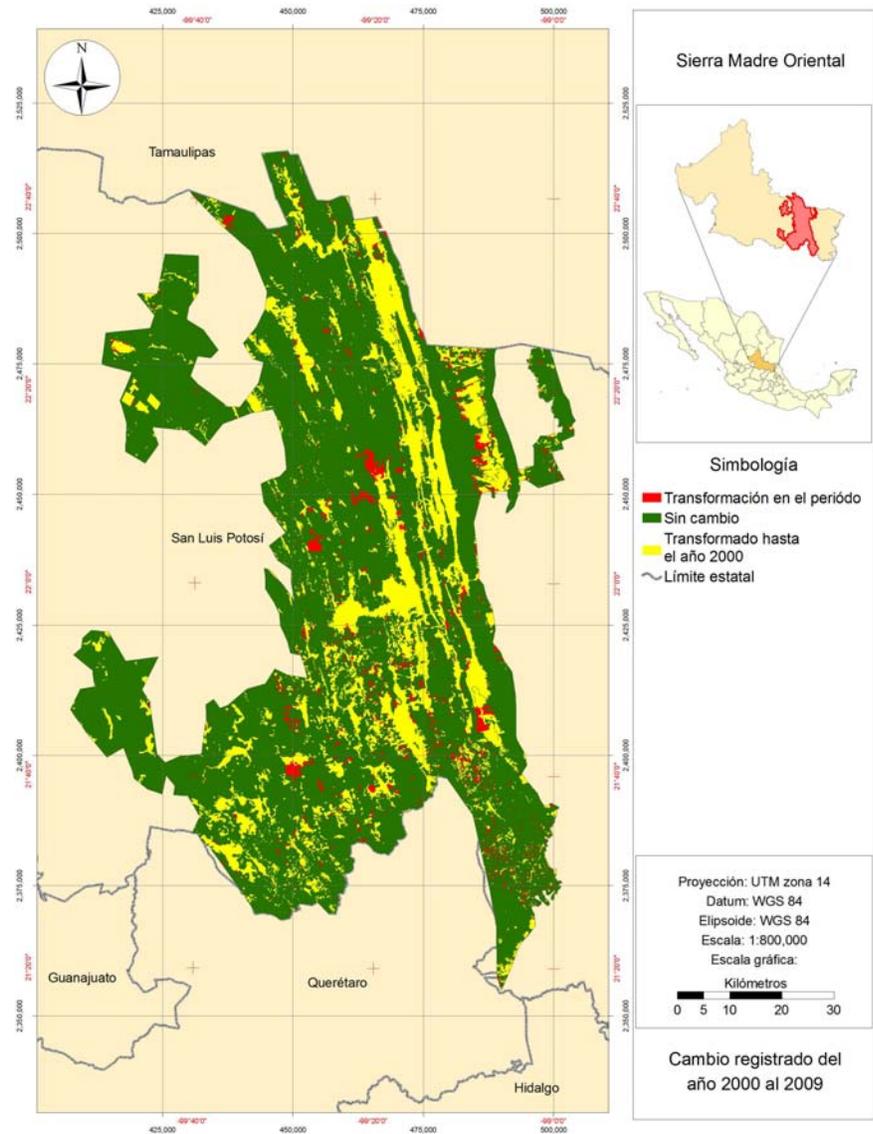
**Tabla 13.** Tipos de vegetación afectados, área propuesta Sierra Madre Oriental.

Sierra Madre Oriental 2000-2009	Área Agrícola	Área Impactada por Incendio	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal Inducido
Bosque de Encino	-244	-193			-538
Bosque de Pino-Encino					-1
Matorral Crasicaule	-19				-9
Matorral Desertico Micrófilo	-18				-1
Matorral Desertico Rosetófilo	-4				-2
Matorral Submontano	-45				-10
Mezquital	-151				-34
Selva Baja Caducifolia	-296		-5		-119
Tular		-63			-522
Bosque de Encino/vs	-745	767			-284
Bosque de Encino-Pino/vs	-17				22
Bosque de Pino-Encino/vs	1				
Matorral Submontano/vs	-20	17			-163
Selva Alta Perennifolia/vs	-170				-284
Selva Baja Caducifolia/vs	-1,444	79			-339
Selva Mediana Subperennifolia/vs	-1,596	58		-54	-1,830
<b>Subtotal</b>	<b>-4,770</b>	<b>665</b>	<b>-5</b>	<b>-54</b>	<b>-4,116</b>
<b>Hectáreas de cambio en el periodo</b>	<b>-8,280</b>				
<b>Hectáreas por año</b>	<b>-920</b>				

En el periodo 2000-2009 se presentó una transformación de 8,280 hectáreas que representa un cambio de 920 Ha/año. La agricultura y la ganadería son dos actividades que impactan a los diferentes tipos de vegetación presentes en la zona. La primera tiene un impacto sobre diferentes tipos de vegetación pero tiene una mayor intensidad sobre la selva mediana subperennifolia y la selva baja caducifolia, ambas con vegetación secundaria. Mientras que la conversión a zonas de pastizales se refleja mayormente sobre áreas de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria.

Los incendios impactan a diferentes tipos de vegetación, principalmente a los bosques de encino. La presencia de los incendios puede estar asociada a las actividades de agricultura itinerante rosa-tumba-quema.

En la figura 24 se pueden observar las áreas de cambio, muchas de ellas son muy pequeñas y corresponden a las actividades de agricultura itinerante.



**Figura 24.** Áreas de cambio 2000-2009, área propuesta Sierra Madre Oriental.

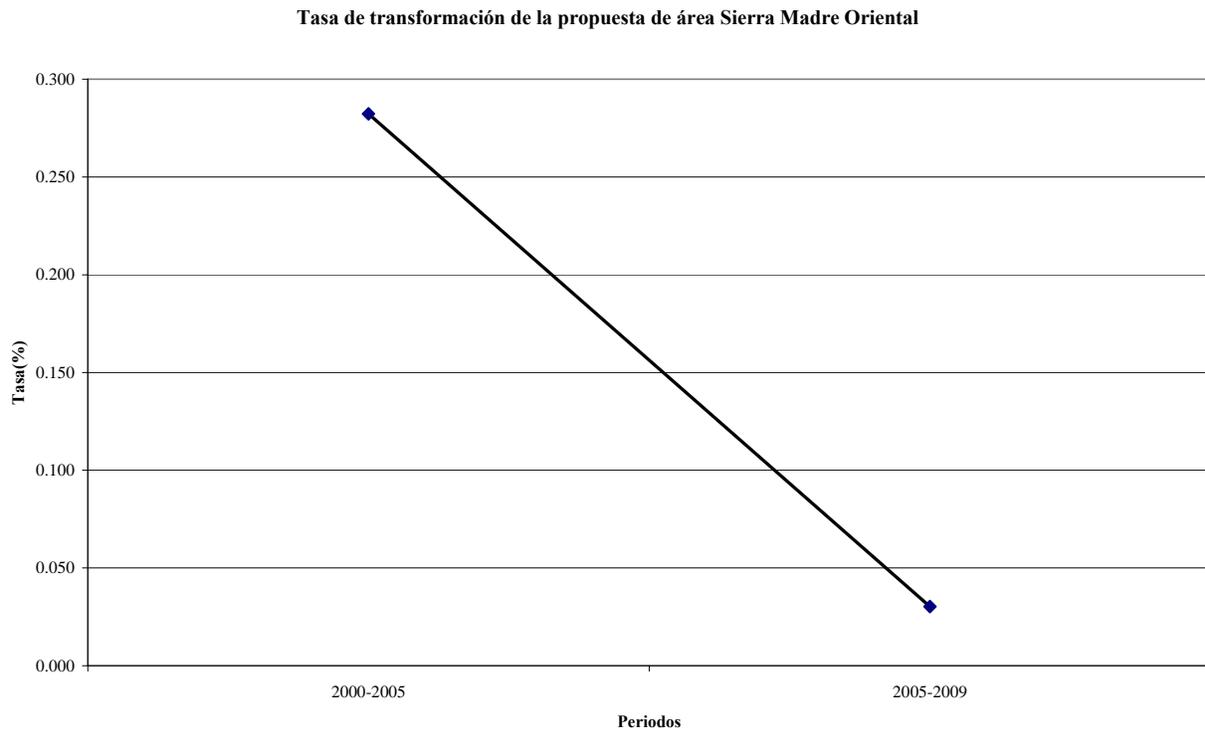
# INFORME FINAL

## Tasa de transformación

La tasa de transformación fue de 0.170%; en el primer periodo 2000-2005 se presenta una tasa de transformación de 0.282%, mientras que en el segundo periodo la tasa baja a 0.030% (Figura 25).

**Tabla 14.** Tasa de transformación del hábitat, área propuesta Sierra Madre Oriental.

Período	s1	s2	Cambio (HA)	Año	Tasa de cambio	(%) Tasa de Cambio anual
2000-2005	543,599	535,968	-7,630	5	0.002823189	0.282
2005-2009	535,968	535,319	-649	4	0.000302859	0.030
2000-2009	543,599	535,319	-8,279	9	0.001703828	0.170



**Figura 25.** Tasa de transformación del hábitat.

## Reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.

### Imágenes

Para el análisis del uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa se utilizó 1 imágenes Landsat ETM+, misma que solo se empleó para obtener los productos del presente proyecto y que se encuentran bajo resguardo de la CONANP. La imagen fué obtenida a través de la CONANP y que pertenecen al acervo de imágenes de la SEMARNAT. El Path/Row corresponde al 26/45, tomadas el 18 de octubre del 2000, la imagen contiene 6 bandas de tipo multiespectral con una resolución de 30 metros de pixel y una banda de tipo pancromático con una resolución de 15 metros de píxel (Tabla 15).

**Tabla 15.** Imágenes Landsat para la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.

Sensor	Path	Row	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
LANDSAT ETM+	26	45	18-Oct-00	30	6	Multiespectral	Ortorectificada
				15	1	Pancromática	Ortorectificada

También fueron utilizadas 4 imágenes de satélite SPOT 5 obtenidas a través de la CONANP por la Estación de Recepción México de la constelación SPOT (ERMEXS), mismas que solo fueron empleadas para obtener los productos del presenta proyecto y que se encuentran bajo resguardo de la CONANP. Las imágenes corresponden al K/J 587/305, 587/306, 588/305 y 588/306 de fecha 02 de abril del 2005 y 03 de noviembre del 2008; las imágenes contienen 4 bandas de tipo multiespectral con una resolución de 10 metros y una banda de tipo pancromático con una resolución de 2.5 metros de pixel (Tabla 16).

**Tabla 16.** Imágenes SPOT para la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.

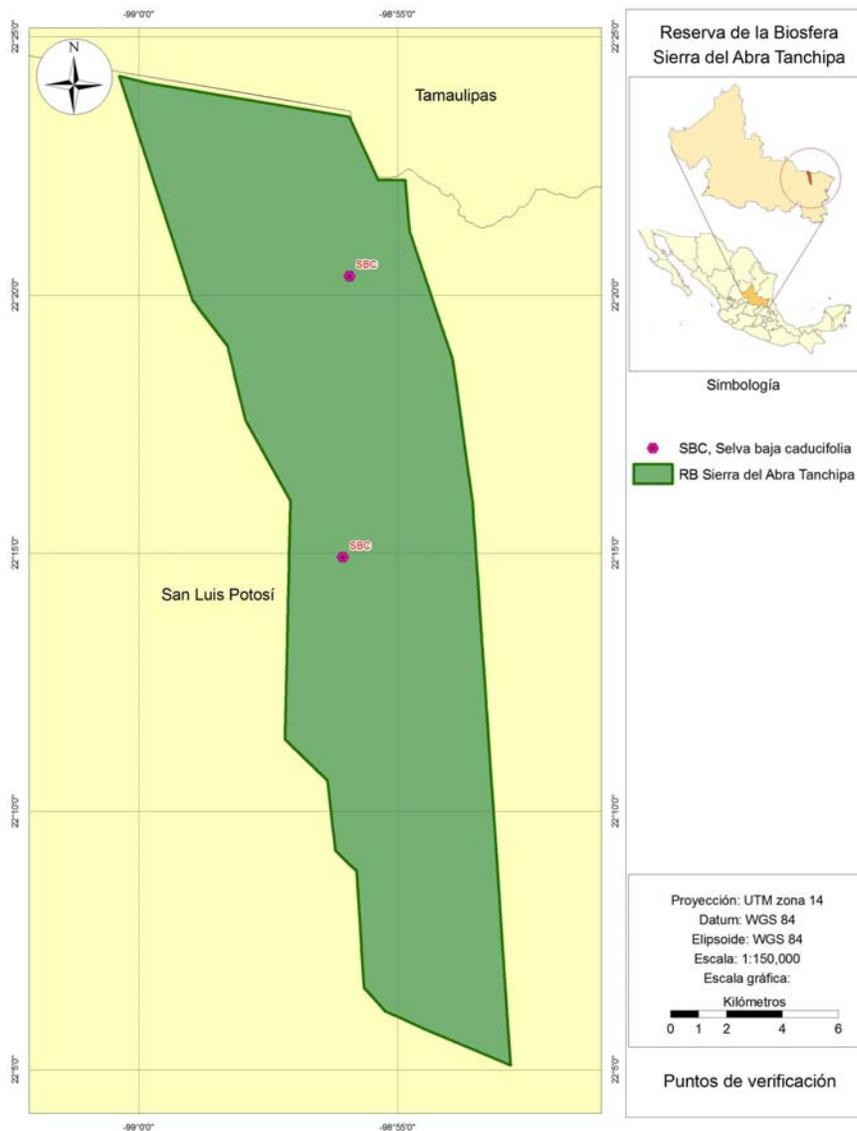
Sensor	K	J	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
SPOT 5	587	305	02-Abr-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
				2.5	1	Pancromática	Ortorectificada
	587	306	02-Abr-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
				2.5	1	Pancromática	Ortorectificada
	588	305	03-Nov-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
				588	306	03-Nov-08	10

Para la verificación de las clases de uso de suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, se utilizó la capa generada a partir de las clasificaciones automatizadas e interpretación en formato raster y vectorial del 2008. Para el recorrido se contó con el apoyo de personal del área: Alejandro Duran director y Cesar Moreno García técnico en sistemas de información geográfica de la dirección regional Noreste y Sierra Madre Oriental, así como de Don Manuel comisario ejidal y el ejidatario Don Margarito; quienes realizaron un recorrido dentro del área del 30 de octubre al 3 de noviembre del 2009.

Con el trabajo de campo se obtuvieron resultados positivos, resolviendo dudas en la clasificación de las imágenes de satélite, principalmente en el caso de selvas con vegetación secundaria, las cuales se estaban sobrestimando de acuerdo con el trabajo de gabinete y se consiguió separar clases que presentaban una confusión al momento de la clasificación digital e interpretación de los elementos.

La comunicación de los recorridos con la oficina permitió realizar los cambios en tiempo real pues se utilizaron herramientas vía internet, esto permitió hacer las modificaciones de la capa de uso del suelo y vegetación a través de verificación en campo.

Como apoyo se consideraron también los puntos del levantamiento de campo del Inventario Nacional Forestal (CONAFOR, 2009) sin embargo son pocos los puntos para el área, solo se encuentran disponibles 2 puntos y que corresponde a la selva baja caducifolia (Figura 26).



**Figura 26.** Puntos de levantamiento de campo del Inventario Nacional Forestal.

## INFORME FINAL

### *Leyenda*

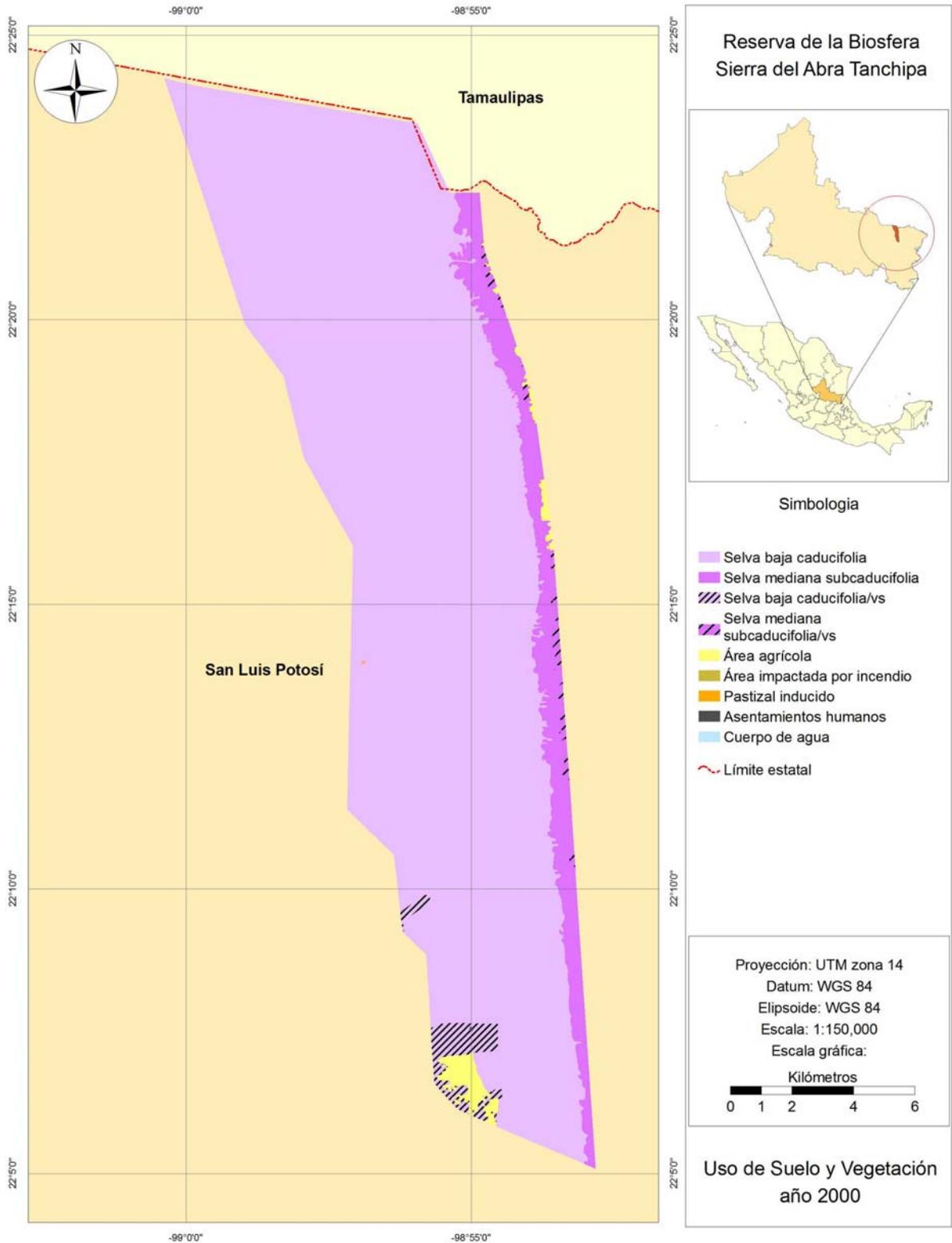
La leyenda de trabajo obtenida para la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, cuenta con 9 categorías entre cubierta Forestal y usos del suelo:

1. Selva Baja Caducifolia
2. Selva Mediana Subcaducifolia
3. Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria
4. Selva Mediana Subcaducifolia con vegetación secundaria
5. Área agrícola
6. Área impactada por incendio
7. Pastizal
8. Asentamientos humanos
9. Cuerpos de agua.

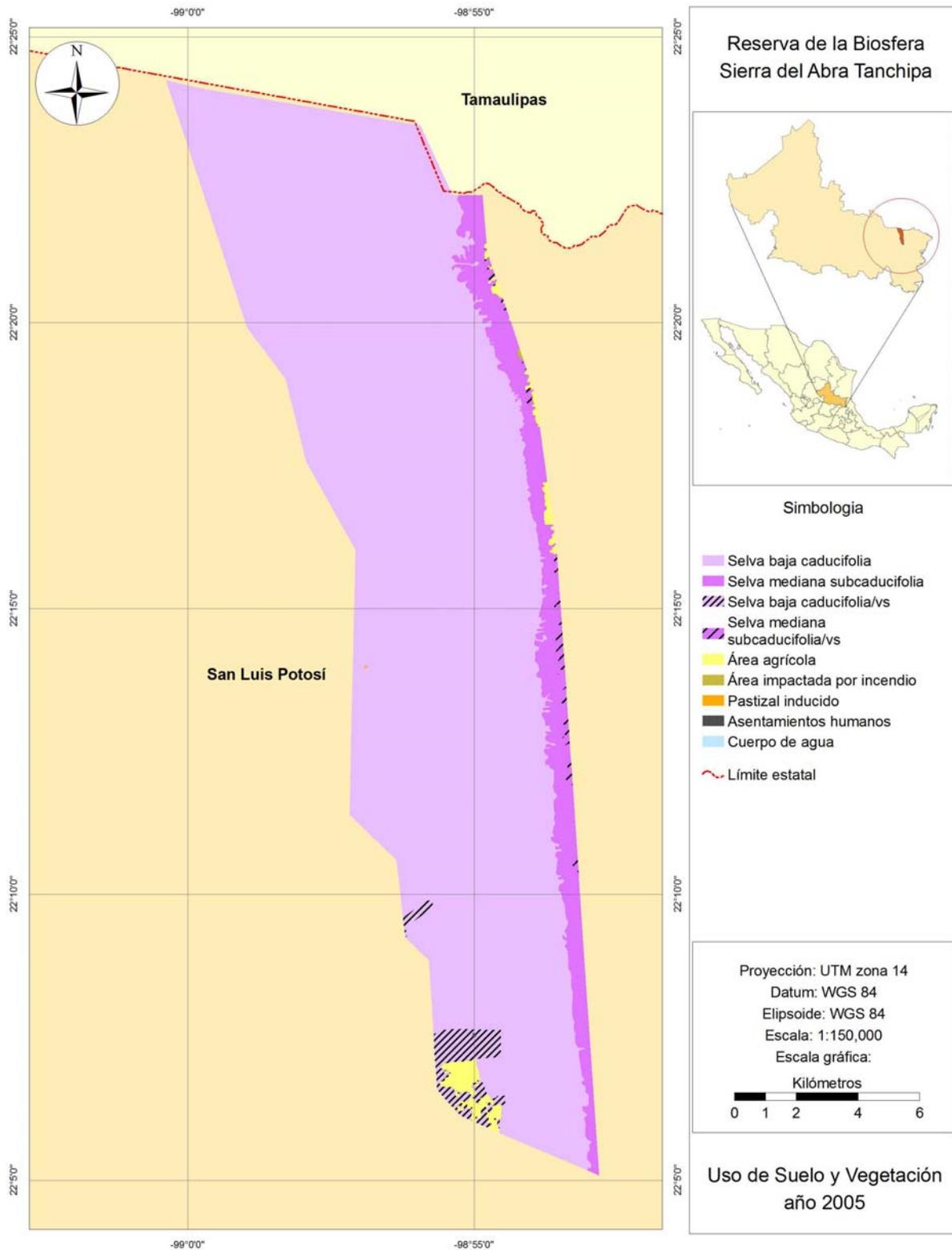
### *Uso del suelo y vegetación*

Como resultado de la clasificación de las imágenes de satélite y la interpretación interdependiente, se generaron 3 capas que corresponde a los años 2000 (usv\_ATanchipa-00.shp), 2005 (usv\_ATanchipa-05.shp) y 2008 (usv\_ATanchipa-08.shp). La información se encuentran en formato SHP, con una proyección UTM y un Datum de referencia WGS84. A continuación se presentan los mapas de uso del suelo y vegetación por año para la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa (Figura 27, 28 y 29).

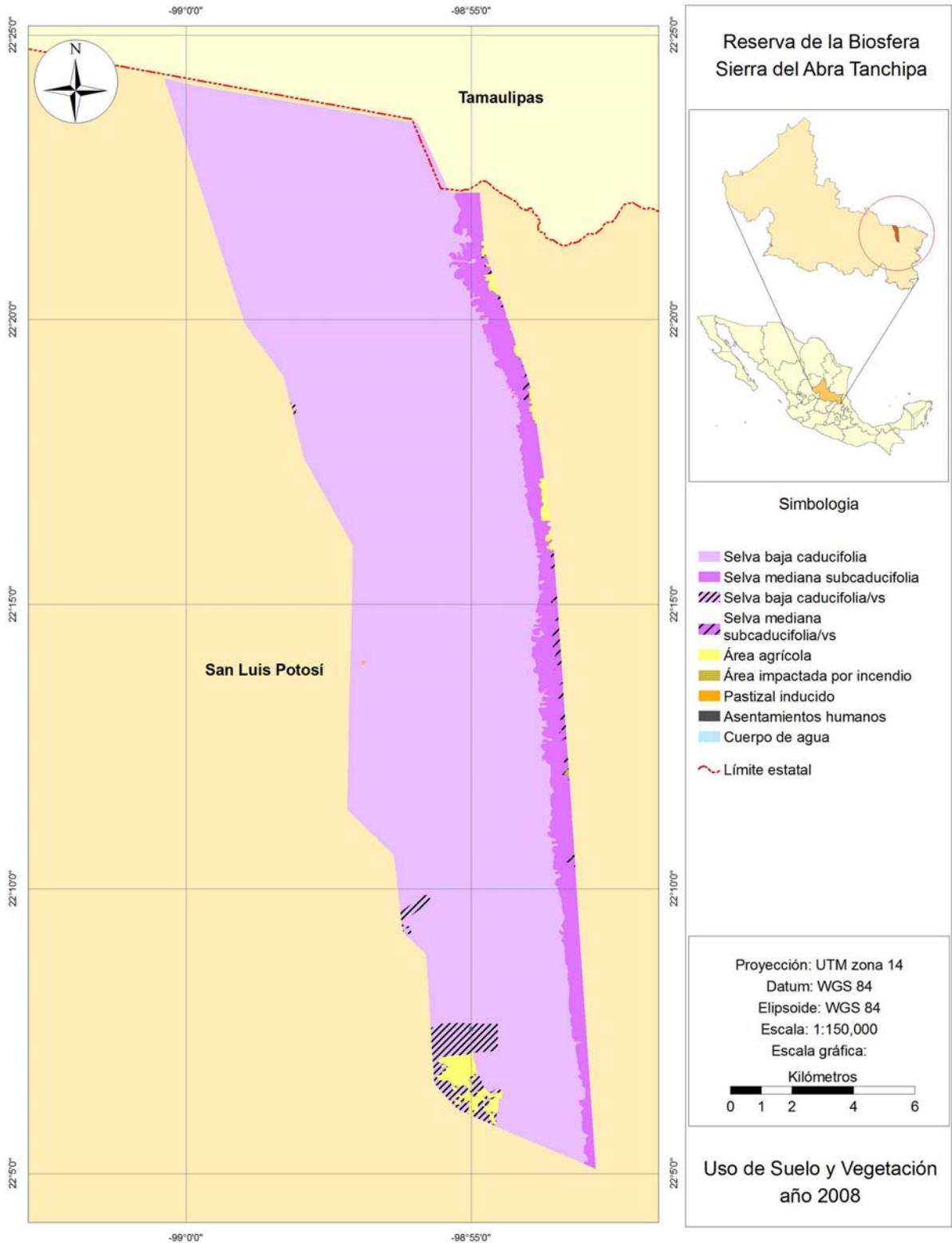
Esta área constituida en su mayoría por selva baja caducifolia, presenta también una estrecha franja hacia la porción Este de selva mediana subcaducifolia. Las áreas en donde se presentan actividades humanas se encuentran restringidas a pequeñas porciones en el borde Este de la reserva, así como en la parte Sur. Una de las características importantes de esta área es la presencia de vegetación primaria.



**Figura 27.** Uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, año 2000.



**Figura 28.** Uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, año 2005.



**Figura 29.** Uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, año 2008.

## INFORME FINAL

Fue calculada la superficie por tipo de uso del suelo y vegetación para la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa para cada año, los resultados se presentan en la Tabla 17. La superficie se agrupa en dos clases Forestal y No Forestal. En el primer grupo la superficie va de 21,227 hectáreas en el año 2000 a 21,234 hectáreas en el año 2008; cifras que corresponden al 98.88% y 98.92% respectivamente. Mientras que en el grupo No Forestal la superficie va de 240 hectáreas en el año 2000 a 233 hectáreas en el año 2008; cifras que corresponden al 1.12% y 1.08% respectivamente. Los cuerpos de agua están poco representados con una superficie menor a 1 hectárea.

Dentro del grupo Forestal el tipo de vegetación dominante es la selva baja caducifolia, con 19,112 hectáreas (89.03%) para el año 2000 y 19,106 hectáreas (89%) para el 2008. La selva baja caducifolia con vegetación secundaria ocupa 326 hectáreas (1.52%) y 355 hectáreas (1.65%), para los mismos años; en conjunto ocupan un porcentaje de 90.55% en el año 2000, y 90.65% en el 2008. En el grupo No Forestal, las actividades agrícolas ocupan la mayor superficie con 238 hectáreas (1.11%) a 228 hectáreas (1.06%), para los mismos años. En cuanto a la zona urbana ocupa apenas el 0.005% con 1 hectárea tanto para el año 2000 como para el 2008.

**Tabla 17.** Uso del suelo y vegetación para la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.

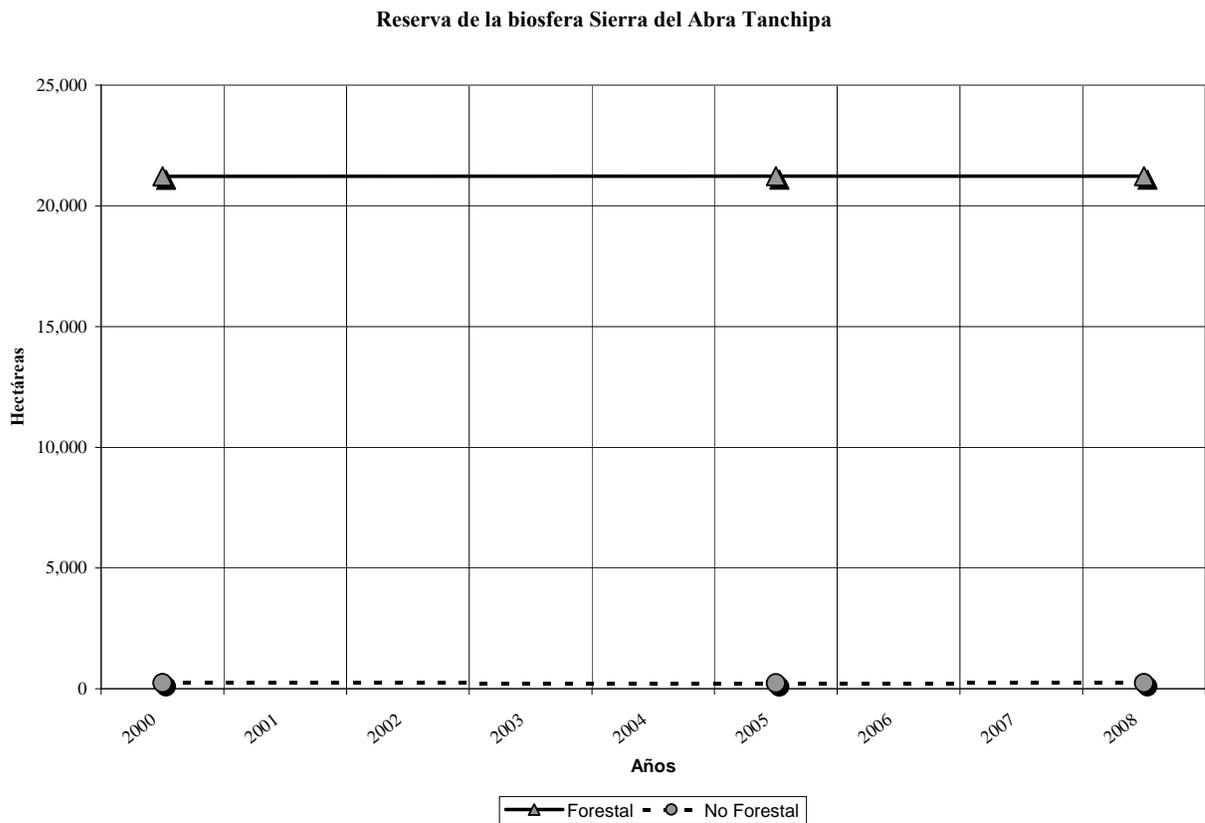
Uso de Suelo y Vegetación	2000		2005		2008	
	HA	%	HA	%	HA	%
<b>FORESTAL</b>						
Selva Baja Caducifolia	19,112	89.03	19,112	89.03	19,106	89.00
Selva Mediana Subcaducifolia	1,663	7.75	1,662	7.74	1,659	7.73
Selva Baja Caducifolia / vs	326	1.52	350	1.63	355	1.65
Selva Mediana Subcaducifolia / vs	125	0.58	113	0.53	114	0.53
<b>Subtotal</b>	<b>21,227</b>	<b>98.88</b>	<b>21,237</b>	<b>98.93</b>	<b>21,234</b>	<b>98.92</b>
<b>NO FORESTAL</b>						
Área Agrícola	238	1.11	224	1.05	228	1.06
Área Impactada por Incendio	0.0	0.00	3.4	0.02	2.8	0.01
Pastizal Inducido	0.5	0.002	0.5	0.002	0.5	0.002
Zona urbana	1	0.005	1	0.005	1	0.005
<b>Subtotal</b>	<b>240</b>	<b>1.12</b>	<b>229</b>	<b>1.07</b>	<b>233</b>	<b>1.08</b>
<b>OTROS</b>						
Cuerpo de agua	0.3	0.001	0.3	0.001	0.001	0.005
<b>Subtotal</b>	<b>0.3</b>	<b>0.001</b>	<b>0.3</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.005</b>
<b>TOTAL</b>	<b>21,467</b>	<b>100.00</b>	<b>21,467</b>	<b>100.00</b>	<b>21,466</b>	<b>100.00</b>

*Cobertura Forestal-No Forestal*

La superficie Forestal y No Forestal se presenta en las siguiente Tabla 18 y es representada en la Figura 30. Se presenta muy poca variación a lo largo de los años, lo que indica que la reserva de la biosfera se ha mantenido sin grandes cambios entre el periodo 2000-2008.

**Tabla 18.** Datos de superficie Forestal y No Forestal

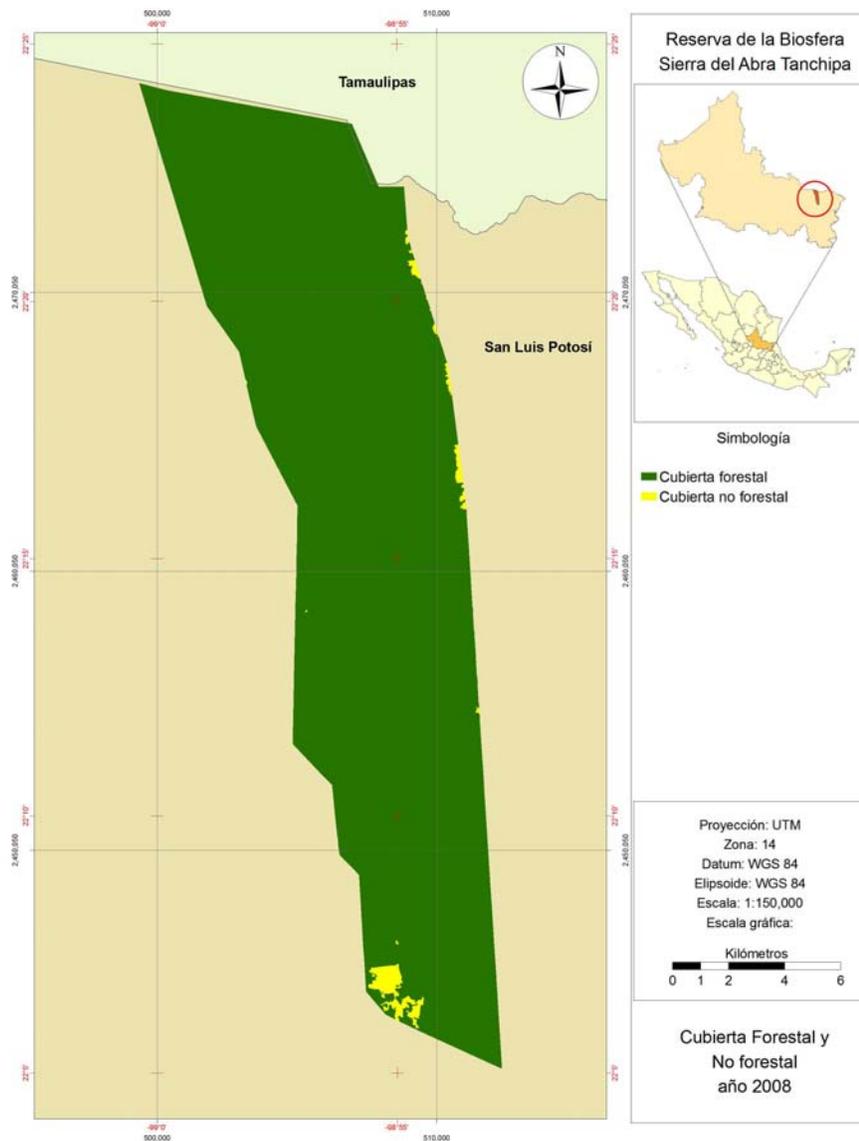
Año	Forestal	No Forestal
2000	21,227	240
2005	21,237	229
2008	21,234	233



**Figura30.** Superficie Forestal y No Forestal

## INFORME FINAL

En la figura 31 se muestra la cobertura Forestal con un color verde, y No Forestal en amarillo. Las áreas No Forestales se encuentran distribuidas principalmente a lo largo del límite Este de la reserva, y con una mayor intensidad hacia la porción sur. Esta área fue decretada en el año de 1994, para el año 2000 la reserva contaba con una superficie No Forestal de 240 hectáreas, lo que significa que posterior del establecimiento del decreto, el área contaba con el 1.12% de la superficie transformada por actividades antrópicas.



**Figura 31.** Áreas con cobertura Forestal y No Forestal, reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.

**Tabla 19.** Matriz de transición 2000-2008 para la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.

Sierra de Abra Tanchipa 2000-2008	Selva baja caducifolia	Selva mediana subcaducifolia	Selva baja caducifolia / vs	Selva mediana subcaducifolia / vs	Área agrícola	Área impactada por incendio	Pastizal inducido	Asentamientos humanos	Cuerpo de agua	Total 2000
Selva baja caducifolia	19,106		6			0.42				19,112
Selva mediana subcaducifolia		1,659		2	2	0.12				1,663
Selva baja caducifolia / vs			320		6					326
Selva mediana subcaducifolia / vs				107	16	2.23				125
Área agrícola			29	5	204	0.01				238
Área impactada por incendio						0				0
Pastizal inducido							0.46			0.46
Asentamientos humanos								1		1
Cuerpo de agua									0	0
Total 2008	19,106	1,659	355	114	228	3	0	1	0	21,467

## INFORME FINAL

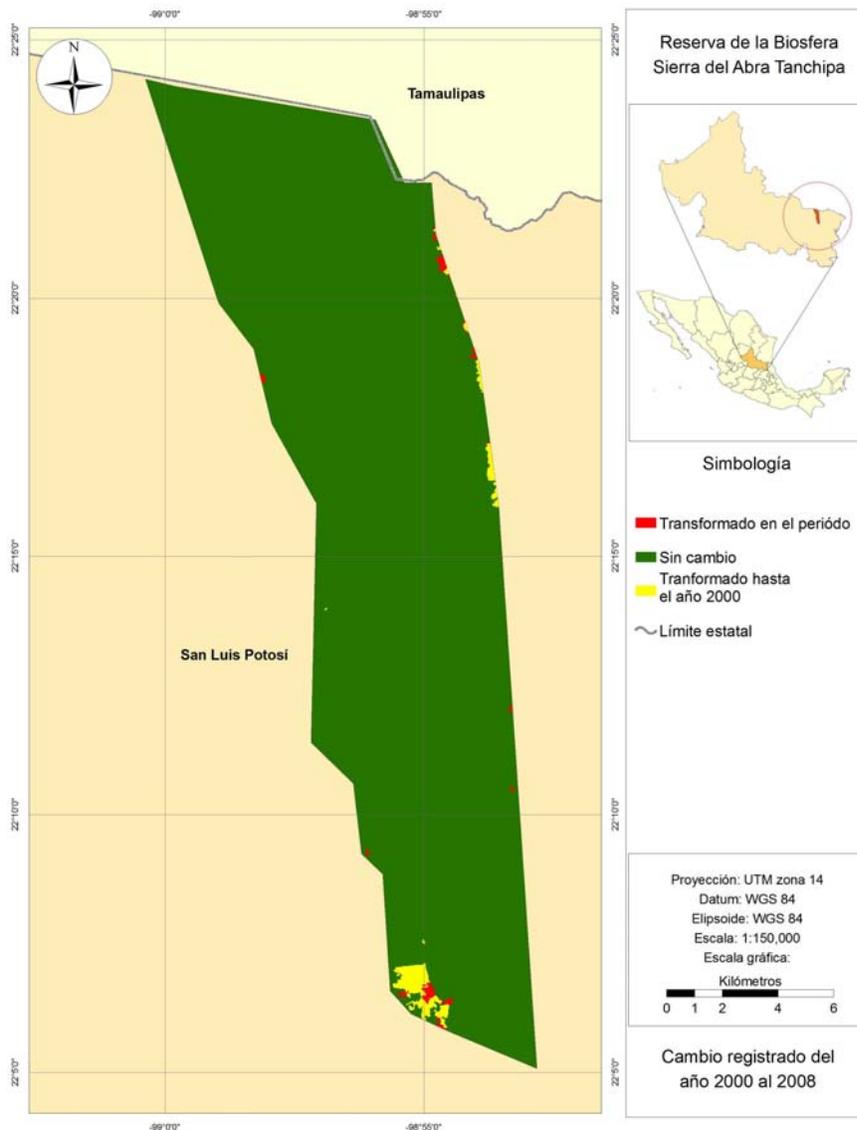
### *Matriz de transición.*

Los cambios que se presentan se deben principalmente de la actividad agrícola, aunque se manifiesta una ligera recuperación de la selva baja caducifolia con vegetación secundaria que había sido utilizada para actividades agrícolas. En total en el periodo se transformaron 7.27 hectáreas hacia la recuperación, lo que representa que durante éste se transformaron 0.91 hectáreas por año (Tabla 20).

**Tabla 20.** Tipos de vegetación afectados, Sierra del Abra Tanchipa.

Sierra del Abra Tanchipa 2000-2008	Área agrícola	Área impactada por incendio
Selva baja caducifolia		-0.42
Selva mediana subcaducifolia	-2	-0.12
Selva baja caducifolia / vs	23	
Selva mediana subcaducifolia / vs	-11	-2
<b>Subtotal</b>	<b>10</b>	<b>-3</b>
<b>Hectáreas de cambio en el periodo</b>	<b>7.27</b>	
<b>Hectáreas por año</b>	<b>0.91</b>	

La agricultura es la principal actividad que impacta a los diferentes tipos de vegetación presentes en la reserva. Los incendios juegan un papel importante ya que están presentes en los diferentes tipos de vegetación y pueden llegar a transformar zonas importantes dentro de la reserva de la biosfera. En la figura 32 se pueden observar las áreas de cambio en color rojo, la mayoría son pequeñas y se encuentran asociadas a la actividades agrícolas.



**Figura 32.** Áreas de cambio 2000-2008, reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.

# INFORME FINAL

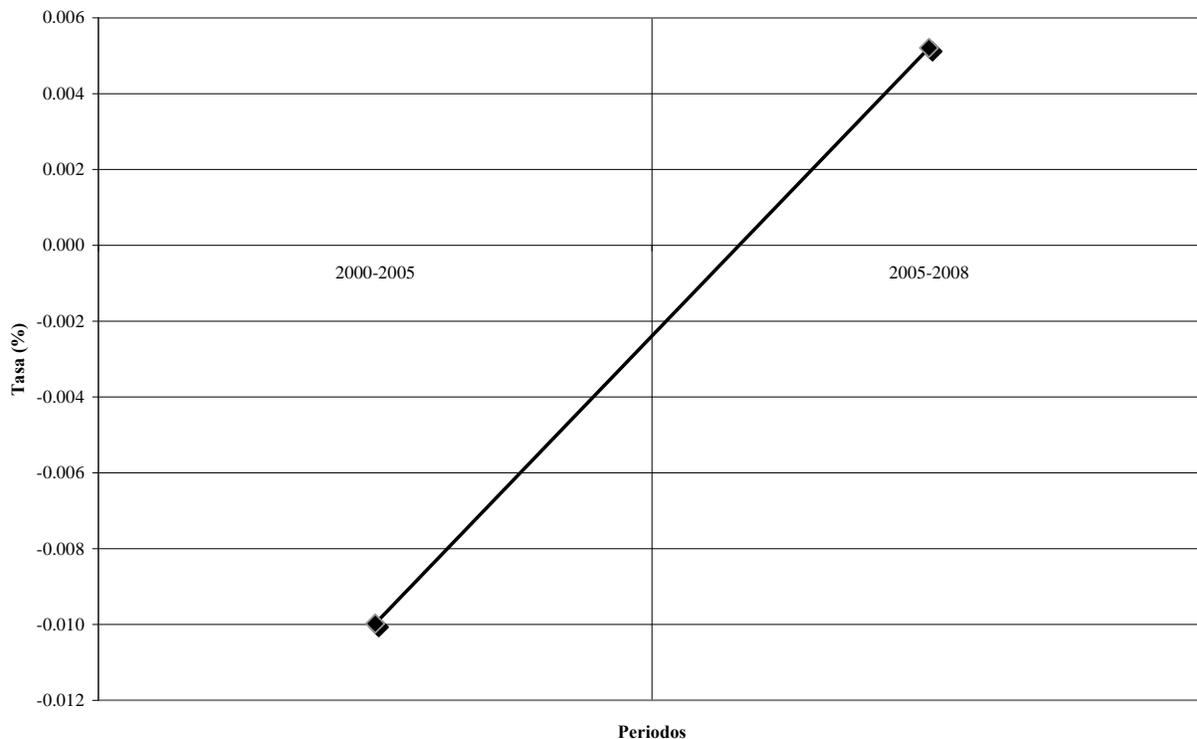
## Tasa de transformación

En el periodo 2000-2005 se existe un cambio positivo de 10.59 hectáreas, por lo que la tasa de transformación presenta un valor negativo de -0.010%. Mientras que para el periodo 2005-2008 hubo cambio negativo con una transformación de -3.32 hectáreas con un valor en la tasa de transformación de 0.005%. El balance general de la tasa de transformación en el periodo 2000-2008 es de una ganancia de 7.27 hectáreas, con una tasa de transformación de -0.004%.

**Tabla 21.** Tasa de transformación del hábitat en la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.

Período	s1	s2	Cambio (Ha)	Año	Tasa de cambio	(%) Tasa de Cambio anual
2000-2005	21,227	21,237	10.59	5	-0.000100	-0.010
2005-2008	21,237	21,234	-3.32	3	0.000052	0.005
<b>2000-2008</b>	<b>21,227</b>	<b>21,234</b>	<b>7.27</b>	<b>8</b>	<b>-0.000043</b>	<b>-0.004</b>

**Tasa de transformación reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa**



**Figura 33.** Tasa de transformación del hábitat.

## Región Xilitla, San Luis Potosí.

La descripción del polígono de la región de Xilitla cubre una superficie de 33,949 hectáreas a pesar de que la superficie establecida en el decreto como Reserva Forestal la “Porción Boscosa del Estado de San Luis Potosí”, menciona una superficie de 29,885 hectáreas. La descripción es toponímica y menciona que la construcción del polígono se localiza dentro de los siguientes linderos: a partir del punto común a los estados de Querétaro y San Luis Potosí e Hidalgo, y sobre el lindero entre los estados de Querétaro y San Luis, se tomará una magnitud de nueve mil ochocientos metros, al final de la cual se empezará a medir la concesión. Siguiendo el mismo lindero hacia el Norte, se medirá una magnitud de diez y ocho mil quinientos metros al final de la cual y con cincuenta grados

Noreste, se tomará una magnitud de dos mil ochocientos metros; del punto así determinado y con ochenta y seis grados Noreste, se tomará una magnitud de diez y seis mil novecientos metros, desde el extremo de esta línea se seguirá en línea recta hacia el vértice Noreste del terreno llamado “Santa Mónica”; desde este punto se seguirá en línea recta hasta el vértice Noreste del terreno llamado Aguacatlán, del cual se seguirán los linderos Norte y Oeste, hasta encontrar el terreno de la Compañía Deslindadora, cuyo lindero Noroeste seguirá hasta el

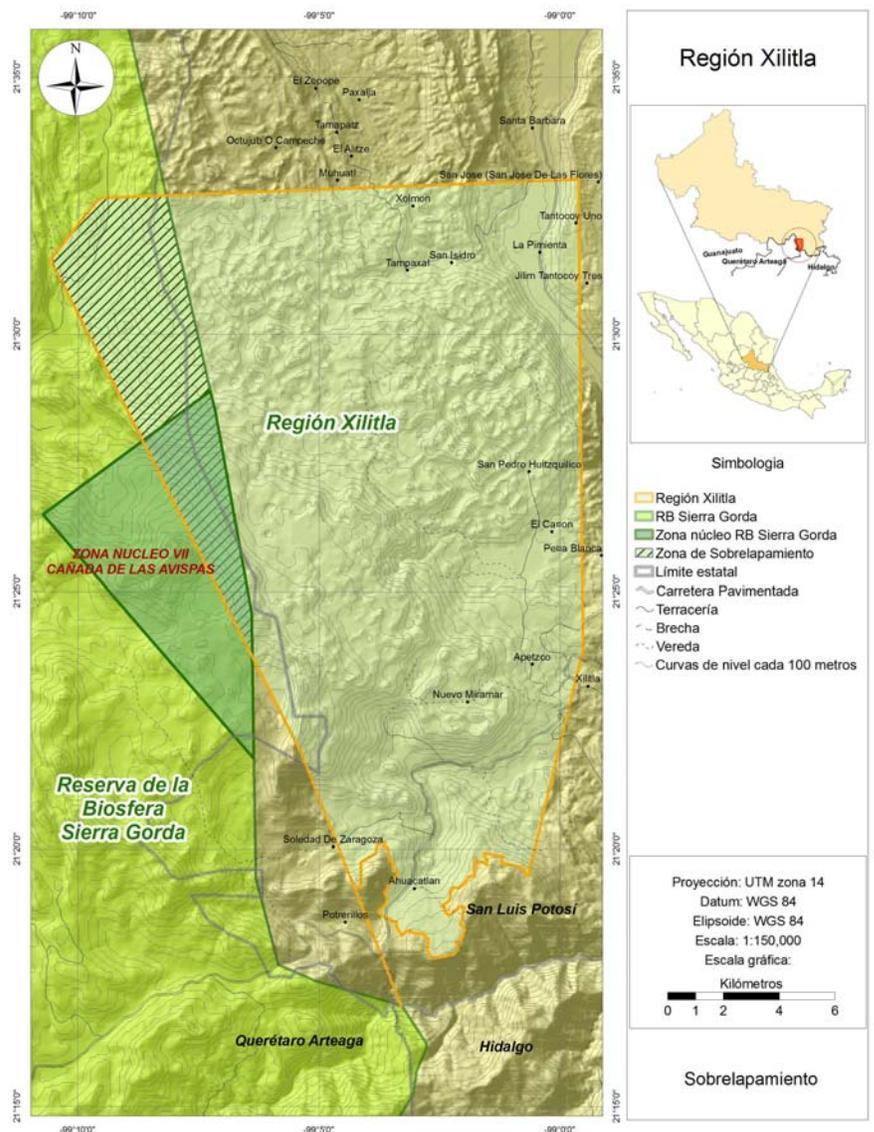


Figura 34. Región Xilitla-reserva de la biosfera Sierra Gorda.

# INFORME FINAL

punto de partida.

Con base en esta descripción el polígono debería de tener como límite Oeste los límites entre los estados de Querétaro y San Luis Potosí. Sin embargo la descripción de la región de Xilitla presenta un solapamiento con los límites actuales con el estado de Querétaro, a la vez que se solapala con la reserva de la biosfera Sierra Gorda, Querétaro una superficie de 4,395 hectáreas de las cuales incluyen un solapale con la la Zona Núcleo VII “Cañada de las Avispas” de 1,412 hectáreas (Figura 34).

Por otra parte la propuesta como reserva la biosfera Sierra de la Silleta (Figura 35) que cubre una menor superficie que la región de Xilitla, se encuentra la mayor parte dentro de esta región, los límites establecidos en la propuesta siguen en parte el límite con la reserva de la biosfera Sierra Gorda, Querétaro, sin embargo sobrepasa los límites de esta última en la porción sur, con un solapamiento de 2,131 hectáreas. Este solapale incluye parte de la zona de amortiguamiento y de zona núcleo de la propuesta de decreto sobre la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Sierra Gorda.

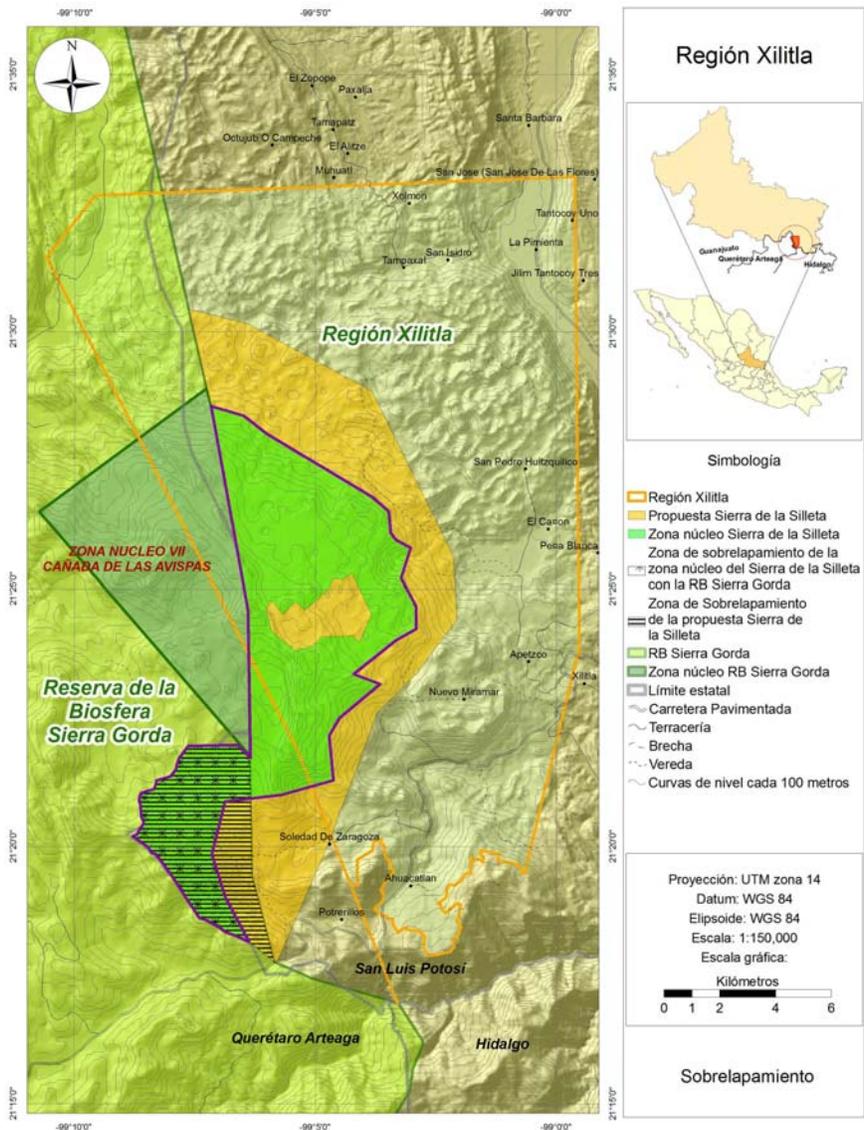


Figura 35. Región Xilitla-propuesta de reserva de la biosfera Sierra de la Silleta.

### Imágenes

Para el análisis del uso del suelo y vegetación de la región de Xilitla, se utilizó 1 imagen del sensor Landsat ETM+, misma que solo se empleó para obtener los productos del presente proyecto y que se encuentran bajo resguardo de la CONANP. La imagen fué obtenidas a través de la CONANP y pertenecen al acervo de imágenes de la SEMARNAT. El Path/Row corresponde al 26/45, tomadas el 18 de diciembre del 2000, la imagen contienen 6 bandas de tipo multiespectral con una resolución de 30 metros de píxel y una banda de tipo pancromático con una resolución de 15 metros de píxel (Tabla 22).

**Tabla 22.** Imágenes Landsat para la región Xilitla.

Sensor	Path	Row	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
LANDSAT ETM+	26	45	18-Oct-00	30	6	Multiespectral	Ortorectificada
				15	1	Pancromática	Ortorectificada

También fueron utilizadas 2 imágenes del sensor SPOT 5 obtenidas a través de la CONANP por la Estación de Recepción México de la constelación SPOT (ERMEXS), mismas que solo se emplearon para obtener los productos del presente proyecto y que se encuentran bajo resguardo de la CONANP. Las imágenes corresponden al K/J 587/307 y 588/307 de fecha 08 de enero del 2006 y del 24 de marzo del 2009, las dos imágenes contienen 4 bandas de tipo multiespectral con una resolución de 10 metros de píxel y una banda tipo pancromático con una resolución de 2.5 metros de píxel (Tabla 23).

Por el tamaño del área, se realizó una combinación de imágenes de 10 metros en multiespectral con la imagen de 2.5 en pancromático, de esta forma se obtiene un producto más fino y con una excelente calidad, una imagen a color con una resolución de 2.5, lo que permite hacer una buena clasificación.

INFORME FINAL

Tabla 23. Imágenes SPOT para la región Xilitla.

Sensor	K	J	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
Spot 5	587	307	08-Ene-06	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
				2.5	1	Pancromática	Ortorectificada
	588	307	24-Mar-09	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
				2.5	1	Pancromática	Ortorectificada

Como parte de la verificación de los tipos de uso de suelo y vegetación de la región de Xilitla, se utilizaron los puntos de muestreo del levantamiento de campo elaborado por el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009.

Para la región Xilitla se encuentran 11 puntos que se describen en el siguiente mapa marcando los diferentes tipos de vegetación (Figura 36).

La otra herramienta de verificación fueron las imágenes de alta resolución que se encuentran en el Google Earth, mismas que permitieron identificar rasgos importantes en esta región, sobre todo considerando la escala de trabajo.

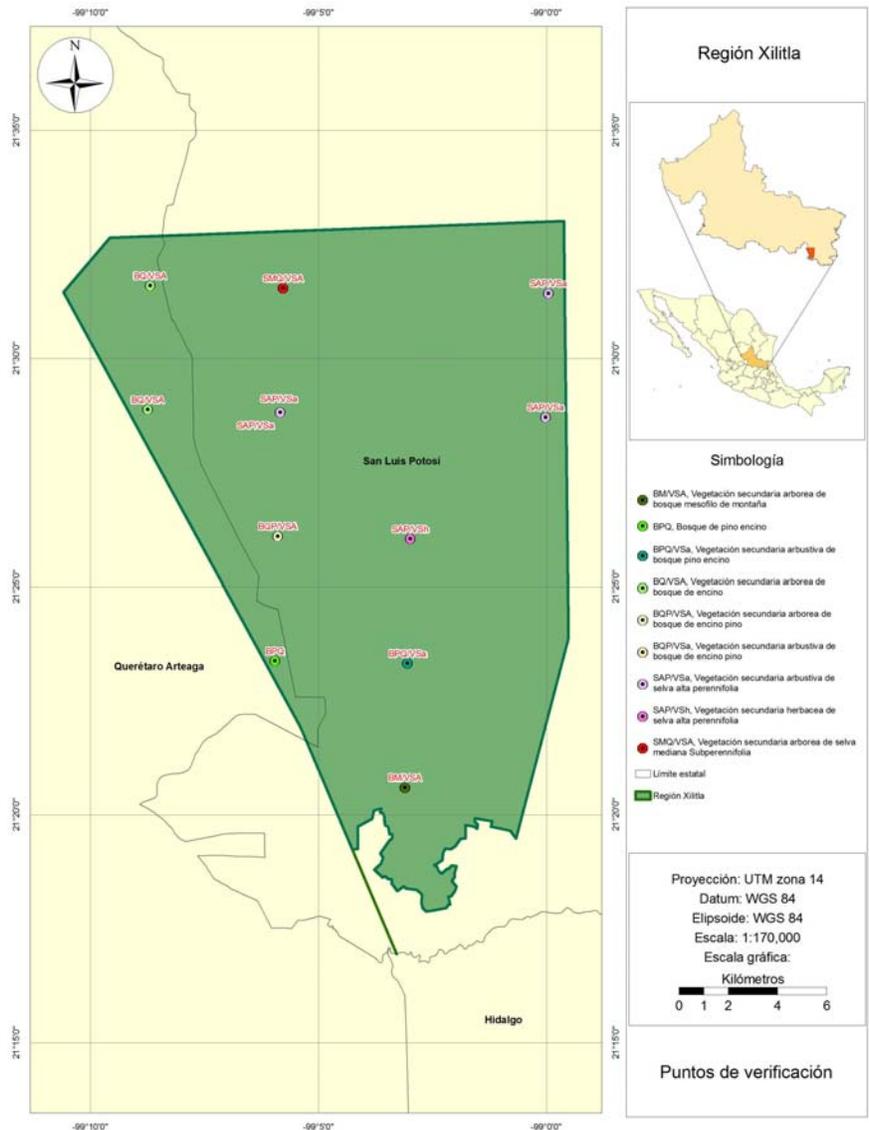


Figura 36. Puntos de verificación del Inventario Nacional Forestal en la región Xilitla.

### *Leyenda*

La leyenda de trabajo obtenida para la región de Xilitla, cuenta con 16 categorías entre cubierta Forestal y usos del suelo. Por el tamaño del área y de acuerdo a la escala de trabajo, se incluyeron los tipos de sucesión secundaria (arbustivos y arbóreos):

1. Bosque de encino
2. Bosque de pino-encino
3. Bosque de encino / vegetación secundaria arbustiva
4. Bosque de pino-encino / vegetación secundaria arbustiva
5. Bosque de pino-encino / vegetación secundaria Arbórea
6. Bosque mesófilo de montaña / vegetación secundaria Arbórea
7. Bosque de encino-pino / vegetación secundaria arbustiva
8. Selva alta perennifolia / vegetación secundaria arbustiva
9. Selva alta perennifolia / vegetación secundaria Arbórea
10. Selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria arbustiva
11. Selva mediana subperennifolia / vegetación secundaria Arbórea
12. Bosque bajo abierto
13. Área agrícola
14. Asentamientos humanos
15. Infraestructura
16. Pastizal inducido

## INFORME FINAL

### *Uso del suelo y vegetación*

Como resultado de la clasificación de las imágenes de satélite y la interpretación interdependiente, se generaron 3 capas que corresponde a los años 2000 (Xusv\_xilit-00.shp), 2006 (Xusv\_xilit-06.shp) y 2009 (Xusv\_xilit-09.shp). La información se encuentran en formato SHP, con una proyección UTM y un Datum de referencia WGS84. A continuación se presentan los mapas de uso del suelo y vegetación para la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa (Figura 37, 38 y 39).

El área esta constituida por bosque de pino-encino-pino, así como bosque bajo abierto, estos bosques se encuentran hacia la porción Oeste que corresponde al límite de la reserva de la biosfera Sierra Gorda, en su mayoría corresponden a bosques primarios, mientras que los bosques con vegetación secundaria se ubican entre los límites de los bosques y las selvas. Los bosque mesófilos de montaña se ubican en la parte sur de la región cuentan con vegetación secundaria y se encuentran rodeados por áreas agrícolas.

Las selvas se encuentran hacia la porción Este, la selva mediana subperennifolia se ubican en la parte norte y la selva alta perennifolia se distribuyen mas hacia la porción Sur de la región de Xilitla. Estas selvas cuentan con vegetación secundaria en diferentes fases sucesionales, Arbustivo y Arbórea.

Las áreas con actividades antrópicas se distribuyen la mayor parte hacia la porción Sur de la región, entre las selvas altas perennifolias, mientras que las zonas de pastizales se distribuyen en toda la región entre los diferentes tipos de vegetación.

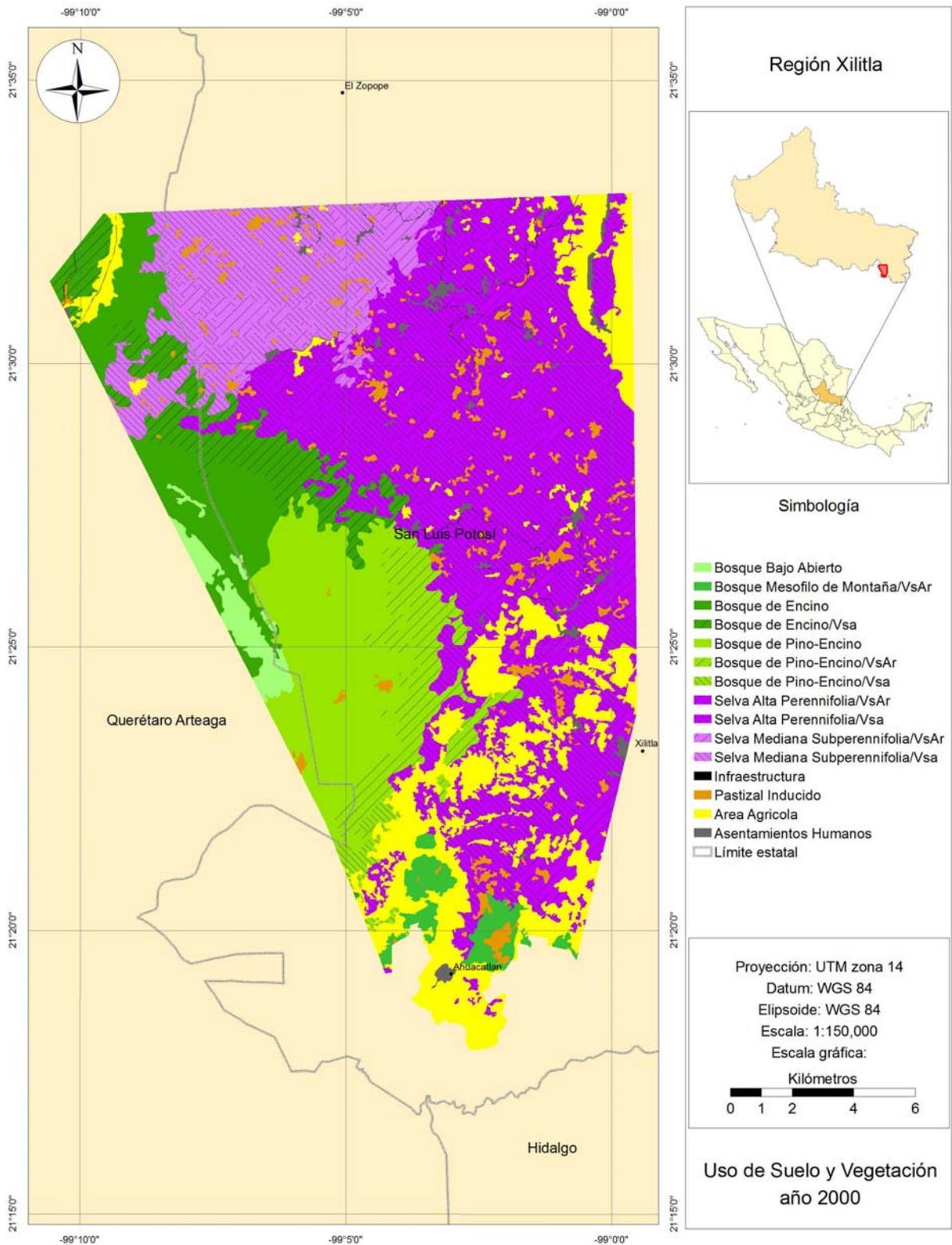


Figura 37. Uso del suelo y vegetación de la región Xilitla, año 2000.

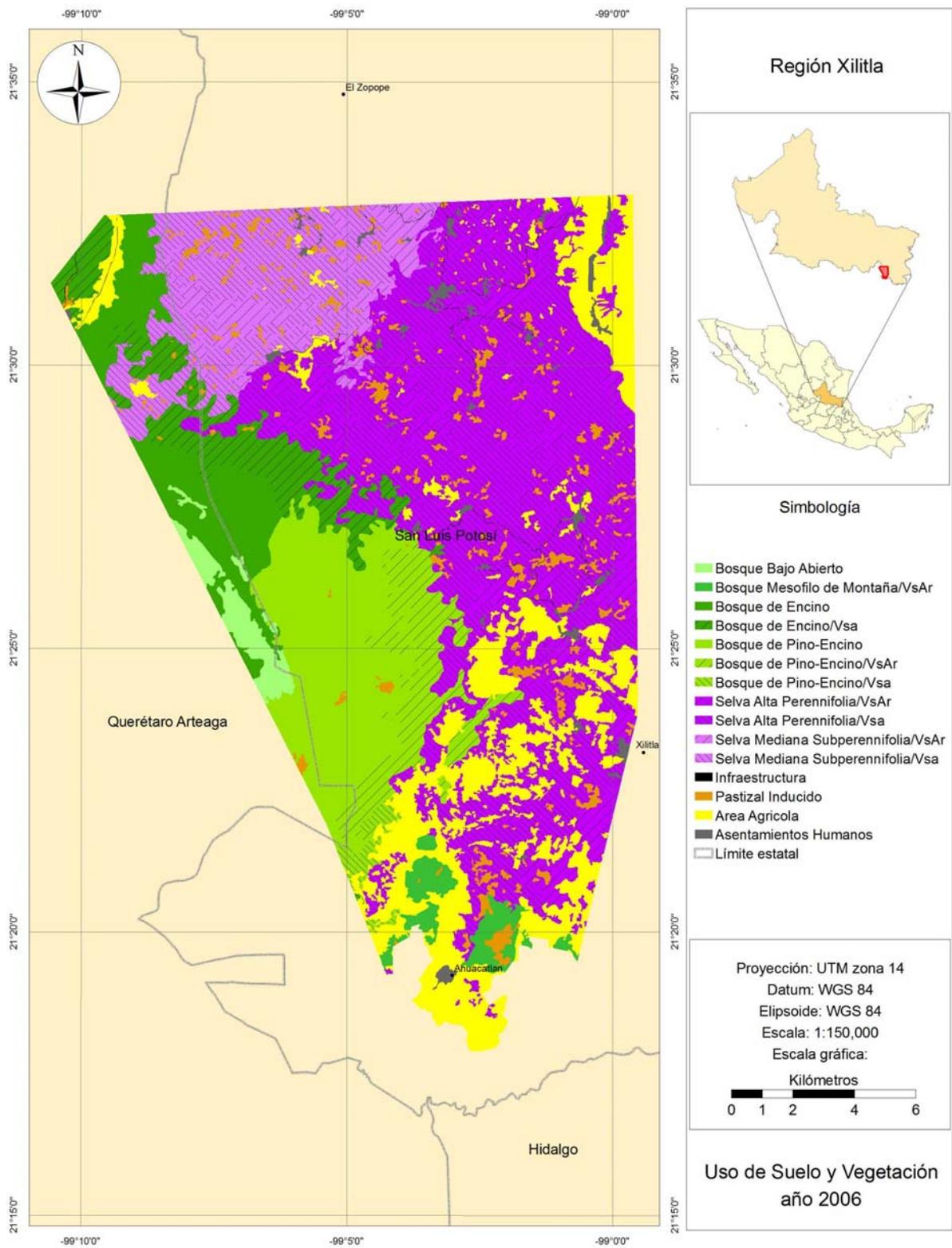


Figura 38. Uso del suelo y vegetación de la región Xilitla, año 2006.

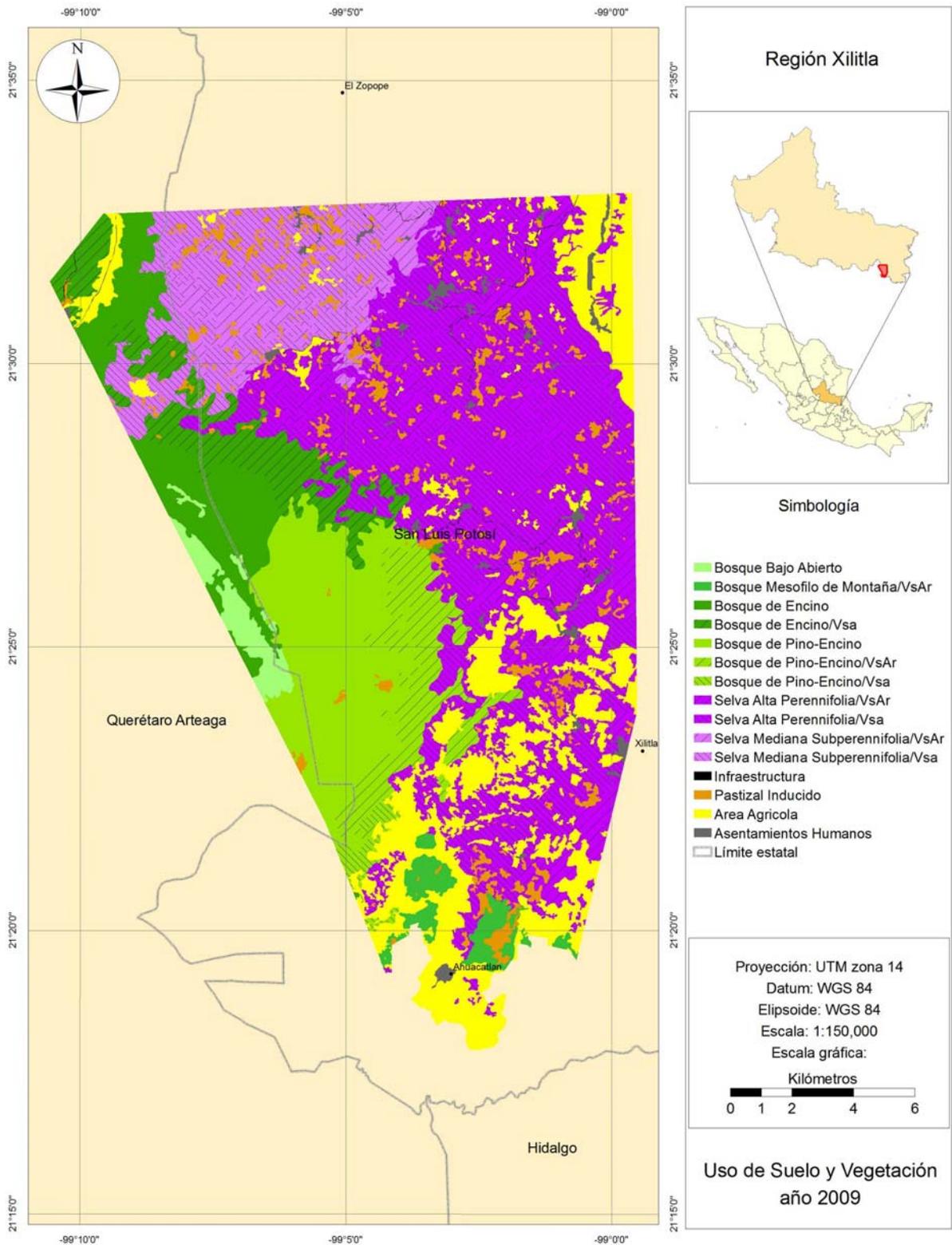


Figura 39. Uso del suelo y vegetación de la región Xilitla, año 2009.

## INFORME FINAL

Fue calculada la superficie por tipo de uso del suelo y vegetación para la región Xilitla para cada año, los resultados se presentan en la Tabla 24. La superficie se agrupa en dos clases Forestal y No Forestal. En el primer grupo la superficie va de 27,618 hectáreas en el año 2000 a 26,685 hectáreas en el año 2009; cifras que corresponden al 81.35% al 78.60% respectivamente. Mientras que en el grupo No Forestal la superficie va de 6,332 hectáreas en el año 2000 a 7,265 hectáreas en el año 2009; cifras que corresponden al 18.65% al 21.40% respectivamente.

Dentro del grupo Forestal el tipo de vegetación dominante es la selva alta perennifolia con vegetación secundaria arbustiva, 11,013 hectáreas (32.44%) para el año 2000 y 10,377 hectáreas (30.57%) para el año 2009. La selva alta perennifolia con vegetación secundaria arbórea ocupa 2,567 hectáreas (7.56%) y 2,538 hectáreas (7.47%), para los mismos años; en conjunto ocupan un porcentaje de 40% en el año 2000, y 38.04% en el 2009.

De los bosques el mayor representado es el bosque de pino-encino, con 3,332 hectáreas (9.82%) para el año 2000 y 3,331 hectáreas (9.81%) para el año 2009.

En el grupo No Forestal, las actividades agrícolas ocupan la mayor superficie con 4,742 hectáreas (13.97%) a 5,105 hectáreas (15.04%), seguido del pastizal inducido con 1,146 hectáreas (3.37%) a 1,715 hectáreas (5.05%). En cuanto a los asentamientos humanos ocupan el 1.15% con 390 hectáreas tanto para el año 2000 como para el 2009.

**Tabla 24.** Uso del suelo y vegetación para la región Xilitla.

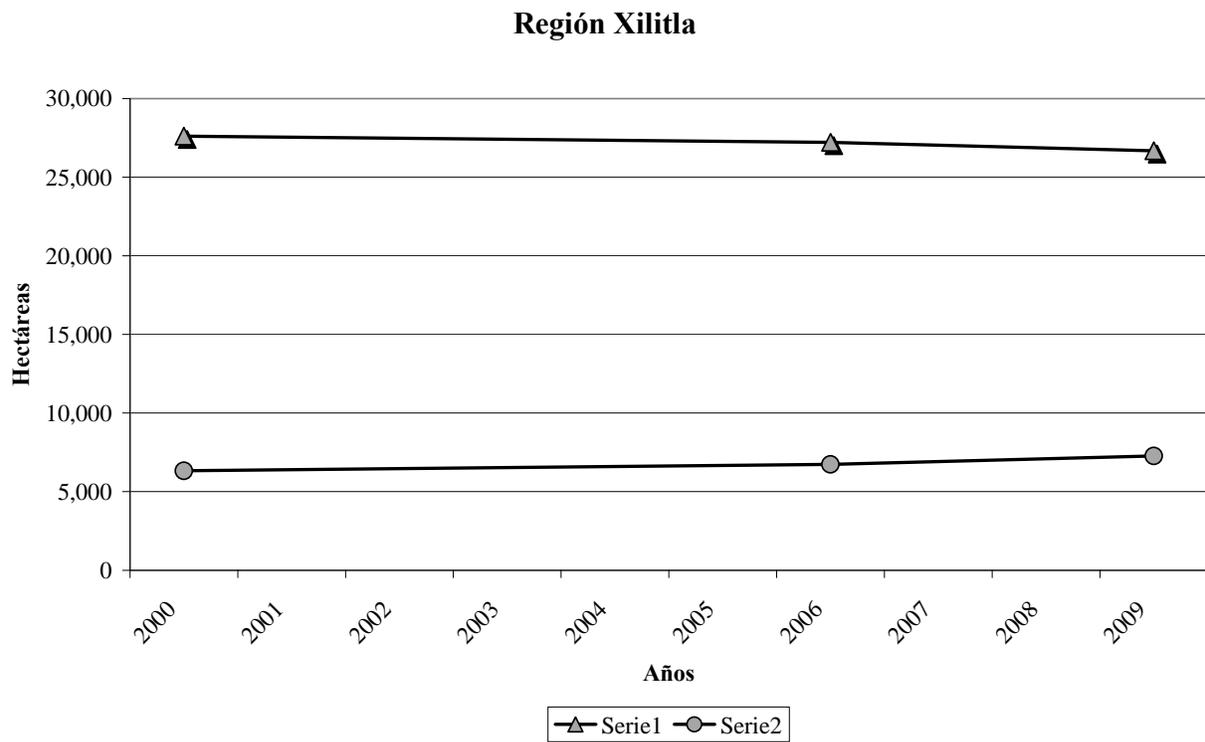
Uso de Suelo y Vegetación	2000		2006		2009	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
<b>FORESTAL</b>						
Bosque de encino	1,978	5.83	1,978	5.83	1,978	5.83
Bosque bajo abierto	514	1.51	514	1.51	514	1.51
Bosque de pino-encino	3,332	9.82	3,331	9.81	3,331	9.81
Bosque de encino / vsa	1,877	5.53	1,875	5.52	1,868	5.50
Bosque de pino-encino / vsa	200	0.59	200	0.59	200	0.59
Bosque de pino-encino / vsAr	1,485	4.37	1,485	4.37	1,485	4.37
Bosque mesófilo de montaña / vsAr	570	1.68	570	1.68	553	1.63
Selva alta perennifolia / vsa	11,013	32.44	10,727	31.60	10,377	30.57
Selva alta perennifolia /vsAr	2,567	7.56	2,552	7.52	2,538	7.47
Selva mediana subperennifolia / vsa	3,004	8.85	2,917	8.59	2,775	8.17
Selva mediana subperennifolia /vsAr	1,077	3.17	1,071	3.16	1,065	3.14
<b>Subtotal</b>	<b>27,618</b>	<b>81.35</b>	<b>27,221</b>	<b>80.18</b>	<b>26,685</b>	<b>78.60</b>
<b>NO FORESTAL</b>						
Área agrícola	4,742	13.97	4,997	14.72	5,105	15.04
Asentamientos humanos	390	1.15	390	1.15	390	1.15
Infraestructura	54	0.16	54	0.16	54	0.16
Pastizal inducido	1,146	3.37	1,287	3.79	1,715	5.05
<b>Subtotal</b>	<b>6,332</b>	<b>18.65</b>	<b>6,728</b>	<b>19.82</b>	<b>7,265</b>	<b>21.40</b>
<b>TOTAL</b>	<b>33,949</b>	<b>100</b>	<b>33,949</b>	<b>100</b>	<b>33,949</b>	<b>100</b>

*Cobertura Forestal-No Forestal*

La superficie Forestal y No Forestal se encuentra en la siguiente Tabla 25, así como en la Figura 40. Se presenta una tendencia a disminuir la cobertura Forestal y a incrementarse la No Forestal, entre el periodo 2000-2009 se han transformado 933 hectáreas.

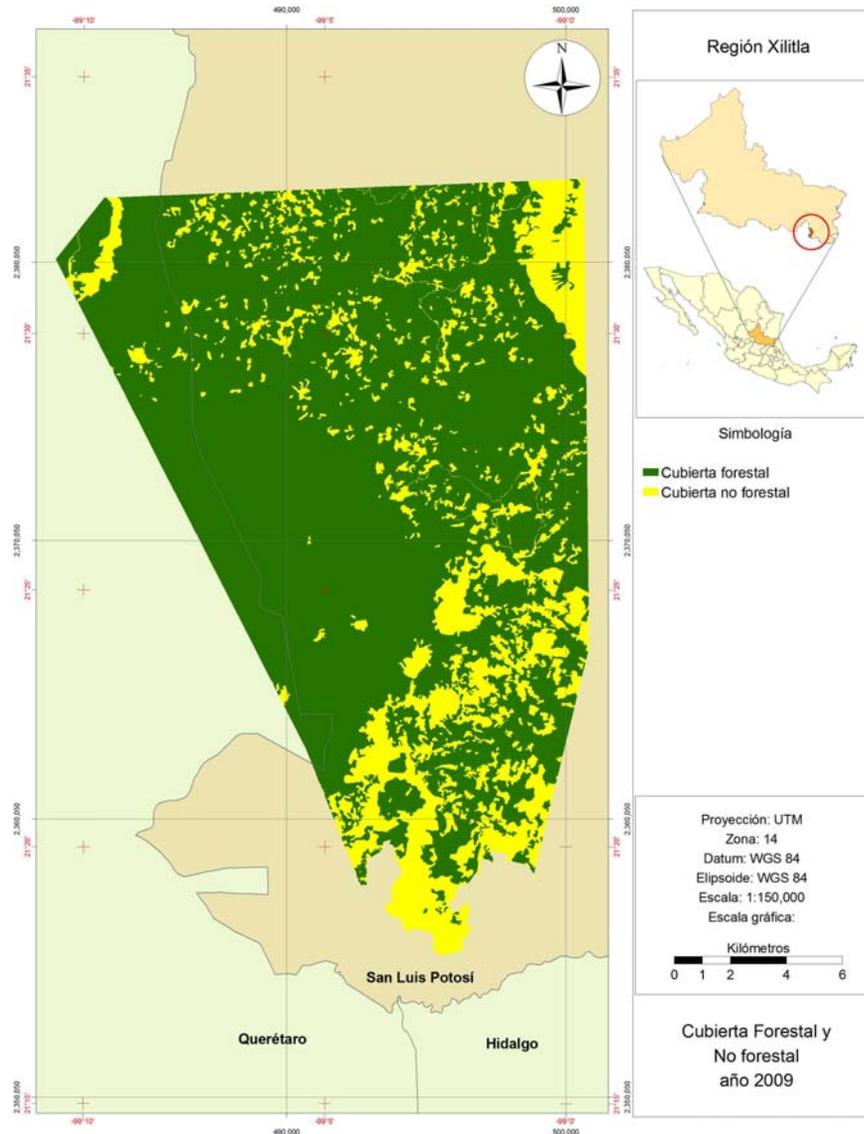
**Tabla25.** Datos de superficie Forestal y No Forestal

Año	Forestal	No Forestal
2000	27,618	6,332
2006	27,221	6,728
2009	26,685	7,265



**Figura 40.** Superficie Forestal y No Forestal

En la figura 41 se muestra la cobertura Forestal en color verde, y No Forestal en amarillo. Las zonas No Forestales se encuentran distribuidas en gran parte del área. Aunque ésta, fue decretada en el año de 1923, no ha contado con un manejo para la conservación, por lo que, las actividades humanas han modificado en gran parte la vegetación primaria. Para el año 2009 esta región contaba con una cobertura No Forestal de 7,265 hectáreas lo que representa el 21.40% de la superficie total.



**Figura 41.** Áreas con cobertura Forestal y No Forestal, región Xilitla.

**Tabla 26.** Matriz de transición 2000-2009 para la región Xilitla.

Región Xilitla 2000-2009	Bosque de encino	Bosque bajo abierto	Bosque de pino-encino	Bosque de encino / vsa	Bosque de pino-encino / vsa	Bosque de pino-encino / vsAr	Bosque mesófilo de montaña / vsAr	Selva alta perennifolia / vsa	Selva alta perennifolia / vsAr	Selva mediana subperennifolia / vsa	Selva mediana subperennifolia / vsAr	Área agrícola	Asentamientos humanos	Infraestructura	Pastizal inducido	Total 2000
Bosque de encino	1,978															1,978
Bosque bajo abierto		514														514
Bosque de pino-encino			3,331												1	3,332
Bosque de encino / vsa				1,866											12	1,877
Bosque de pino-encino / vsa					198							2				200
Bosque de pino-encino / vsAr						1,485										1,485
Bosque mesófilo de montaña /vsAr							553					1			16	570
Selva alta perennifolia / vsa								10,111				377			524	11,013
Selva alta perennifolia / vsAr									2,538			23			7	2,567
Selva mediana subperennifolia / vsa										2,683		56			266	3,004
Selva mediana subperennifolia / vsAr										1	1,065	0			11	1,077
Área agrícola					3			95				4,644			0	4,742
Asentamientos humanos													390			390
Infraestructura														54		54
Pastizal inducido					2			170		91		2			880	1,146
Total 2009	1,978	514	3,331	1,868	200	1,485	553	10,377	2,538	2,775	1,065	5,105	390	54	1,715	33,949

*Matriz de transición.*

Los cambios que se presentan se deben principalmente a la transformación a pastizales, donde el tipo de vegetación mas afectado es la selva alta perennifolia con vegetación secundaria. En total en el periodo se trasformaron 933 hectáreas, lo que significa un cambio anual de 104 hectáreas (Tabla 27).

**Tabla 27.** Tipos de vegetación afectados, Región Xilitla.

Región Xilitla 2000-2009	Área agrícola	Pastizal
Bosque de pino-encino		-1
Bosque de encino / vsa	0	-9
Bosque de pino-encino / vsa	0	
Bosque mesofilo de montaña / vsAr	-1	-16
Selva alta perennifolia / vsa	-282	-354
Selva alta perennifolia / vsAr	-23	-7
Selva mediana subperennifolia / vsa	-56	-175
Selva mediana subperennifolia / vsAr	0	-11
<b>Subtotal</b>	<b>-362</b>	<b>-571</b>
<b>Total de cambio en el periodo HA</b>	<b>-933</b>	
<b>Total por año HA</b>	<b>-104</b>	

# INFORME FINAL

La agricultura y los pastizales son las principales actividades que impactan a los diferentes tipos de vegetación presentes en la región. En la figura 42 se pueden observar las áreas de cambio en color rojo, la mayoría son pequeñas y se encuentran asociadas a las actividades agrícolas, que indica una actividad de itinerante.

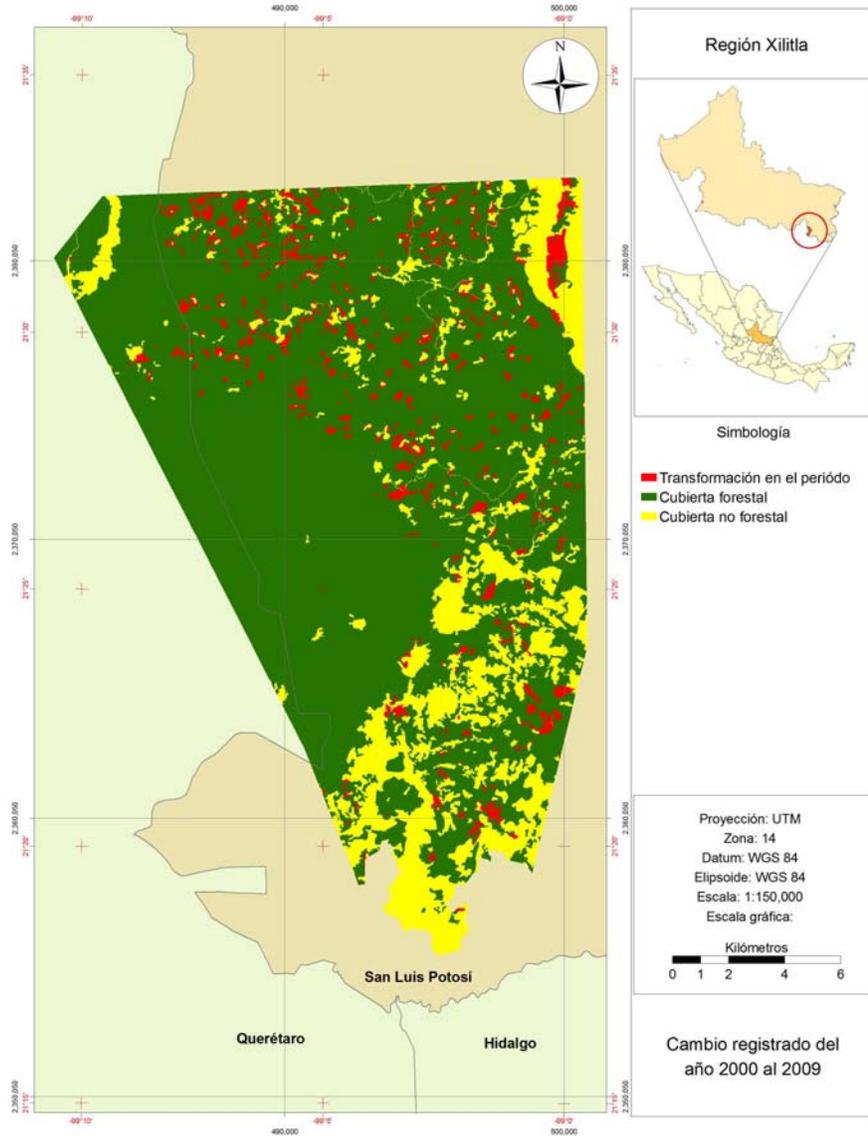


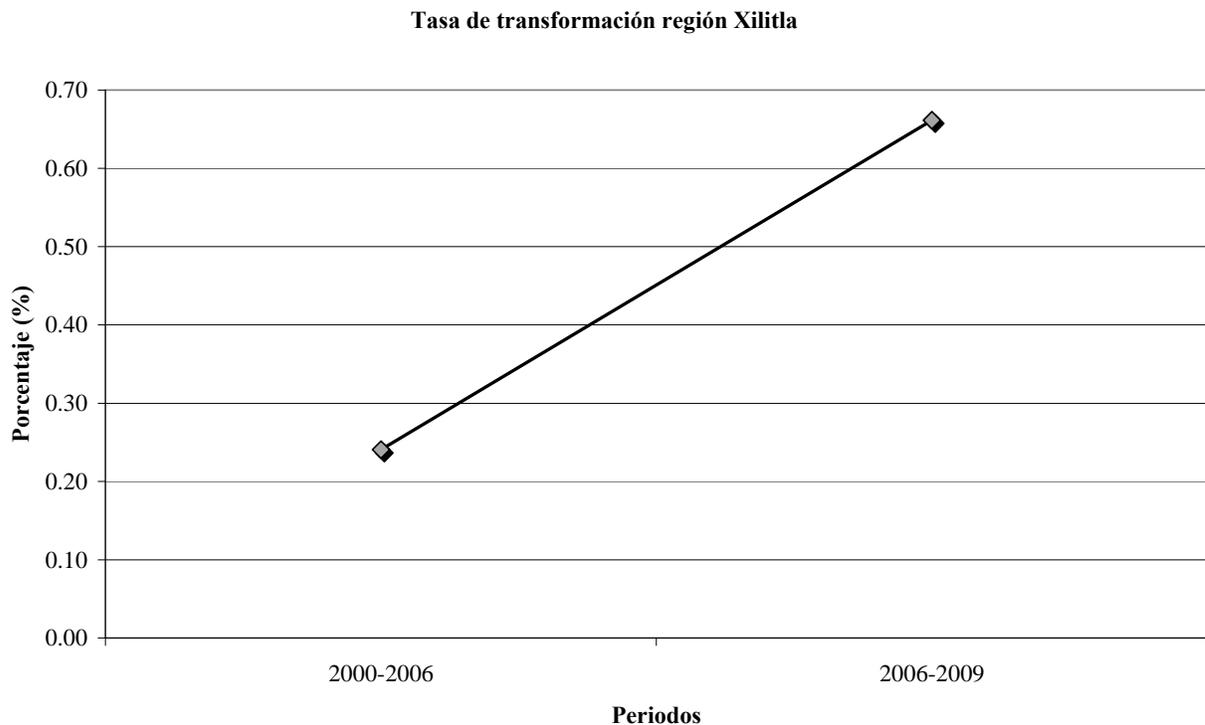
Figura 42. Áreas de cambio 2000-2009, región Xilitla.

### Tasa de transformación

En el periodo 2000-2006 se presenta un cambio de 396 hectáreas lo que indica que el valor de la tasa de transformación sea de 0.24%. Para el periodo 2006-2009 se modificaron 537 hectáreas con tasa de transformación de 0.66% (Tabla 28). El balance general de la tasa de transformación en el periodo 2000-2009 es de 933 hectáreas, con una tasa de transformación de 0.38%. Con una tendencia a incrementarse a través del tiempo (Figura 43).

**Tabla 28.** Tasa de transformación del hábitat en la región Xilitla.

Período	s1	s2	Cambio (Ha)	Año	Tasa de cambio	(%) Tasa de Cambio anual
2000-2006	27,618	27,221	-396	6	0.002407	0.24
2006-2009	27,221	26,685	-537	3	0.006615	0.66
<b>2000-2009</b>	<b>27,618</b>	<b>26,685</b>	<b>-933</b>	<b>9</b>	<b>0.003812</b>	<b>0.38</b>



**Figura 43.** Tasa de transformación del hábitat.

## INFORME FINAL

La propuesta de decreto Sierra de la Silleta incluye una zona de amortiguamiento y una zona núcleo, la zona de amortiguamiento esta representada principalmente por la selva alta perennifolia con vegetación secundaria arbustiva, aunque presenta en la porción Sur una importante superficie de áreas agrícolas. En tanto que la zona núcleo esta constituida por un macizo de vegetación que incluye bosques de encino y pino-encino. La zona núcleo en la propuesta de la reserva de la biosfera Sierra de la Silleta representa un corredor importante con la zona núcleo VII “Cañada de las Avispas” de la reserva de la biosfera Sierra Gorda (Figura 44).

Es importante hacer notar que los parches de vegetación que incluyen los bosques mesófilos de montaña con vegetación secundaria, si bien se encuentran incluidos en el polígono de la región de Xilitla, se encuentran fuera del polígono de la propuesta como reserva de la biosfera Sierra de la Silleta. Esto puede ser, debido a que los parches de vegetación de bosque mesófilo se encuentran rodeados por áreas con actividad agrícola.

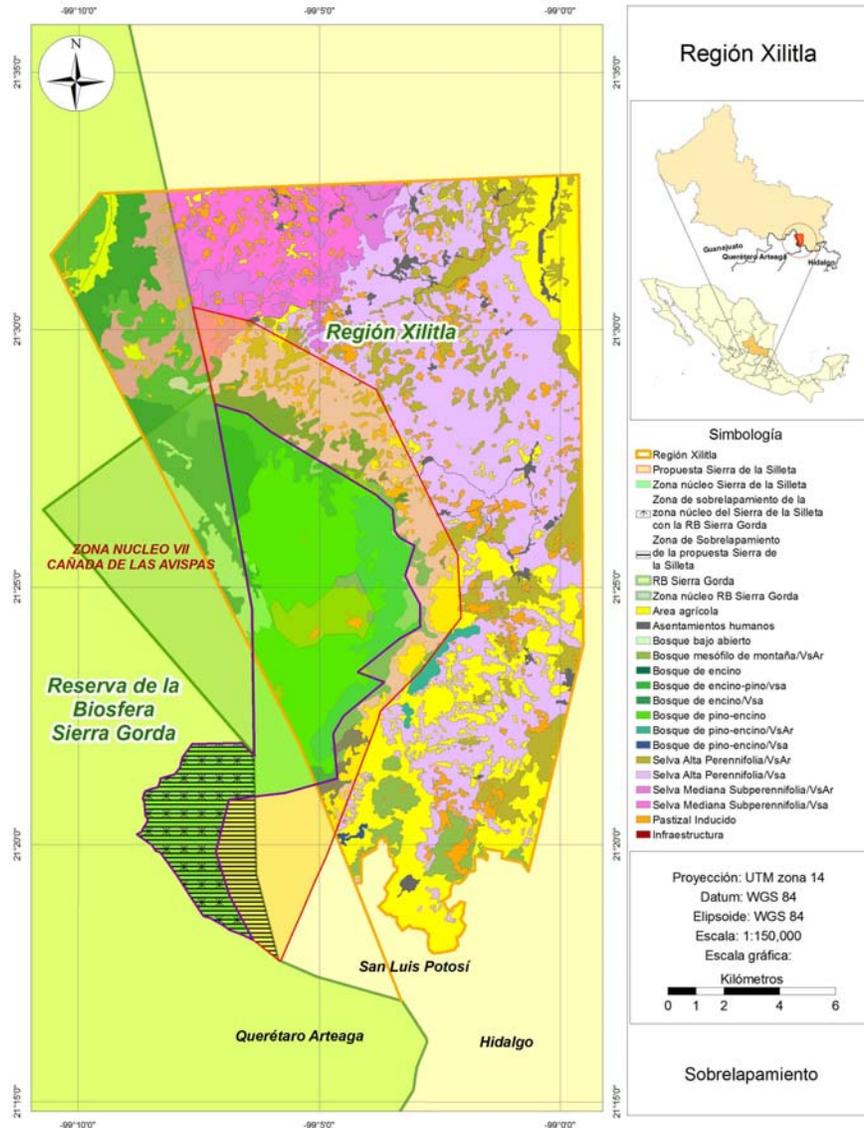


Figura 44. Áreas de conexión reserva de la biosfera Sierra Gorda-Xilitla-Sierra de la Silleta.

## Reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo

### Imágenes

Para el análisis del uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo se utilizó 1 imagen del sensor Landsat ETM+, mismas que solo fué empleada para obtener los productos del presente proyecto y que se encuentran bajo resguardo de la CONANP. La imagen fué obtenida a través de la CONANP y pertenecen al acervo de imágenes de la SEMARNAT. El Path/Row corresponde al 28/47, tomadas el 28 de noviembre de 1999, la imagen cuenta con 6 bandas de tipo multiespectral con una resolución de 30 metros de píxel y una banda de tipo pancromático con una resolución de 15 metros de pixel (**Tabla 29**).

**Tabla 29.** Imágenes Landsat de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.

Sensor	Path	Row	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
LANDSAT ETM+	28	47	28-Nov-99	30	6	Multiespectral	Ortorectificada
				15	1	Pancromática	Ortorectificada

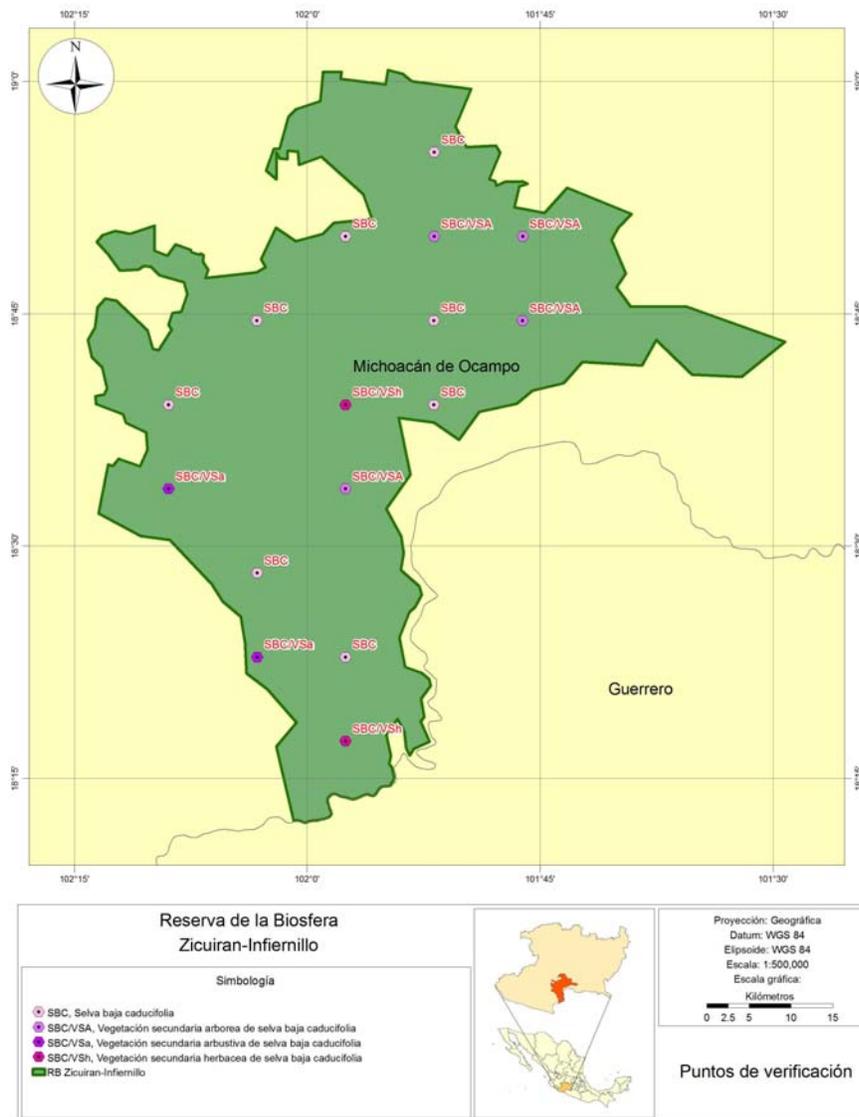
También fueron utilizadas 10 imágenes de satélite SPOT 5 obtenidas a través de la CONANP por la Estación de Recepción México de la constelación SPOT (ERMEXS), mismas que solo fueron empleadas para obtener los productos del presenta proyecto y que se encuentran bajo resguardo de la CONANP. Las imágenes corresponden a los K/J como se indican en la Tabla 30 de fechas junio-diciembre del 2005, diciembre del 2008 y enero del 2009; las imágenes del 2005 contienen 4 bandas de tipo multiespectral con una resolución de 10 metros de pixel, mientras que las imágenes del 2008 y 2009 contienen 4 bandas de tipo multiespectral con una resolución de 10 metros de píxel y una banda de tipo pancromático con una resolución de 15 metros de pixel.

**Tabla 30.** Imágenes SPOT para la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.

Sensor	K	J	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
Spot	582	312	03-Jun-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	582	313	03-Jun-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	583	312	03-Jun-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	583	313	03-Jun-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	583	314	24-Dic-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	582	312	09-Ene-09	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
				2.5	1	Pancromática	Ortorectificada
	582	313	09-Ene-09	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
				2.5	1	Pancromática	Ortorectificada
	583	312	14-Dic-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
				2.5	1	Pancromática	Ortorectificada
	583	313	14-Dic-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
				2.5	1	Pancromática	Ortorectificada
	583	314	14-Dic-08	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
				2.5	1	Pancromática	Ortorectificada

Para la verificación de las clases de uso de suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo, se contó en primer instancia con los puntos del levantamiento de campo del Inventario Nacional Forestal (CONAFOR, 2009), estos se encuentran distribuidos en la reserva, aunque no cubren todos los tipos de vegetación presentes en el área (Figura 45), se encuentran 16 puntos, todos presentan el tipo de vegetación de selva baja caducifolia, diferenciando aquellos con vegetación secundaria.

También se contó con el apoyo del Biól. Esteban Manuel Martínez Salas, investigador del Instituto de Biología de la UNAM, quien hizo observaciones y propuestas de clasificación para la reserva marcando algunos puntos que deberían de ser verificados en el futuro, con la finalidad de complementar y enriquecer la clasificación hasta aquí obtenida.



**Figura 45.** Puntos de levantamiento de campo del Inventario Nacional Forestal.

Otra herramienta de verificación fue el documento y la cobertura que fue proporcionado por Biól. Alejandro Torres García, director de la reserva, referente al trabajo titulado “*Determinación de cambios de uso del suelo como base para el ordenamiento territorial de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo y área de influencia*”, elaborado por Burgos, *et al.*, 2010, bajo contrato de la GTZ .

Por otra parte, para optimizar los resultados del proceso de interpretación al momento de separar las cubiertas de los usos de suelo, para el año 2008, se utilizó la banda pancromática (2.5 metros) para obtener imágenes sintéticas por medio de la fusión con las bandas

## INFORME FINAL

multiespectrales (10 metros), con este procedimiento se obtuvo un realce espacial con la calidad de la banda de alta resolución y al mismo tiempo un realce espectral con el contraste cromático de las bandas multiespectrales. Con estas técnicas se aprovechan en su totalidad las virtudes que este tipo de insumos nos pueden aportar, disminuyendo las posibles debilidades que en algún momento se pudieran presentar.

Imagen con bandas multiespectrales de 10 m



Imagen con banda pancromática de 2.5 m

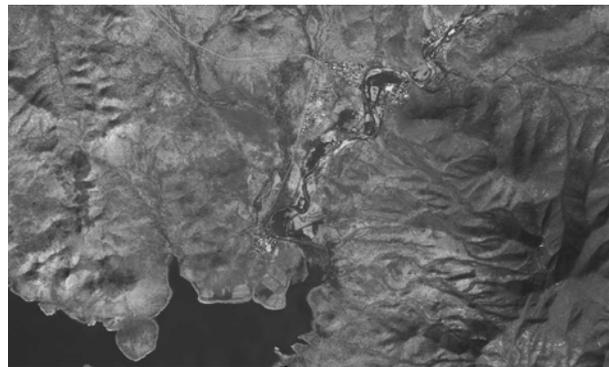
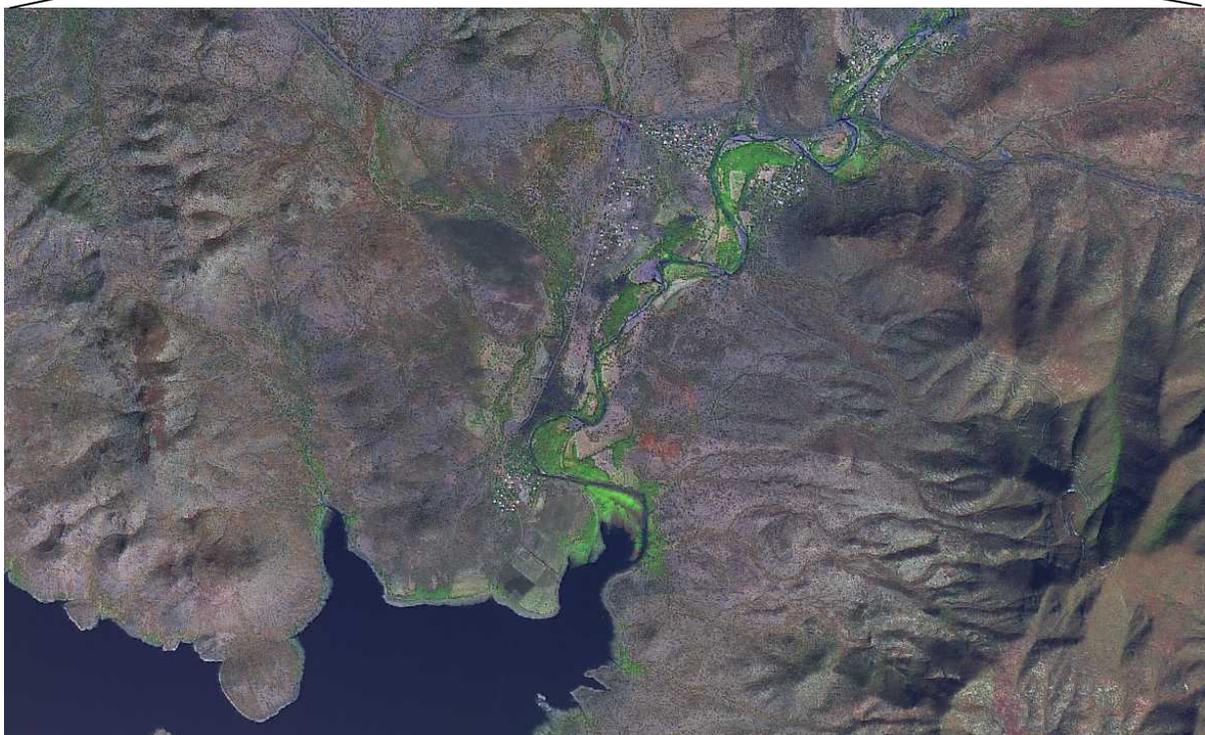


Imagen multiespectral a 2.5 m



**Figura. 46.** Realce espacial con contraste cromático de las imágenes SPOT 5.

*Leyenda*

La leyenda de trabajo obtenida para la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo, cuenta con 21 categorías entre cubierta Forestal y usos del suelo:

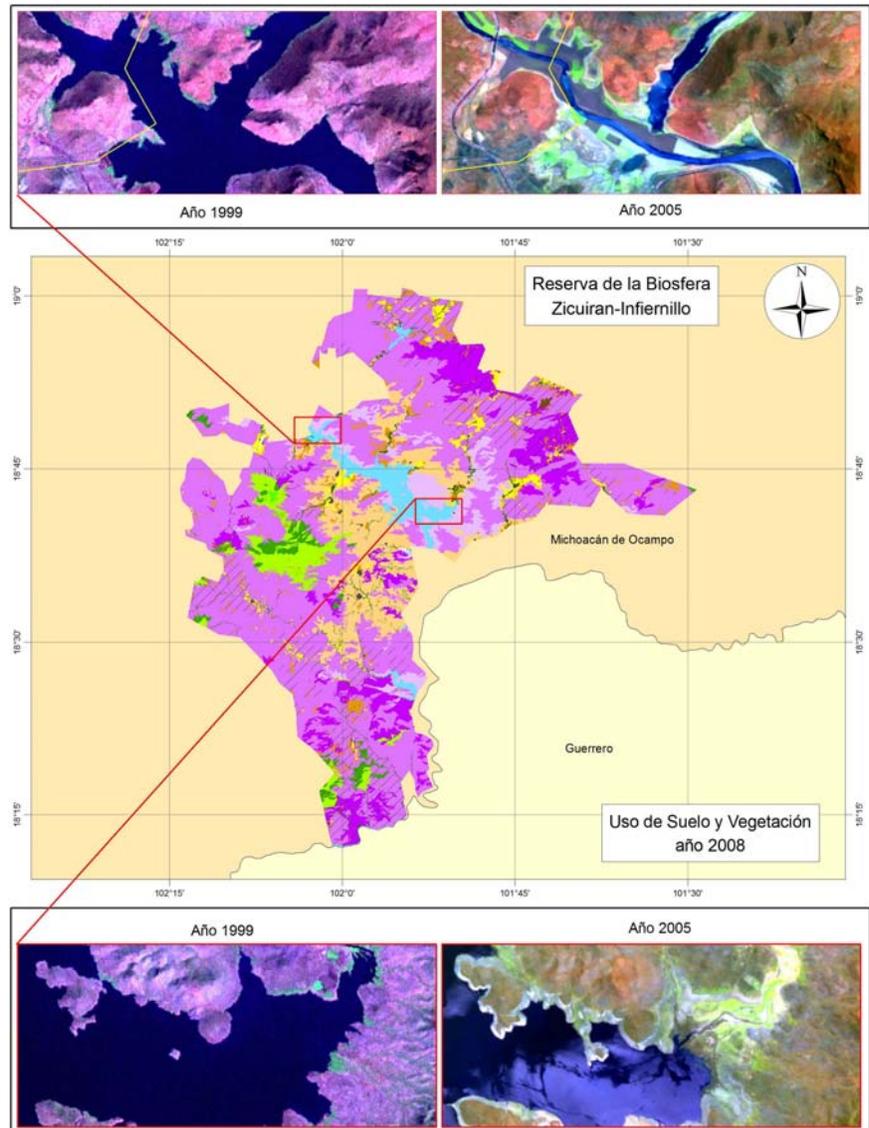
1. Bosque de Encino
2. Bosque de Encino-Sabanoide
3. Bosque de Encino-Pino
4. Bosque de Pino
5. Selva Baja Caducifolia
6. Selva Baja Caducifolia Abierta
7. Selva Baja Caducifolia Abierta con vegetación secundaria
8. Selva Baja Subcaducifolia
9. Selva Baja Subcaducifolia con vegetación secundaria
10. Selva Mediana Subperennifolia
11. Arbustos Secundarios
12. Vegetación de Galería
13. Tular
14. Palmar Natural
15. Pastizal Inducido
16. Área sin Vegetación Aparente
17. Acuacultura
18. Área Agrícola
19. Asentamientos Humanos
20. Infraestructura
21. Cuerpo de Agua

## INFORME FINAL

### *Uso del suelo y vegetación*

Las variaciones en los niveles de agua de la presa Infiernillo, generan que las áreas alrededor se cubran de agua o queden descubiertas como áreas desprovistas de vegetación, con esta situación en algunos sitios con poca pendiente son propicios para el desarrollo de actividades agrícolas. En la imagen del año 2005 (derecha) se puede observar como el nivel del agua ha bajado, mientras que el la imagen de 1999 (izquierda) se encuentran cubiertas por el agua (Figura 47).

Esta misma situación ocasiona que algunos montículos aparezcan como islas cuando el nivel del agua en la presa es alto, llegando algunas de ellas a desaparecer porque son cubiertas completamente por el agua. En estas islas se produce un proceso de aislamiento temporal ya que, estos mismos montículos se encuentran comunicados cuando el nivel del agua ha bajado, generando un intercambio con el resto de la porción terrestre.



**Figura 47.** Variaciones en el nivel del agua de la presa Infiernillo.

Como resultado de la clasificación de las imágenes de satélite y la interpretación interdependiente, se generaron 3 capas que corresponde a los años 1999 (usv\_Zic-Inf-00.shp), 2005 (usv\_Zic-Inf-05.shp) y 2008 (usv\_Zic-Inf-08.shp). La información se encuentran en formato SHP, una proyección Lamber y un Datum de referencia WGS84. A continuación se presentan los mapas de uso del suelo y vegetación por año para la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo (Figura 48, 49 y 50).

La reserva se encuentra dividida en dos partes; porción Este y Oeste, esto debido a la presencia del cuerpo de agua que forma parte de la presa de Infiernillo y que representa cerca 3% de la superficie total del área. La porción terrestre de la reserva esta constituida principalmente por selva baja caducifolia y subcaducifolia, mismas que se distribuyen en toda la reserva. Por otra parte existen algunos parches de selva mediana subperennifolia que se encuentra principalmente en la porción Oeste sobre franjas muy estrechas que se forman en las cañadas por los escurrimientos del agua.

En las porciones mas altas existen bosques de pino y pino-encino, estos se encuentran distribuidos hacia la parte central de la porción Oeste de la reserva, junto con algunos elementos de encino sabanoide, que están constituidos por encinares chaparros de hojas amplias con elementos de sabana.

Un tipo de vegetación que se encuentra mas ampliamente distribuido fuera del límite de la reserva es el palmar, mismo que también se registró hacia la porción Este del área. Rodeando al cuerpo de agua se distribuyen arbustos secundarios, producto de la intervención de la selva baja en donde se han desarrollado, mismos que puede ser sustituidos o no por una fase arbórea y con el tiempo podría dar lugar a una formación vegetal similar a la original.

Las zonas agrícolas y de pastizales se distribuyen a lo largo de la parte baja de las cuencas en donde se encuentra mayor disponibilidad del agua, llegando a encontrarse actividades como la agricultura de riego y otras como la acuacultura. Las diferencias en el nivel de la presa deja al descubierto muchas áreas sin vegetación aparente, en época de nivel bajo algunas planicies que quedan descubiertas son propicias para el desarrollo de actividades agrícolas.

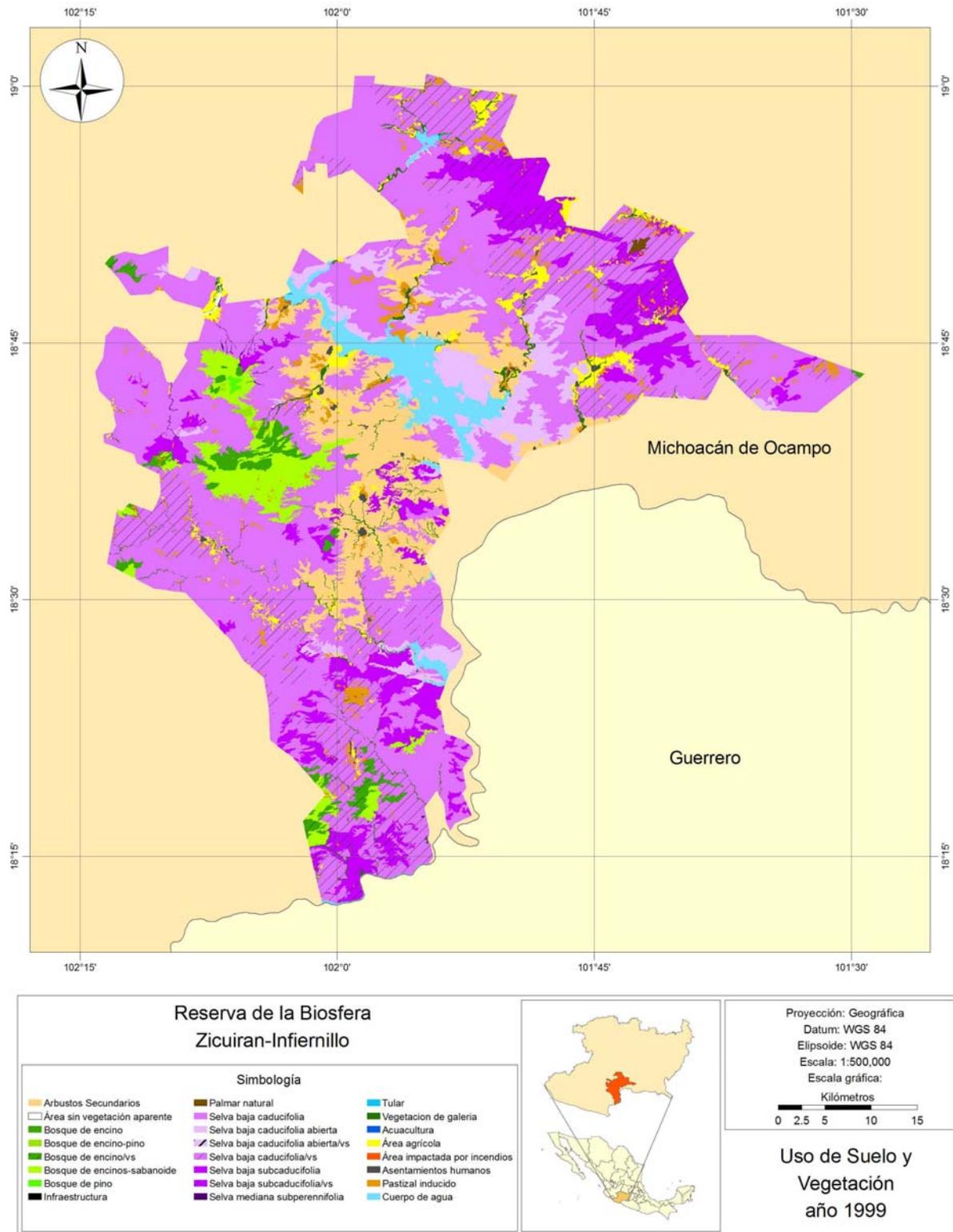


Figura 48. Uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo, año 1999.

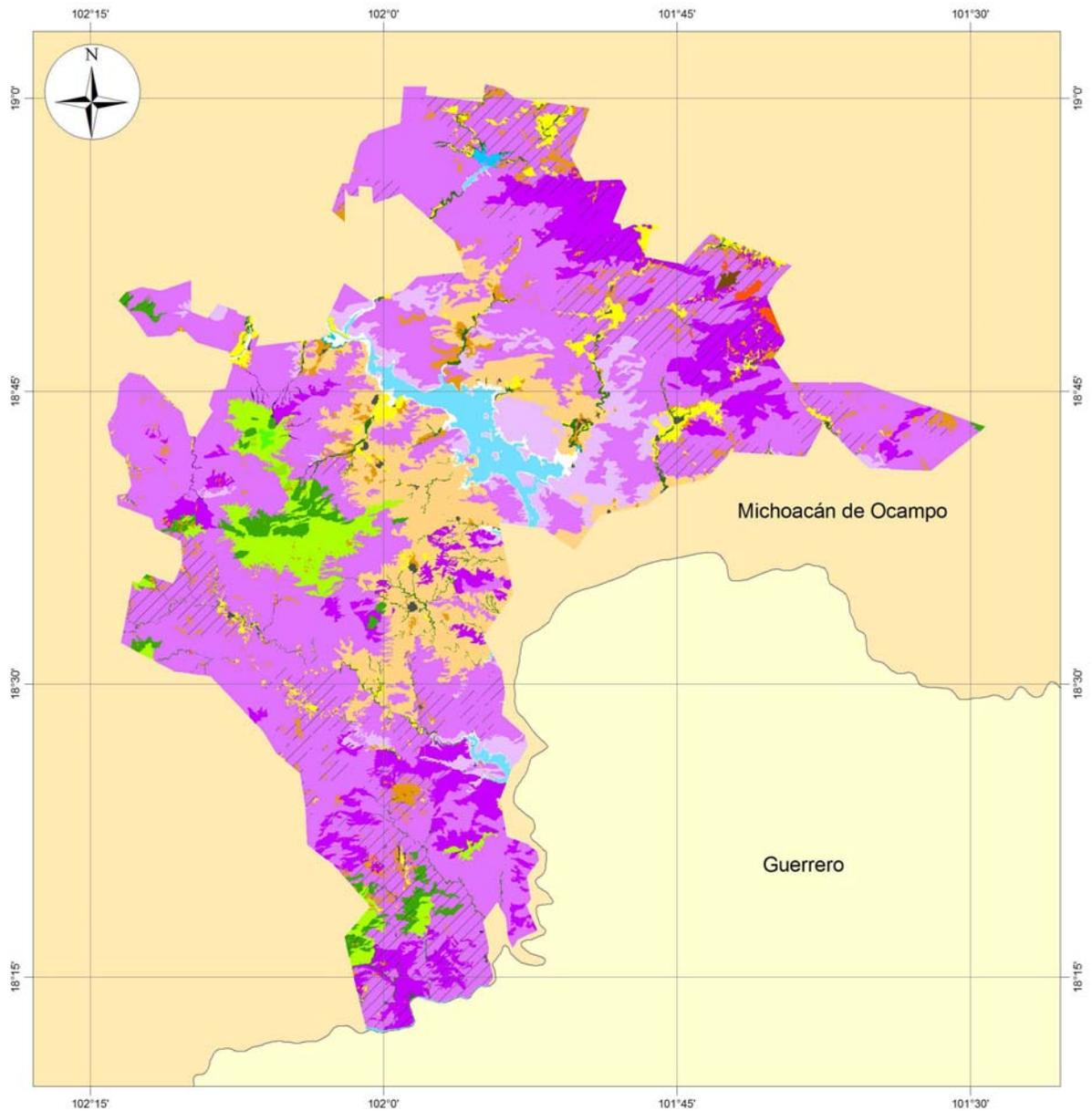


Figura 49. Uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo, año 2005.

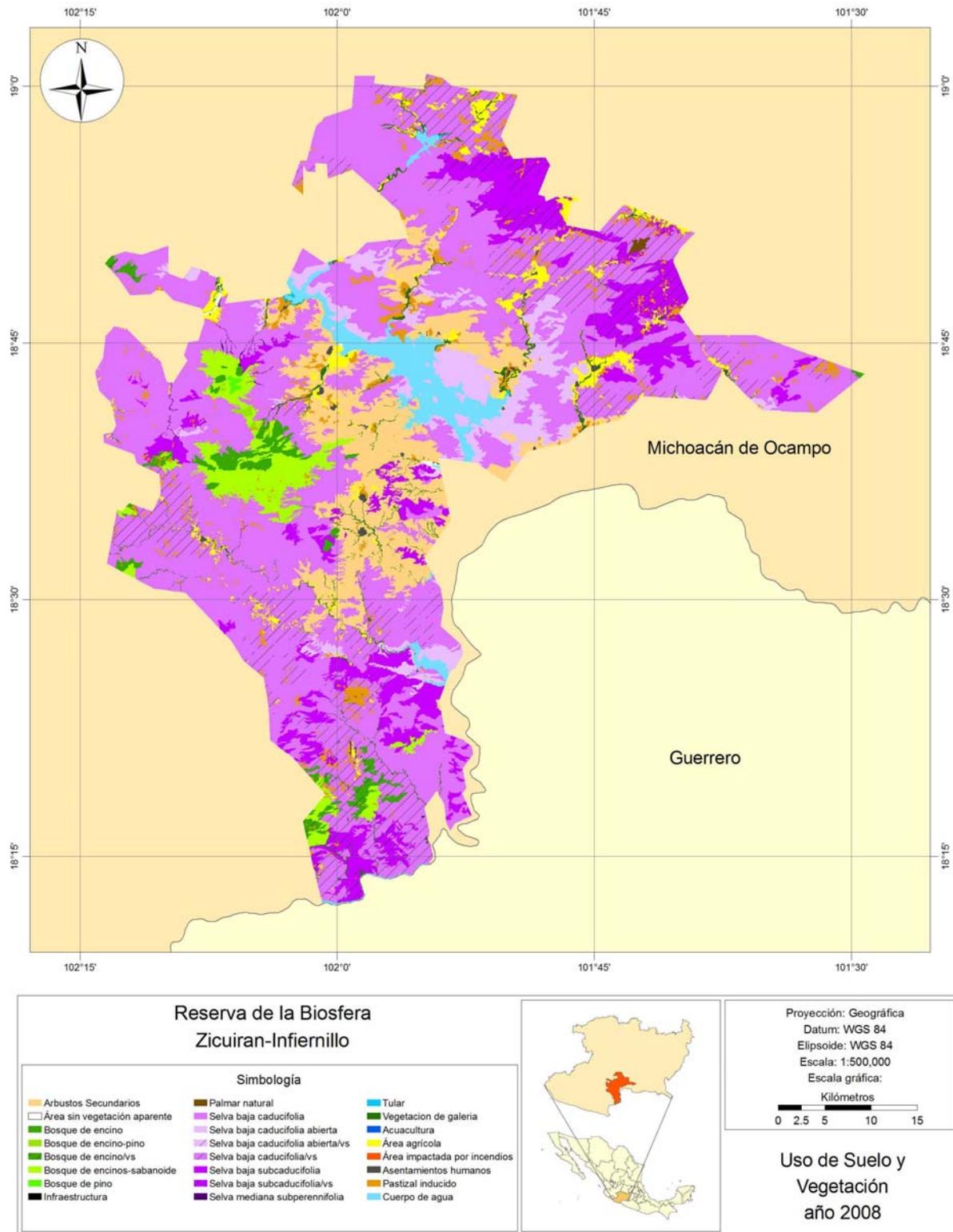


Figura 50. Uso del suelo y vegetación de la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo, año 2008.

Fue calculada la superficie por tipo de uso del suelo y vegetación para la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo para cada año, los resultados se presentan en la Tabla 31. La superficie se agrupa en dos clases Forestal y No Forestal. En el primer grupo la superficie va de 241,421 hectáreas en el año 1999 a 239,344 hectáreas en el año 2008; cifras que corresponden al 91.54% al 90.76% respectivamente. Mientras que en el grupo No Forestal la superficie va de 13,356 hectáreas en el año 1999 a 15,612 hectáreas en el año 2008; cifras que corresponden al 5.06% al 5.92% respectivamente. Los cuerpos de agua están representados con cerca de 9,000 hectáreas que corresponden alrededor del 3%.

Dentro del grupo Forestal el tipo de vegetación dominante es la selva baja caducifolia, 102,691 hectáreas (38.94%) para el año 1999 y 102,369 hectáreas (38.82%) para el año 2008, seguida de la selva baja caducifolia con vegetación secundaria con 46,955 hectáreas (17.8%) y 45,741 hectáreas (17.34%), y la selva baja caducifolia abierta con 15,329 hectáreas (5.81%) y 15,318 hectáreas (5.81%), para los mismos años; en conjunto ocupan un porcentaje de 62.55% para el año 1999 y 61.97% para el 2008.

Le sigue en importancia la selva baja subcaducifolia con 17,224 hectáreas (6.53%) para el año 1999 y 17,176 hectáreas (6.51%) para el año 2008, y la selva baja subcaducifolia con vegetación secundaria con 11,850 hectáreas (4.49%) y 11,511 hectáreas (4.36%), para los mismos años; en conjunto ocupan el 11.02% para el año 1999 y 10.87% para el año 2008.

De los bosques el mayor representado es el encino-sabanoide con 9,709 hectáreas (3.68%) para el año 1999 y 9,660 hectáreas (3.66%) para el 2008.

Es importante hacer notar que las variaciones en las áreas sin vegetación aparente, se producen por las variaciones en los niveles de la presa, lo que se ve reflejado en la superficie que corresponde a los cuerpos de agua.

En el grupo No Forestal, las actividades agrícolas ocupan la mayor superficie con 6,321 hectáreas (2.4%) para el año 1999 a 6,876 hectáreas (2.61%) para el año 2008, seguido del pastizal inducido con 6,273 hectáreas (2.38%) a 7,965 hectáreas (3.02%), para los mismos años. En cuanto a los asentamientos humanos están poco representados y ocupan el 0.26% con 694 hectáreas tanto para el año 1999 como para el 2008.

**Tabla 31.** Uso del suelo y vegetación para la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.

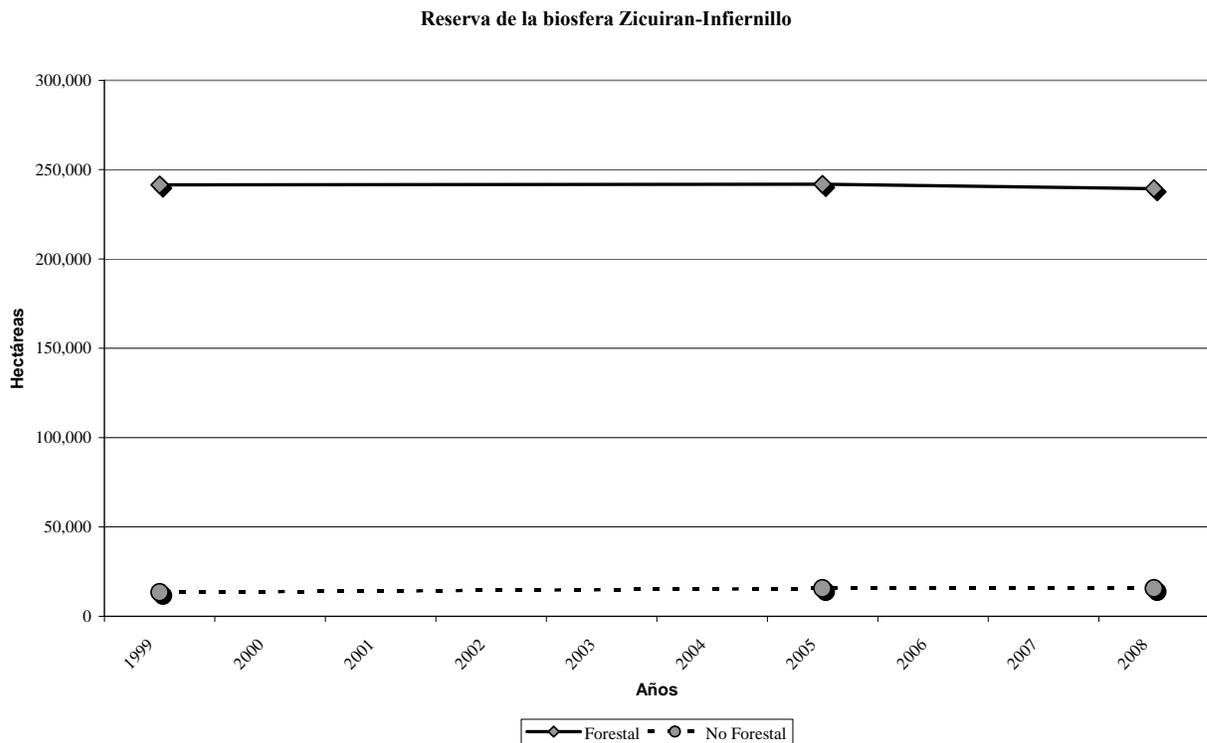
Uso de Suelo y Vegetación	1999		2005		2008	
	HA	%	HA	%	HA	%
<b>FORESTAL</b>						
Área sin vegetación aparente	162	0.06	2,375	0.90	209	0.08
Bosque de encino	3,998	1.52	3,935	1.49	3,935	1.49
Bosque de encino-pino	226	0.09	226	0.09	226	0.09
Bosque de encinos-sabanoide	9,709	3.68	9,674	3.67	9,660	3.66
Bosque de pino	164	0.06	164	0.06	164	0.06
Palmar natural	201	0.08	201	0.08	201	0.08
Selva baja caducifolia	102,691	38.94	102,441	38.84	102,369	38.82
Selva baja caducifolia abierta	15,329	5.81	15,327	5.81	15,318	5.81
Selva baja subcaducifolia	17,224	6.53	17,178	6.51	17,176	6.51
Selva mediana subperennifolia	198	0.08	198	0.08	198	0.08
Tular	39	0.01	326	0.12	86	0.03
Vegetación de galería	2,853	1.08	2,869	1.09	2,869	1.09
Arbustos secundarios	28,894	10.96	29,032	11.01	28,759	10.90
Bosque de encino/vs	928	0.35	906	0.34	922	0.35
Selva baja caducifolia/vs	46,955	17.80	45,584	17.28	45,741	17.34
Selva baja subcaducifolia/vs	11,850	4.49	11,418	4.33	11,511	4.36
<b>Subtotal</b>	<b>241,421</b>	<b>91.54</b>	<b>241,854</b>	<b>91.71</b>	<b>239,344</b>	<b>90.76</b>
<b>NO FORESTAL</b>						
Acuacultura	2	0.00	4	0.00	5	0.00
Área agrícola	6,321	2.40	6,789	2.57	6,876	2.61
Área impactada por incendios	49	0.02	523	0.20	55	0.02
Asentamientos humanos	694	0.26	694	0.26	694	0.26
Infraestructura	17	0.01	17	0.01	17	0.01
Pastizal inducido	6,273	2.38	7,595	2.88	7,965	3.02
<b>Subtotal</b>	<b>13,356</b>	<b>5.06</b>	<b>15,622</b>	<b>5.92</b>	<b>15,612</b>	<b>5.92</b>
<b>OTROS</b>						
Cuerpo de agua	8,946	3.39	6,246	2.37	8,767	3.32
<b>Subtotal</b>	<b>8,946</b>	<b>3.39</b>	<b>6,246</b>	<b>2.37</b>	<b>8,767</b>	<b>3.32</b>
<b>TOTAL</b>	<b>263,723</b>	<b>100</b>	<b>263,723</b>	<b>100</b>	<b>263,723</b>	<b>100</b>

*Cobertura Forestal-No Forestal*

La superficie Forestal y No Forestal se presenta en la siguiente Tabla 32 y es representada en la Figura 51. La cobertura Forestal y No Forestal se mantiene constante a través del tiempo, existen variaciones que se deben principalmente a la presencia de incendios Forestales o quemas agrícolas, o también debido a las variaciones en los niveles del agua en la presa.

**Tabla 32.** Datos de superficie Forestal y No Forestal

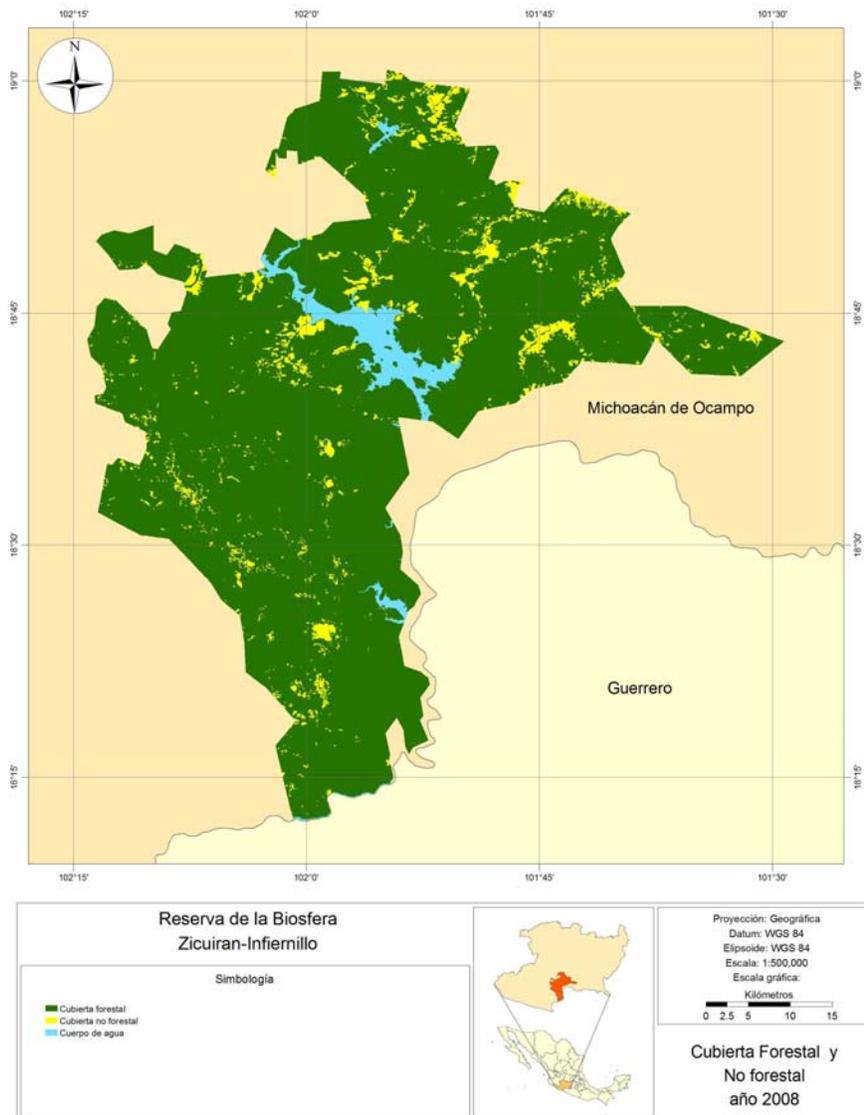
Año	Forestal	No Forestal
1999	241,421	13,356
2005	241,854	15,622
2008	239,344	15,612



**Figura 51.** Superficie Forestal y No Forestal

## INFORME FINAL

En la figura 52 se muestra la cobertura Forestal con un color verde, y No Forestal en amarillo. Los cuerpos de agua se representan en color azul. Las zonas No Forestales se encuentran distribuidas en gran parte del área. La reserva fue establecida recientemente a finales del año 2007, con base en la imagen del 2008, se registra una cobertura No Forestal de 15,612 hectáreas que corresponde al 5.92% de la superficie de la región.



**Figura 52.** Áreas con cobertura Forestal y No Forestal, reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.

**Tabla 33.** Matriz de transición 1999-2008 para la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.

Zicuirán-Infiernillo 1999-2008	Area Sin Vegetacion Aparente	Bosque de Encino	Bosque de Encino-Pino	Bosque de Encinos-Sabanoide	Bosque de Pino	Palmar Natural	Selva Baja Caducifolia	Selva Baja Caducifolia Abierta	Selva Baja Subcaducifolia	Selva Mediana Subperennifolia	Tular	Vegetacion de Galeria	Arbustos Secundarios	Bosque de Encino/vs	Selva Baja Caducifolia/vs	Selva Baja Subcaducifolia/vs	Acuacultura	Area Agricola	Area Impactada por incendios	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal Inducido	Cuerpo de Agua	Total 1999	
Area Sin Vegetacion Aparente	121																						40	162	
Bosque de Encino		3,935																					62	3,998	
Bosque de Encino-Pino			226																					226	
Bosque de Encinos-Sabanoide				9,660																			49	9,709	
Bosque de Pino					164																			164	
Palmar Natural						201																		201	
Selva Baja Caducifolia							102,368								5				36	3			278	102,691	
Selva Baja Caducifolia Abierta								15,287															42	15,329	
Selva Baja Subcaducifolia									17,176										2				46	17,224	
Selva Mediana Subperennifolia										198														198	
Tular											30							1	6					2	39
Vegetacion de Galeria												2,853							0					1	2,853
Arbustos Secundarios													28,527						81				285	28,894	
Bosque de Encino/vs														906									22	928	
Selva Baja Caducifolia/vs															45,581	0		1	332	38			1,002	46,955	
Selva Baja Subcaducifolia/vs																11,471			113	12			254	11,850	
Acuacultura																	2							2	
Area Agricola	4																		6,277				33	0	6,321
Area Impactada por incendios												2		8	7	9			3				20	49	
Asentamientos Humanos																					694				694
Infraestructura																						17		17	
Pastizal Inducido													201	10	141	39		1	11	1			5,867	0	6,273
Cuerpo de Agua	84						1	30			53	16	21					15				3	8,724	8,946	
Total 2008	209	3,935	226	9,660	164	201	102,369	15,318	17,176	198	86	2,869	28,759	922	45,741	11,511	5	6,876	55	694	17	7,965	8,767	263,723	

## INFORME FINAL

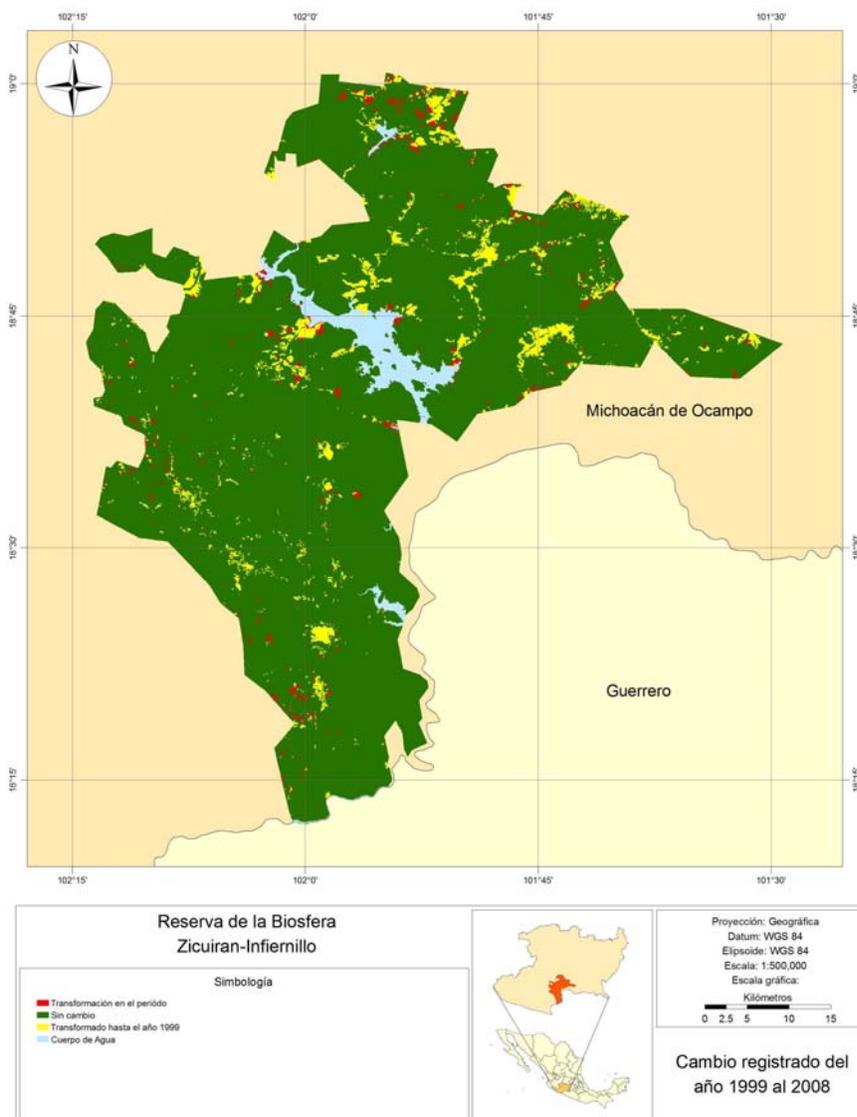
### *Matriz de transición.*

Los cambios que se presentan se deben principalmente a la presencia de pastizal inducido, donde el tipo de vegetación más afectado es la selva baja caducifolia y selva baja caducifolia con vegetación secundaria, así como la selva baja subcaducifolia. La agricultura genera un impacto sobre las selvas baja caducifolia y subcaducifolia. En total en el periodo se transformaron 2,077 hectáreas, lo que representa un cambio 260 hectáreas por año (Tabla 34).

**Tabla 34.** Tipos de vegetación afectados, reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.

Zicuirán-Infiernillo 2000-2008	Acuacultura	Área agrícola	Área impactada por incendios	Pastizal inducido	Cuerpo de agua
Área sin vegetación aparente		4			43
Bosque de encino				-62	
Bosque de encinos-sabanoide				-49	
Selva baja caducifolia		-36	-3	-278	1
Selva baja caducifolia abierta				-42	30
Selva baja subcaducifolia		-2		-46	
Tular	-1	-6	2		51
Vegetación de galería		0			15
Arbustos secundarios		-80	8	-84	21
Bosque de encino/vs			7	-12	
Selva baja caducifolia/vs	-1	-328	-29	-862	
Selva baja subcaducifolia/vs		-112	-12	-215	
<b>Subtotal</b>	<b>-2</b>	<b>-558</b>	<b>-28</b>	<b>-1,651</b>	<b>161</b>
<b>Total de cambio en el periodo HA</b>	<b>-2,077</b>				
<b>Total por año HA</b>	<b>-260</b>				

Los pastizales y la agricultura son las principales actividades que impactan a los diferentes tipos de vegetación presentes en la reserva. En la figura 53 se pueden observar las áreas de cambio en color rojo, la mayoría son pequeñas y se encuentran asociadas a las actividades agropecuarias.



**Figura 53.** Áreas de cambio 1999-2008, reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo.

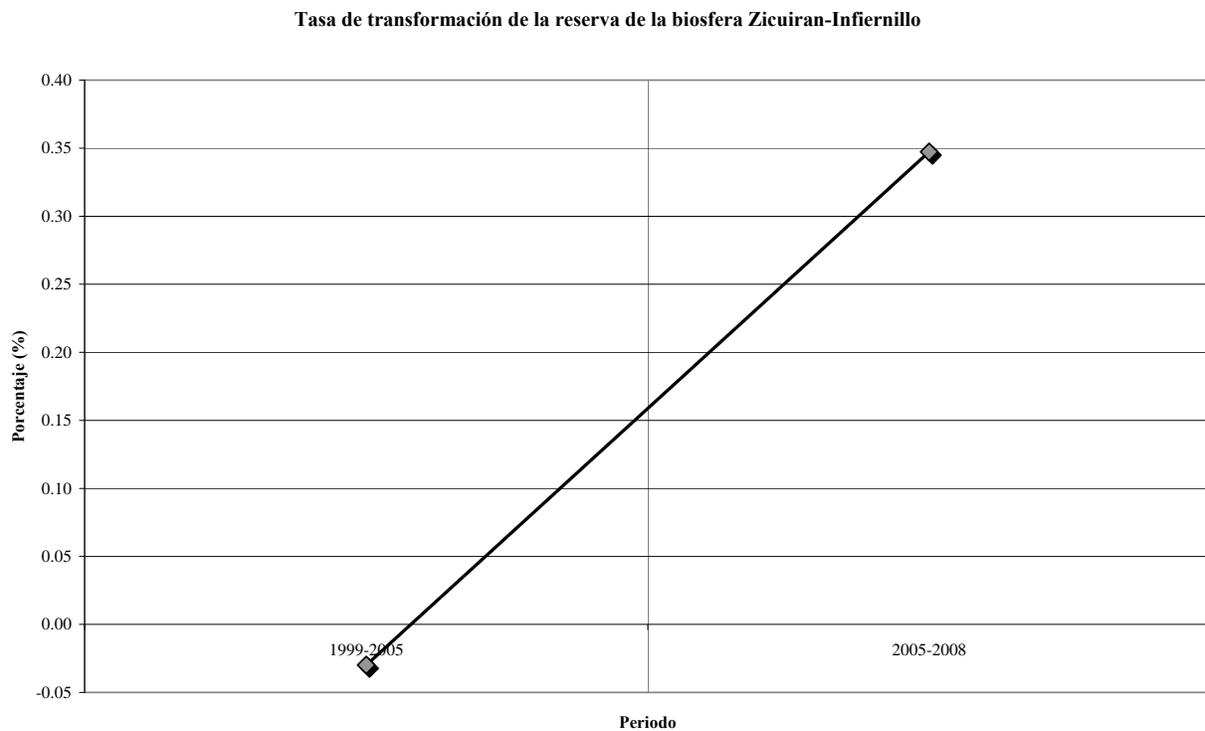
# INFORME FINAL

## Tasa de transformación

La tasa de transformación en el periodo 1999-2008 fue de 0.1% que corresponde a 2,077 hectáreas (Tabla 33). Entre 1999-2005 hubo cambio positivo de 433 hectáreas con un valor de -0.03%. Mientras que para el periodo 2005-2008 se modificaron 2,511 hectáreas y se presentó una tasa de transformación de 0.35% (Figura 54).

**Tabla 35.** Tasa de transformación del hábitat en la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo

Período	s1	s2	Cambio (HA)	Año	Tasa de cambio	(%) Tasa de Cambio anual
1999-2005	241,421	241,854	433	6	-0.000298838	-0.03
2005-2008	241,854	239,344	-2,511	3	0.003472336	0.35
1999-2008	241,421	239,344	-2,077	9	0.000959803	0.10



**Figura 54.** Tasa de transformación del hábitat.

**Propuesta: Área de Protección de Flora y Fauna Marismas Nacionales, Nayarit.**

*Imágenes*

Para el análisis del uso del suelo y vegetación de la propuesta de área protección de flora y fauna Marismas Nacionales, se tomó la determinación de ampliar el periodo de análisis comenzando a partir del año 1990, esto debido, a que se detectó un comportamiento irregular en la zona de manglar al momento de explorar la serie de imágenes Landsat y Spot. En total se utilizaron 4 imágenes Landsat; 2 del sensor TM y 4 del sensor ETM+, mismas que solo fueron empleadas para obtener los productos del presente proyecto y que se encuentran bajo resguardo de la CONANP. Las imágenes fueron obtenidas a través de la CONANP y pertenecen al acervo de imágenes de la SEMARNAT. El Path/Row corresponde al 31/44 y 31/45, tomadas el 06 de abril de 1990 y el 21 y 22 de diciembre del 2000, las imágenes contienen 6 bandas de tipo multiespectral con una resolución de 30 metros de pixel y una banda de tipo pancromático con una resolución de 15 metros de resolución. (Tabla 36).

**Tabla 36.** Imágenes Landsat para la propuesta del APFyF Marismas Nacionales.

Sensor	Path	Row	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
TM	31	44	06-Abr-90	30	6	Multiespectral	Ortorectificada
	31	45	06-Abr-90	30	6	Multiespectral	Ortorectificada
EMT+	31	44	21-Dic-00	30	6	Multiespectral	Ortorectificada
				15	1	Pancromática	Ortorectificada
	31	45	21-Dic-00	30	6	Multiespectral	Ortorectificada
				15	1	Pancromática	Ortorectificada

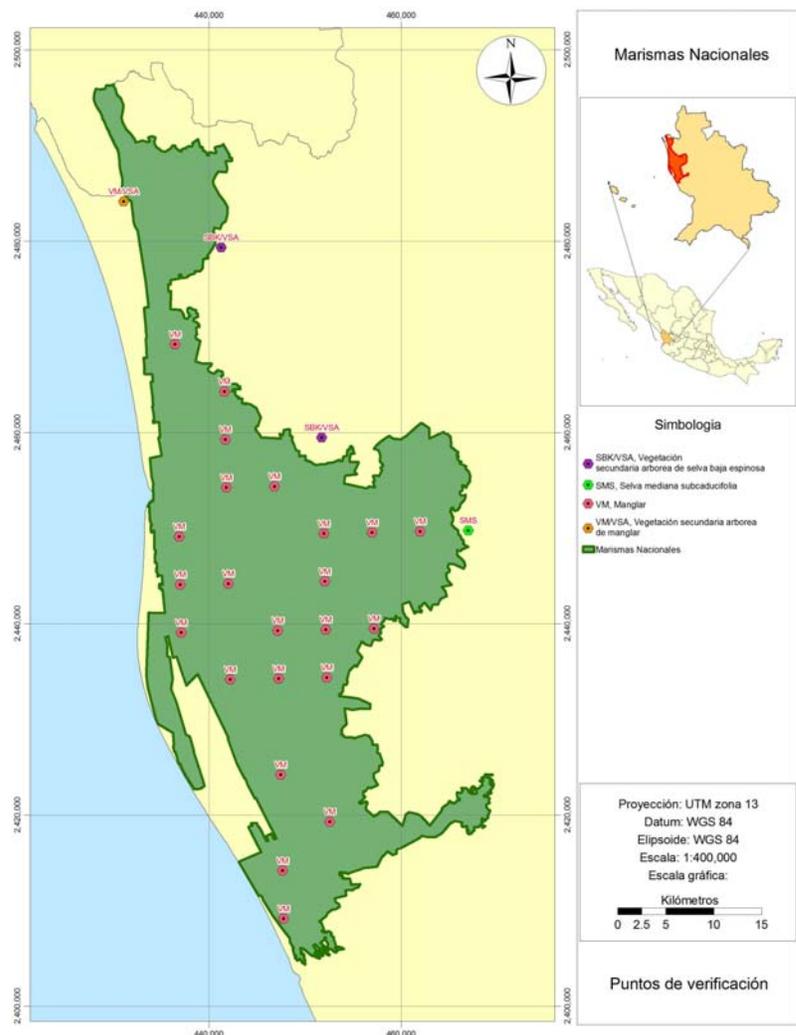
También fueron utilizadas 5 imágenes de satélite SPOT 5 obtenidas a través de la CONANP por la Estación de Recepción México de la constelación SPOT (ERMEXS), mismas que solo fueron empleadas para obtener los productos del presenta proyecto y que se encuentran bajo resguardo de la CONANP. Las imágenes corresponden a los K/J como se indican en la Tabla 37 de fechas 01 de diciembre del 2005, y 8 de enero y 24 de abril del 2009, todas las imágenes contienen 4 banda de tipo multiespectral con una resolución de 10 metros de píxel.

# INFORME FINAL

**Tabla 37.** Imágenes SPOT para la propuesta del APFyF Marismas Nacionales.

Sensor	K	J	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
Spot	574	305	01-Dic-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	574	306	01-Dic-05	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	573	305	08-Ene-09	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	573	306	08-Ene-09	10	4	Multiespectral	Ortorectificada
	575	306	24-Abr-09	10	4	Multiespectral	Ortorectificada

Para la verificación de los tipos de uso de suelo y vegetación de la propuesta del área de protección de flora y fauna Marismas Nacionales, se utilizaron los puntos del Inventario Nacional Forestal Forestal (CONAFOR, 2009), consta de 27 distribuidos de manera homogénea sobre toda el área (Figura 55). También fue utilizada la cobertura de manglares elaborada por CONABIO (2008), con la finalidad de comparar los datos obtenidos de manglares para ésta región. Por último se realizó una visita de campo a puntos específicos, tomando como base la cobertura generada a partir de las clasificaciones automatizadas e interpretación en formato raster y vectorial del año 2009. Para ello se contó con el apoyo de personal del área: Biól. Víctor Hugo Vázquez Morán, Director del Área y su equipo de colaboración integrado por: Biól. Juan Antonio Reynoso Morán, Biól. Javier Rodrigo Gómez Jolly y el Tec. Hugo Valadez Virgen.



**Figura 55.** Puntos de verificación del Inventario Nacional Forestal

*Leyenda.*

La leyenda de trabajo obtenida para la propuesta de área de protección de flora y fauna Marismas Nacionales, cuenta con 16 categorías entre cubierta Forestal y usos del suelo:

1. Área sin vegetación aparente
2. Área sujeta a inundación
3. Manglar
4. Selva Baja Espinosa
5. Pastizal Halófilo
6. Vegetación halófila
7. Palmar
8. Selva Baja Espinosa /vegetación secundaria
9. Selva Mediana Subperennifolia /vegetación secundaria
10. Acuacultura
11. Área agrícola
12. Asentamientos humanos
13. Infraestructura
14. Manglar Seco
15. Pastizal inducido
16. Cuerpo de Agua

## INFORME FINAL

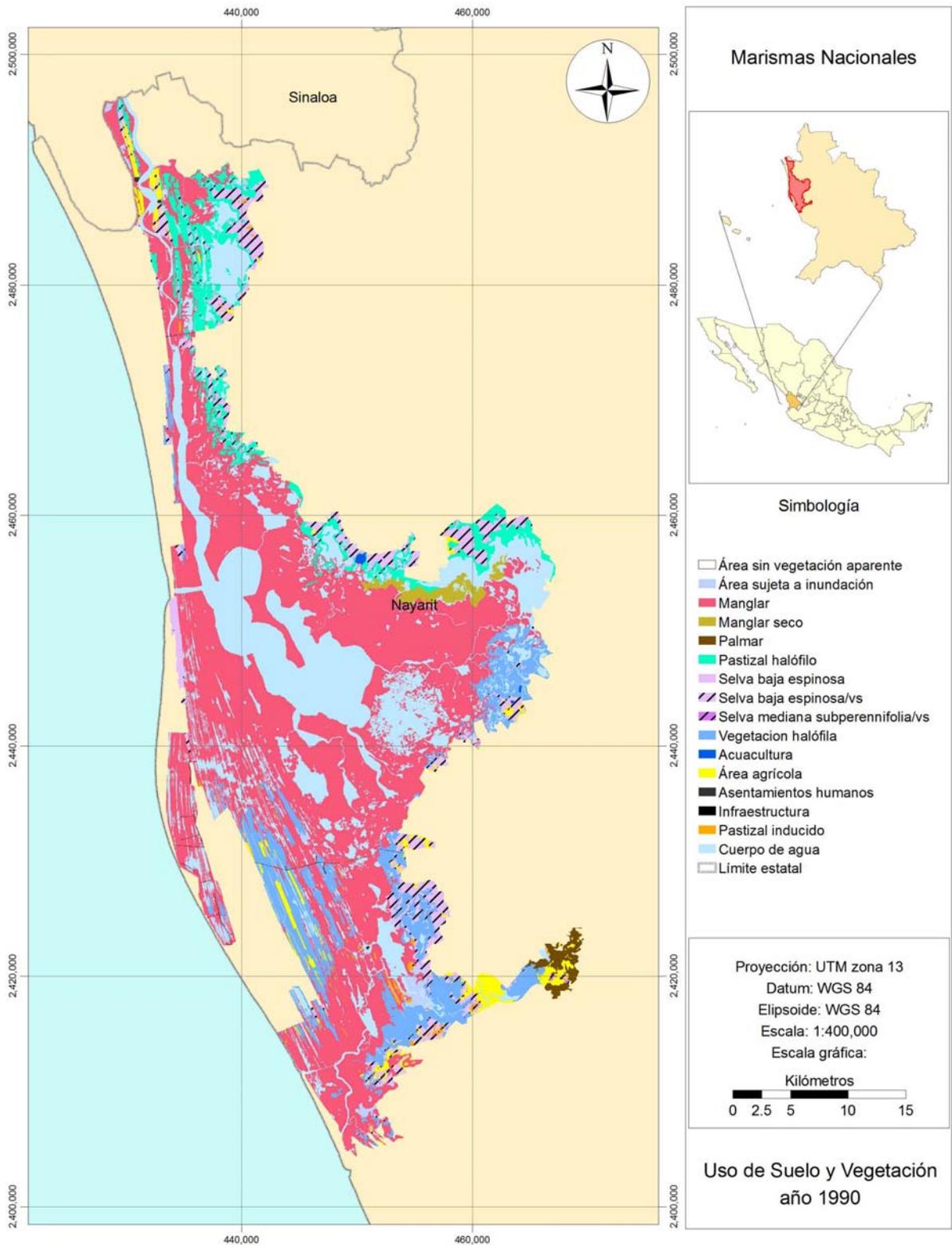
### *Uso del suelo y vegetación.*

Como resultado de la clasificación de las imágenes de satélite y la interpretación interdependiente, se generaron 4 capas que corresponde a los años 1990 (usv\_MarNac-90.shp), 2000 (usv\_MarNac-00.shp) y 2005 (usv\_MarNac-05.shp) y 2009 (usv\_MarNac-09.shp). La información se encuentran en formato SHP, con una proyección UTM y un Datum de referencia WGS84. A continuación se presentan los mapas de uso del suelo y vegetación por año para el área de Marismas Nacionales (Figura 56, 57, 58 y 59).

El área esta constituida principalmente por manglar y cuerpos de agua, ambos representan más del 80% de la superficie del área. Los cuerpos de agua más grandes se ubican hacia la parte central del manglar. Mientras que los pastizales y la vegetación halófila se encuentran en la periferia de éstos, en la zona de las salinas.

La zona de manglar esta delimitada por las selvas que se distribuyen alrededor del manglar después de las áreas de inundación. Un tipo de vegetación que se encuentra poco relacionado con el manglar es el palmar, estos constituyen un reducto de vegetación para la zona y que, con la intención de mantenerlos fueron integrados en el polígono de la propuesta de Marismas Nacionales.

Las actividades humanas se distribuyen de la siguiente forma: la acuicultura se encuentra en la periferia del manglar en donde la disponibilidad del agua permite su desarrollo, la agricultura y los pastizales inducidos se ubican en tierra firme entre las zonas de manglar y sobre las partes que fueron ocupadas por las selvas. Los asentamientos humanos están poco representados dentro de la propuesta de ANP.



**Figura 56.** Uso del suelo y vegetación de la propuesta de APFyF Marismas Nacionales, año 1990.

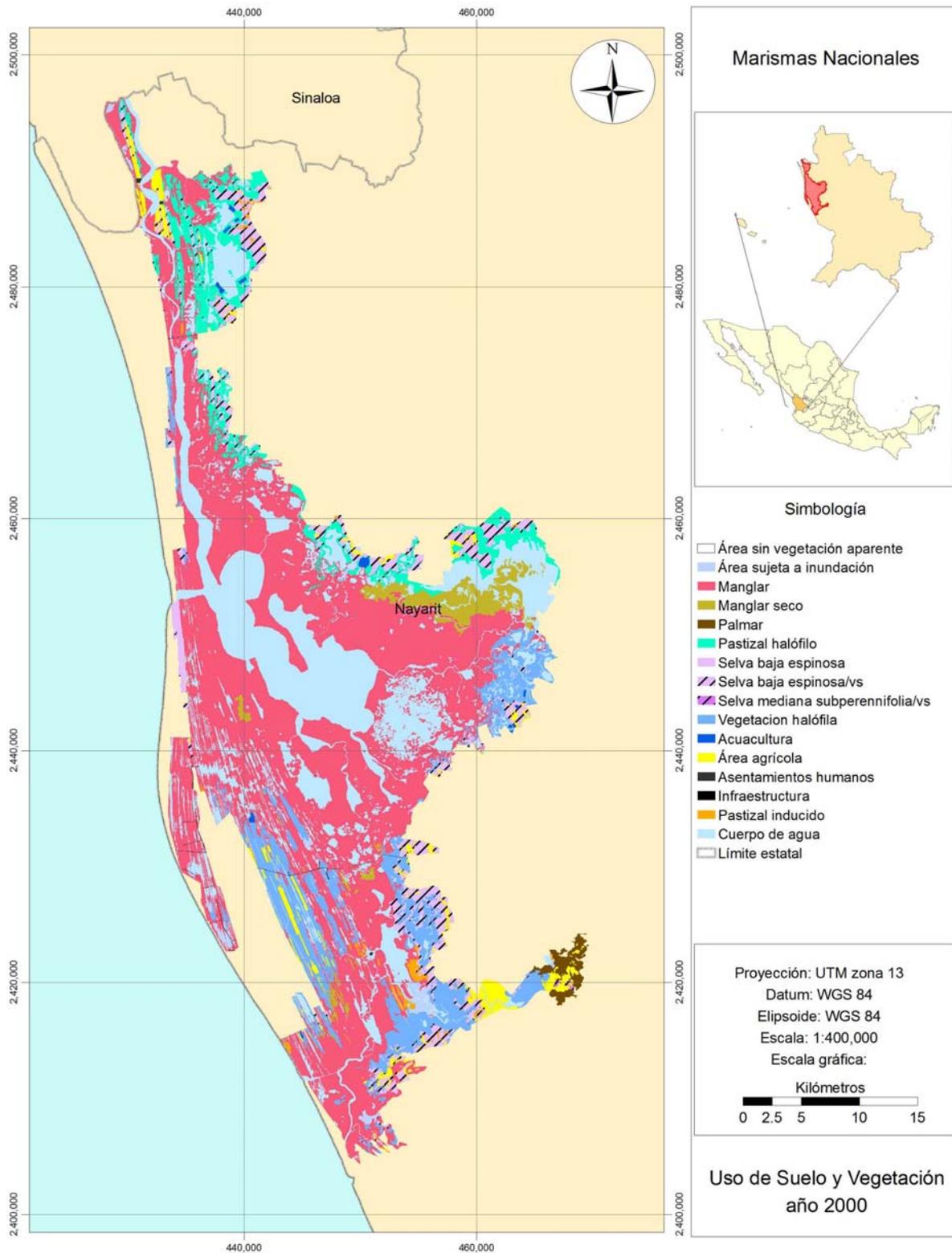
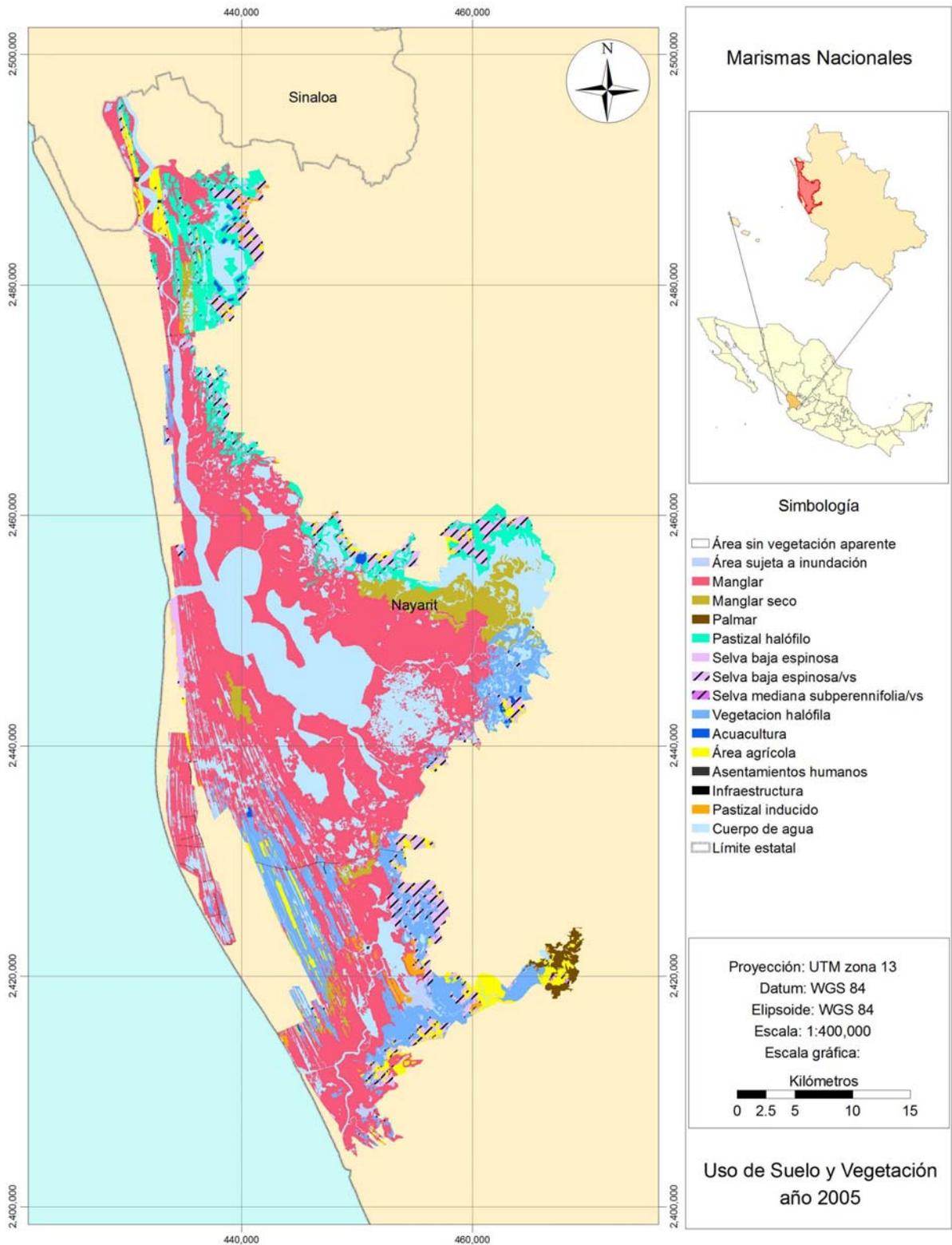
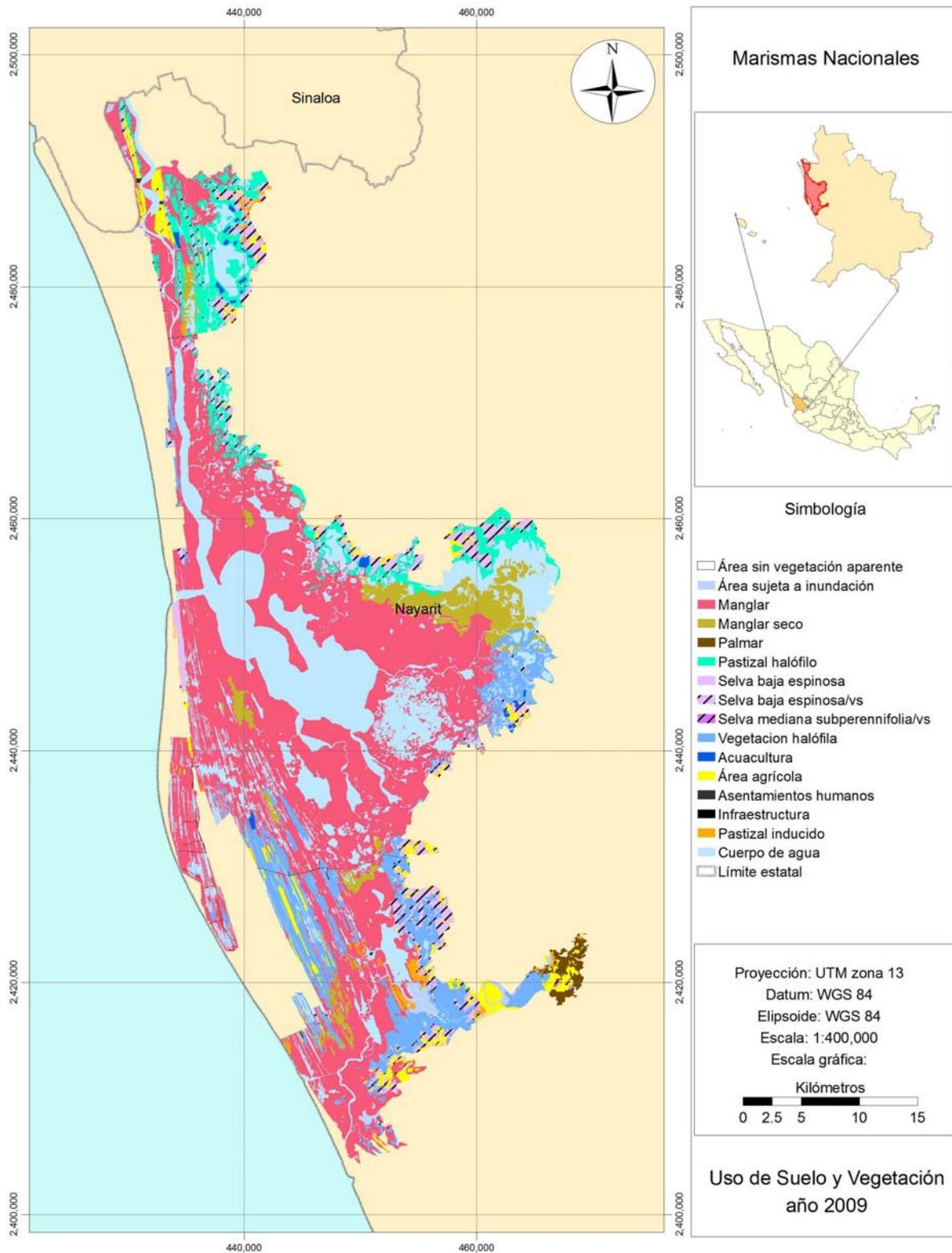


Figura 57. Uso del suelo y vegetación de la propuesta APFyF Marismas Nacionales, año 2000.



**Figura 58.** Uso del suelo y vegetación de la propuesta APFyF Marismas Nacionales, año 2005.



**Figura 59.** Uso del suelo y vegetación de la propuesta APFyF Marismas Nacionales, año 2009.

Fue calculada la superficie por tipo de uso del suelo y vegetación para la propuesta del área de protección de flora y fauna Marismas Nacionales, Nayarit para cada año, los resultados se presentan en la siguiente Tabla 38. La superficie se agrupa en dos clases Forestal y No Forestal. En el primer grupo la superficie va de 94,909 hectáreas en el año 1990 a 89,077 hectáreas en el año 2009; cifras que corresponden al 70.9% al 66.55% respectivamente. Mientras que en el grupo No Forestal la superficie va de 4,569 hectáreas en el año 1999 a 11,250 hectáreas en el año 2009; cifras que corresponden al 3.41% al 8.4% respectivamente. El área cuenta con una gran cantidad de cuerpos de agua, los datos indican una superficie aproximada de 35,000 hectáreas que corresponden alrededor del 25% y puede variar dependiendo de los niveles de agua.

Dentro del grupo Forestal el tipo de vegetación dominante es el manglar con 64,009 hectáreas (47.82%) para el año 1990 y 59,119 hectáreas (44.17%) para el año 2009, seguido de la vegetación halófila con 12,400 hectáreas (9.26%) y 12,385 hectáreas (9.25%), y del pastizal halófilo con 7,181 hectáreas (5.37%) y 7,606 hectáreas (5.68%), para los mismos años, el resto de los tipos de vegetación ocupan un porcentaje menor.

En el grupo No Forestal, las actividades agrícolas ocupan la mayor superficie con 2,637 hectáreas (1.97%) a 3,943 hectáreas (2.95%). También destaca una porción importante de manglar con una superficie de 1,349 hectáreas (1.01%) en el año 1999 y 5,803 hectáreas (4.34%) en el año 2009, mismo que presenta un proceso de deterioro que se manifiesta por la presencia de un continuo de individuos secos. En el caso de los asentamientos humanos se encuentran poco representados y ocupan apenas el 0.03% con 36 hectáreas para el año 1999 y 37 hectáreas para el año 2009.

**Tabla 38.** Uso del suelo y vegetación para propuesta APFYF Marismas Nacionales.

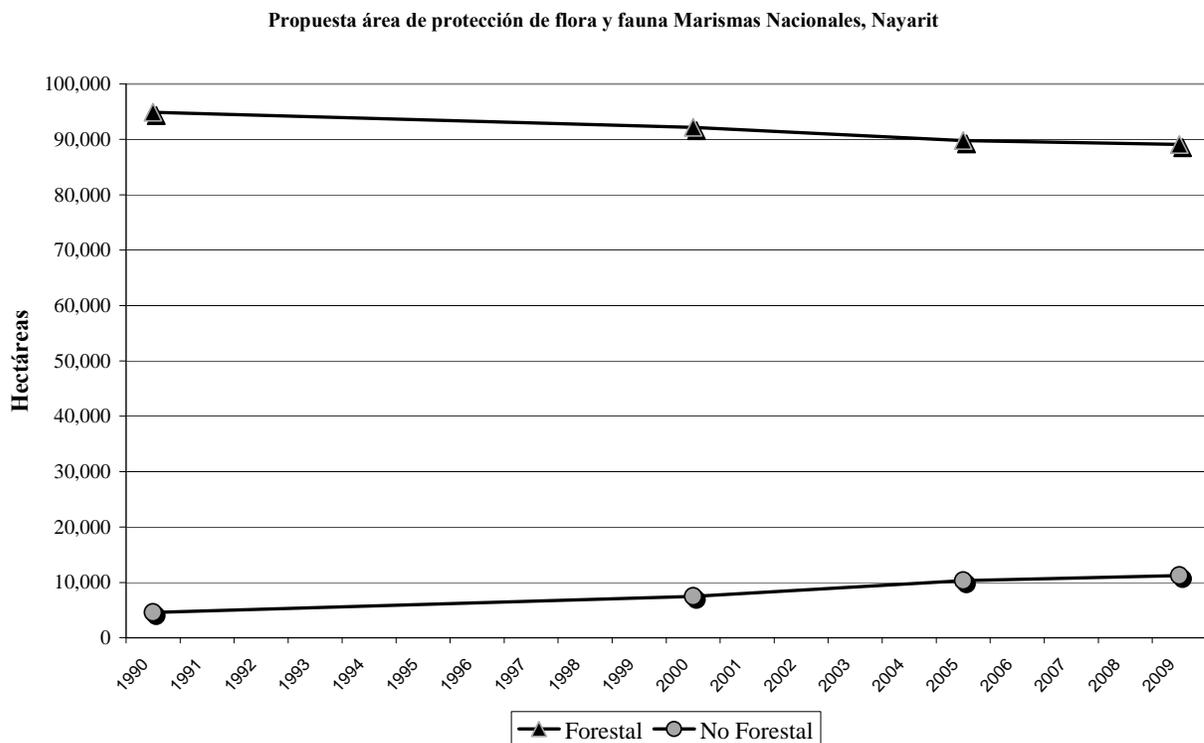
Uso de Suelo y Vegetación	1990		2000		2005		2009	
	HA	%	HA	%	HA	%	HA	%
<b>FORESTAL</b>								
Área Sin Vegetación Aparente	15	0.01	13	0.01	13	0.01	14	0.01
Área Sujeta a Inundación	1,268	0.95	1,148	0.86	1,214	0.91	1,413	1.06
Manglar	64,009	47.82	61,700	46.10	59,639	44.56	59,119	44.17
Selva Baja Espinosa	473	0.35	457	0.34	424	0.32	424	0.32
Pastizal Halófilo	7,181	5.37	7,391	5.52	7,574	5.66	7,606	5.68
Vegetación Halófila	12,400	9.26	12,320	9.20	12,419	9.28	12,385	9.25
Palmar	909	0.68	900	0.67	854	0.64	820	0.61
Selva Baja Espinosa/vs	8,599	6.42	8,200	6.13	7,613	5.69	7,249	5.42
Selva Mediana Subperennifolia/vs	56	0.04	56	0.04	46	0.03	46	0.03
<b>Subtotal</b>	<b>94,909</b>	<b>70.90</b>	<b>92,185</b>	<b>68.87</b>	<b>89,797</b>	<b>67.09</b>	<b>89,077</b>	<b>66.55</b>
<b>NO FORESTAL</b>								
Acuacultura	91	0.07	267	0.20	352	0.26	442	0.33
Área Agrícola	2,637	1.97	3,050	2.28	3,672	2.74	3,943	2.95
Asentamientos Humanos	36	0.03	36	0.03	37	0.03	37	0.03
Infraestructura	109	0.08	114	0.08	116	0.09	116	0.09
Manglar Seco	1,349	1.01	3,391	2.53	5,376	4.02	5,803	4.34
Pastizal Inducido	346	0.26	637	0.48	772	0.58	909	0.68
<b>Subtotal</b>	<b>4,569</b>	<b>3.41</b>	<b>7,494</b>	<b>5.60</b>	<b>10,325</b>	<b>7.71</b>	<b>11,250</b>	<b>8.40</b>
<b>OTROS</b>								
Cuerpo de agua	34,376	25.68	34,175	25.53	33,732	25.20	33,527	25.05
<b>Subtotal</b>	<b>34,376</b>	<b>25.68</b>	<b>34,175</b>	<b>25.53</b>	<b>33,732</b>	<b>25.20</b>	<b>33,527</b>	<b>25.05</b>
<b>TOTAL</b>	<b>133,854</b>	<b>100</b>	<b>133,854</b>	<b>100</b>	<b>133,854</b>	<b>100</b>	<b>133,854</b>	<b>100</b>

*Cobertura Forestal-No Forestal*

La superficie Forestal y No Forestal se presenta en las siguiente Tabla 39 y la Figura 60. Se observa una disminución continua a lo largo del tiempo de la cubierta Forestal. Este proceso se manifiesta principalmente por el incremento de las áreas de manglar seco, este proceso ya se registraba en los datos de las imágenes del año 1990. En el periodo comprendido entre 1990-2009 se han transformado 5,832 hectáreas

**Tabla 39.** Datos de superficie Forestal y No Forestal

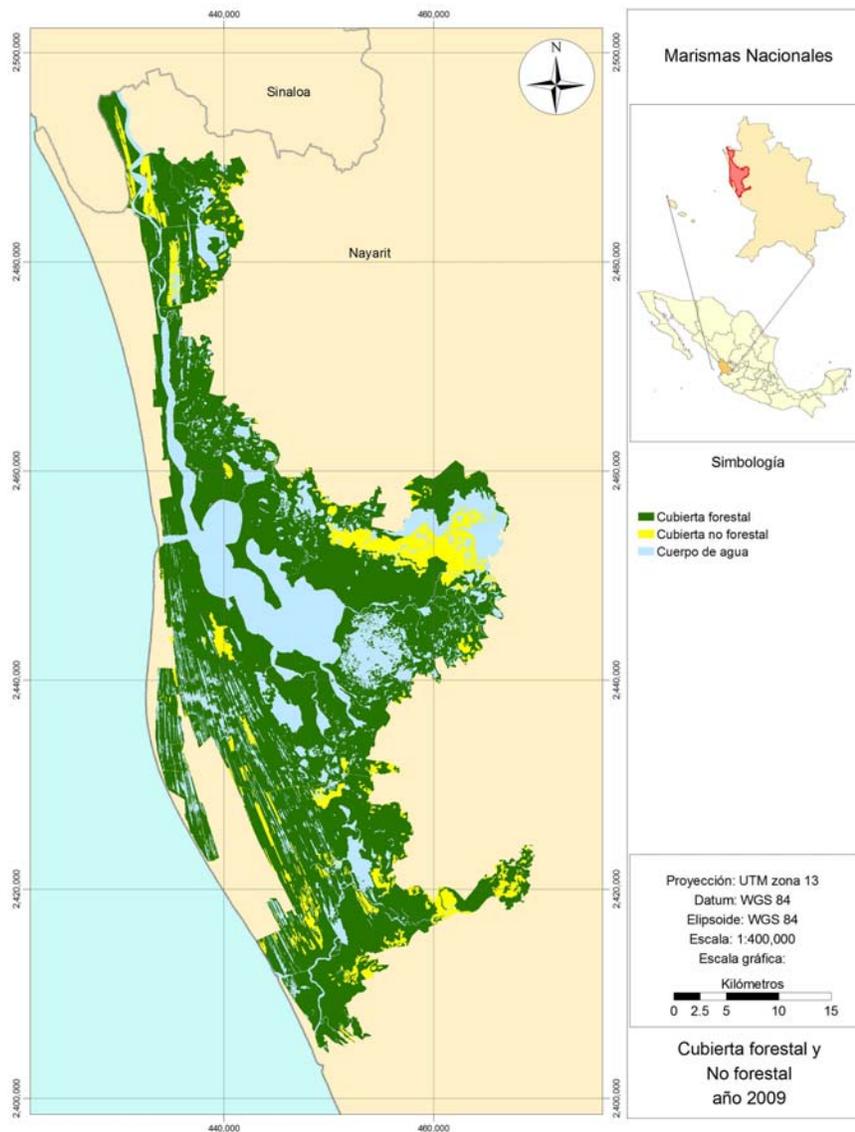
Año	Forestal	No Forestal
1990	94,909	4,569
2000	92,185	7,494
2005	89,797	10,325
2009	89,077	11,250



**Figura 60.** Superficie Forestal y No Forestal

## INFORME FINAL

En la figura 61 se muestra la cobertura Forestal con un color verde, y No Forestal en amarillo. Los cuerpos de agua se representan en color azul. Las áreas No Forestales se distribuyen alrededor del área. Ésta área aún no cuenta con un decreto de protección, datos obtenidos en este trabajo indican que el polígono propuesto cuenta con una superficie No Forestal de 11,250 hectáreas que representa el 8.40% del total del área.



**Figura 61.** Áreas con cobertura Forestal y No Forestal, propuesta Marismas Nacionales, año 2009.

**Tabla 40.** Matriz de transición 1990-2009 para propuesta APFyF Marismas Nacionales.

Marismas Nacionales 1990-2009	Área sin vegetación aparente	Área sujeta a inundación	Manglar	Selva baja espinosa	Pastizal halófilo	Vegetación halófila	Palmar	Selva baja espinosa/vs	Selva mediana subperennifolia/vs	Acuicultura	Área agrícola	Asentamientos humanos	Infraestructura	Manglar seco	Pastizal inducido	Cuerpo de agua	Total 1990
Área sin vegetación aparente	10															4	15
Área sujeta a inundación		1,144			3			5			0				65	52	1,268
Manglar	2		59,051		0	0				2	74		3	4,455	326	96	64,009
Selva baja espinosa				424				18			30						473
Pastizal halófilo					7,008					139			4			31	7,181
Vegetación halófila		0				12,268				91	41						12,400
Palmar		7					815				46					40	909
Selva baja espinosa / vs								7,097		30	1,248	2			214	7	8,599
Selva mediana subperennifolia / vs									46		10						56
Acuicultura										91							91
Área agrícola		110				3	6	75		5	2,438						2,637
Asentamientos humanos												36					36
Infraestructura													109				109
Manglar seco														1,349			1,349
Pastizal inducido								53			33					261	346
Cuerpo de agua	2	152	68		595	114				83	23					3	33,336
Total 2009	14	1,413	59,119	424	7,606	12,385	820	7,249	46	442	3,943	37	116	5,803	909	33,527	133,854

## INFORME FINAL

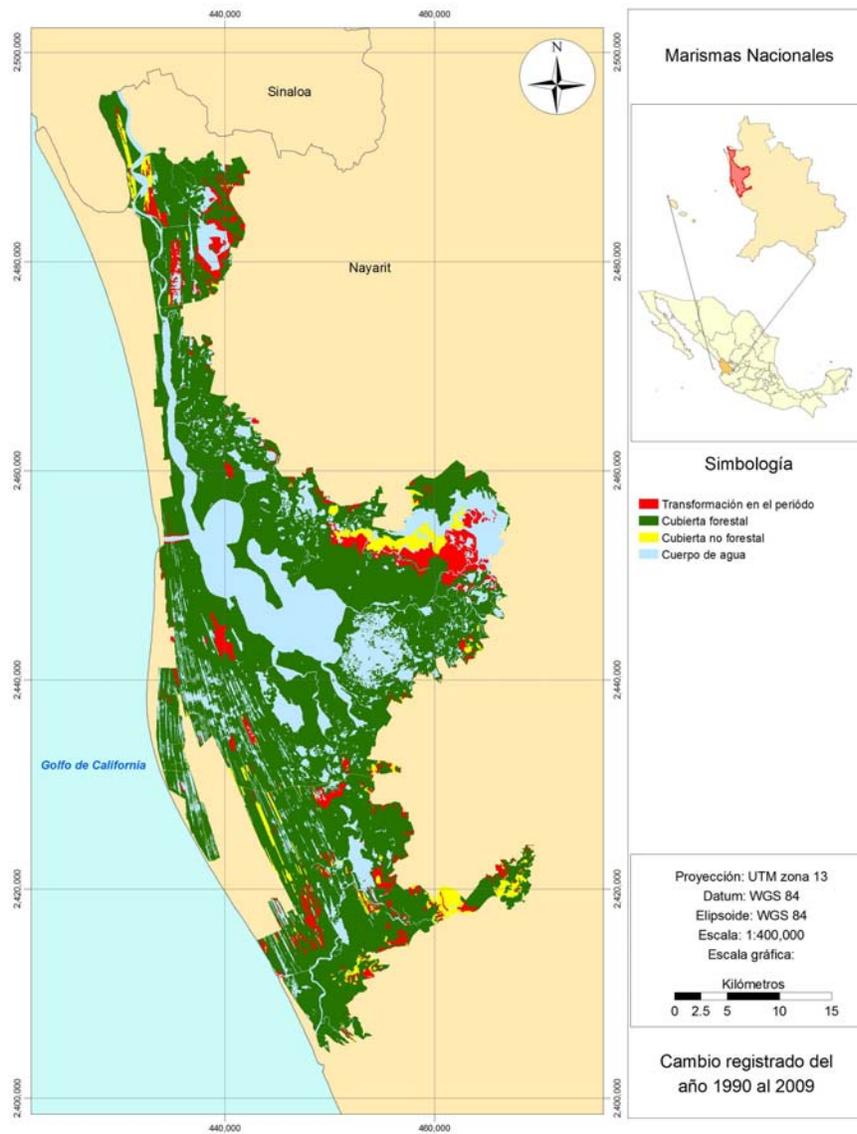
### *Matriz de transición.*

Se presentan cambios importantes debido a las variaciones en el nivel del agua, reflejado en la dinámica entre los cuerpos de agua y las zonas sujetas a inundación. Las actividades agrícolas impactan en distintas cubiertas Forestales. Los mayores cambios se presentan sobre el manglar hacia manglar seco. En total en el periodo se transformaron 5,832 hectáreas, lo que representa 306.96 hectáreas por año.

**Tabla 41.** Tipos de vegetación afectados, propuesta APFyF Marismas Nacionales

Marismas Nacionales 1990-2009	Acuicultura	Área Agrícola	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Manglar Seco	Pastizal Inducido	Cuerpo de Agua
Área Sin Vegetación Aparente							-3
Área Sujeta a Inundación		110				-65	100
Manglar	-2	-74		-3	-4,455	-326	-28
Selva Baja Espinosa		-30					
Pastizal Halófilo	-139			-4			564
Vegetación Halófila	-91	-38					114
Palmar		-41				-40	
Selva Baja Espinosa / vs	-30	-1,173	-2			-161	-7
Selva Mediana Subperennifolia / vs		-10					
<b>Subtotal</b>	<b>-263</b>	<b>-1,255</b>	<b>-2</b>	<b>-6</b>	<b>-4,455</b>	<b>-592</b>	<b>740</b>
<b>Hectáreas de cambio en el periodo</b>	<b>-5,832</b>						
<b>Hectáreas por año</b>	<b>-306.96</b>						

En la figura 62 se pueden observar las áreas de cambio en el periodo. En color rojo se muestran aquellas donde se ha presentado un proceso de transformación. En las porciones centrales se encuentran todas aquellas áreas de manglar seco. Mientras que al borde del límite aquellas áreas han sido modificadas por actividades antrópicas.



**Figura 62.** Áreas de cambio 1990-2009, Marismas Nacionales.

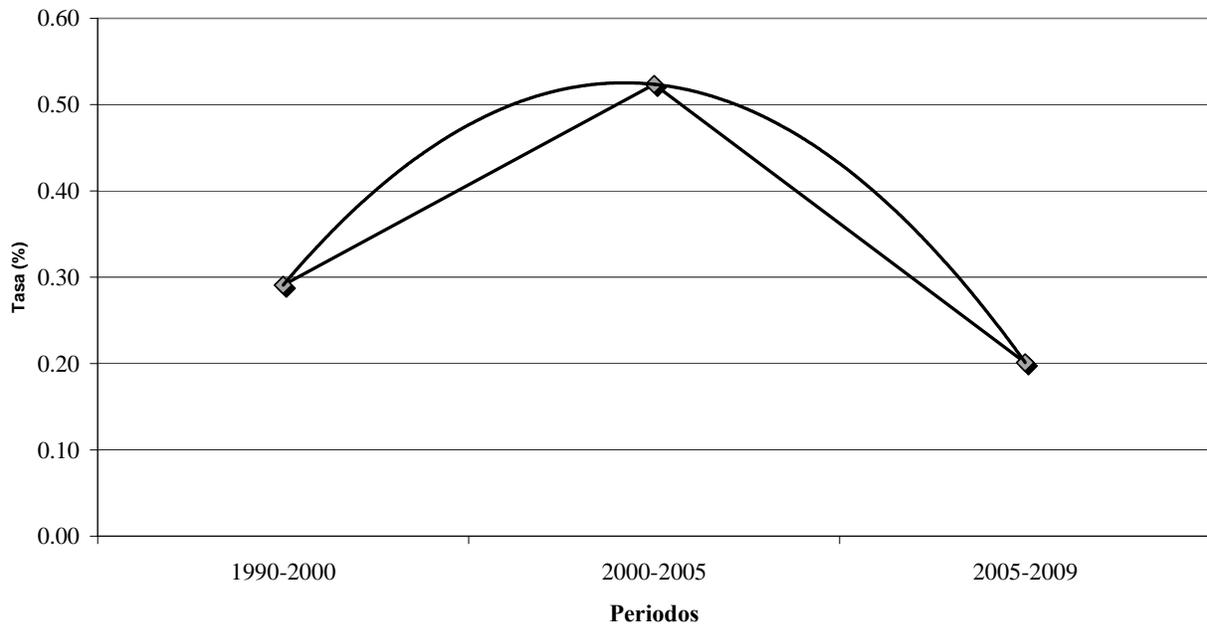
*Tasa de transformación.*

De 1990 al 2000 hubo un cambio de 2,724 hectáreas, lo que indica que la tasa 0.29%. Mientras que para el periodo 2000-2005 se modificaron 2,388 hectáreas siendo la tasa de 0.52%. En el último periodo disminuyó la tasa al 0.20% con 720 hectáreas (Tabla 42). El balance general de la tasa de transformación en el periodo 1990-2000 es de 0.33% representadas en 5,832 hectáreas. Con una tendencia a incrementarse en los dos primeros periodos y disminuir en el último (Figura 20).

**Tabla 42.** Tasa de transformación del hábitat de la propuesta APFyF Marismas Nacionales.

Período	s1	s2	Cambio (HA)	Año	Tasa de cambio	(%) Tasa de Cambio anual
1990-2000	94,909	92,185	-2,724	10	0.00291	0.29
2000-2005	92,185	89,797	-2,388	5	0.00523	0.52
2005-2009	89,797	89,077	-720	4	0.00201	0.20
<b>1990-2009</b>	<b>94,909</b>	<b>89,077</b>	<b>-5,832</b>	<b>19</b>	<b>0.00333</b>	<b>0.33</b>

**Tasa de transformación, propuesta de área de protección de flora y fauna Marismas Nacionales, Nayarit**



**Figura 63.** Tasa de transformación del hábitat.

El área de Marismas Nacionales, presenta un proceso de afectación en los manglares el principal tipo de vegetación en esta área. La zona de manglar esta presentando un proceso en el cual las diferentes especies que lo conforman se están secando. Existe una zona importante que viene sufriendo este proceso desde antes de 1990 y que se localiza al borde de la laguna, mismo que se ha incrementado a través del tiempo (Figura 64).

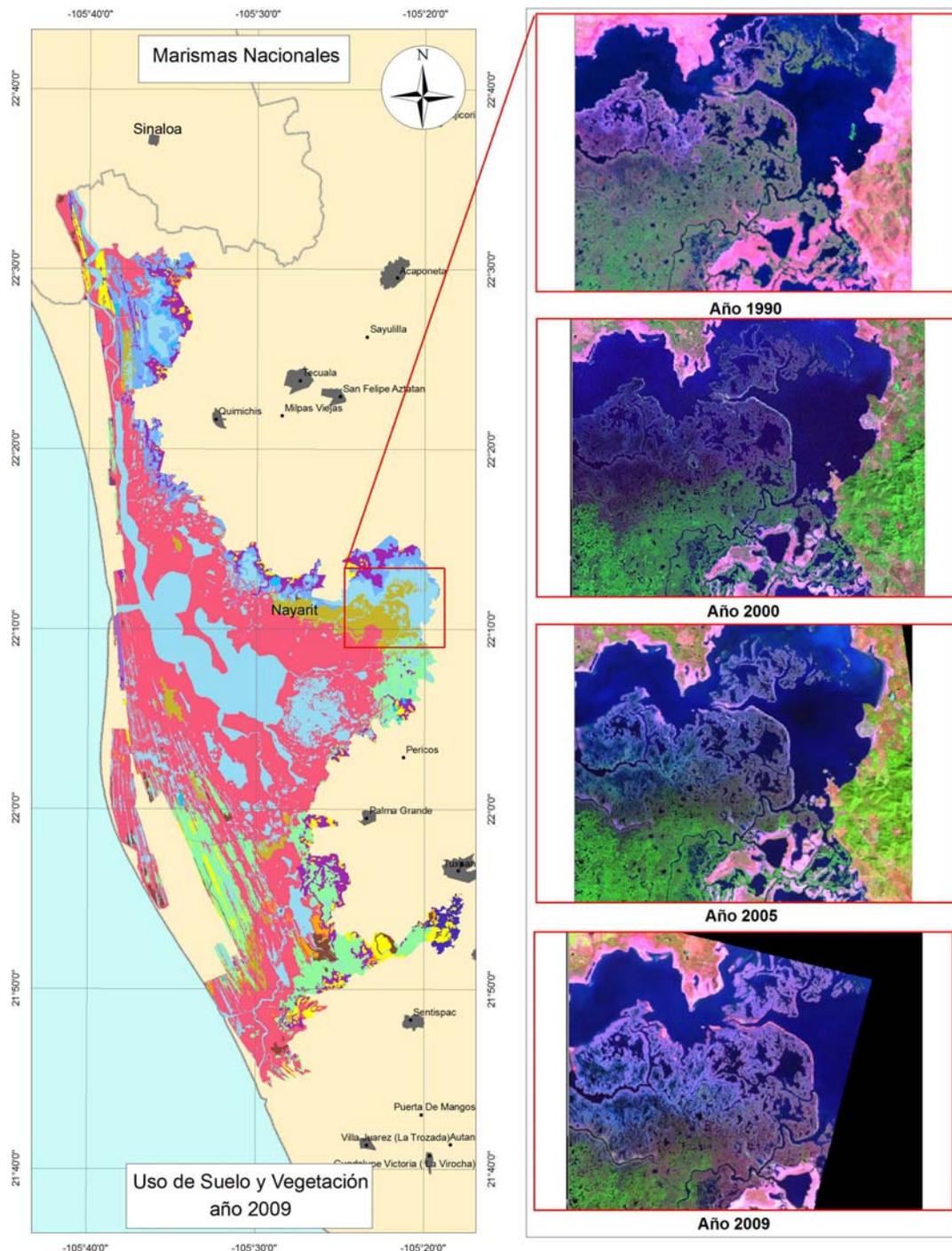


Figura 64. Áreas de afectación de manglar

## INFORME FINAL

Algunos investigadores ya se habían percatado de comportamiento como Kovac, *et al.*, 2001 en donde identifican disturbios en el mangle usando datos multitemporales, y hacen una comparación de cómo se encontraba el manglar de 1986 a 1999. Para estimar el potencial de la pérdida en la cobertura del manglar del sistema lagunar Teacapán-Agua Brava, fueron examinadas imágenes Landsat (1986, 1993 y 1999). Los resultados indican que para 1986 aproximadamente el 18% del manglar en el área de estudio estaba muerto o en pobres condiciones. La mayoría de los daños ha ocurrido en la sección Este de Agua Brava, la cual coincide con lo reportado por los pescadores. El análisis de las fotografías aéreas de 1970 revela que no había impactos en esta área y sugiere que modificaciones en las condiciones ambientales después de la apertura del canal Cuautla en 1972 pueden haber iniciado una mortalidad a gran escala. Los resultados de la imagen de satélite indican que la mayoría de los cambios recientes ocurrieron en este sistema. Datos de la imagen de 1999 muestra grandes áreas con degradación en la sección norte de la región de Teacapán. Mientras que en Agua Brava la más reciente transformación aparecen en el lado Oeste. Aunque es difícil determinar porque los últimos cambios están ocurriendo o si las primeras pérdidas fueron el resultado del canal. Ya que agentes potenciales de cambios que han sido recientemente observados incluyen un huracán, un segundo canal, y la expansión incontrolada del canal desde 1994.

Sin embargo existen otras áreas que tienen un comportamiento poco común, el mangle seco se extiende en la porción media de algunos parches de manglar, con un comportamiento de crecimiento concéntrico hacia fuera del parche, como una especie de “cáncer de manglar”. Estas afectaciones están en diferentes sitios que integran el polígono de Marismas Nacionales, el tamaño y tiempo de aparición varía de un lugar a otro, aunque todos presentan este patrón de comportamiento con un crecimiento de la afectación del centro hacia fuera, en la porción central se identificaron los individuos completamente secos.

Otro aspecto importante es que también se encontraron áreas de crecimiento de la cobertura del manglar, como se muestra en la siguiente figura, donde el mismo parche de vegetación tiene un proceso de mangle seco y crecimiento (Figura 65).

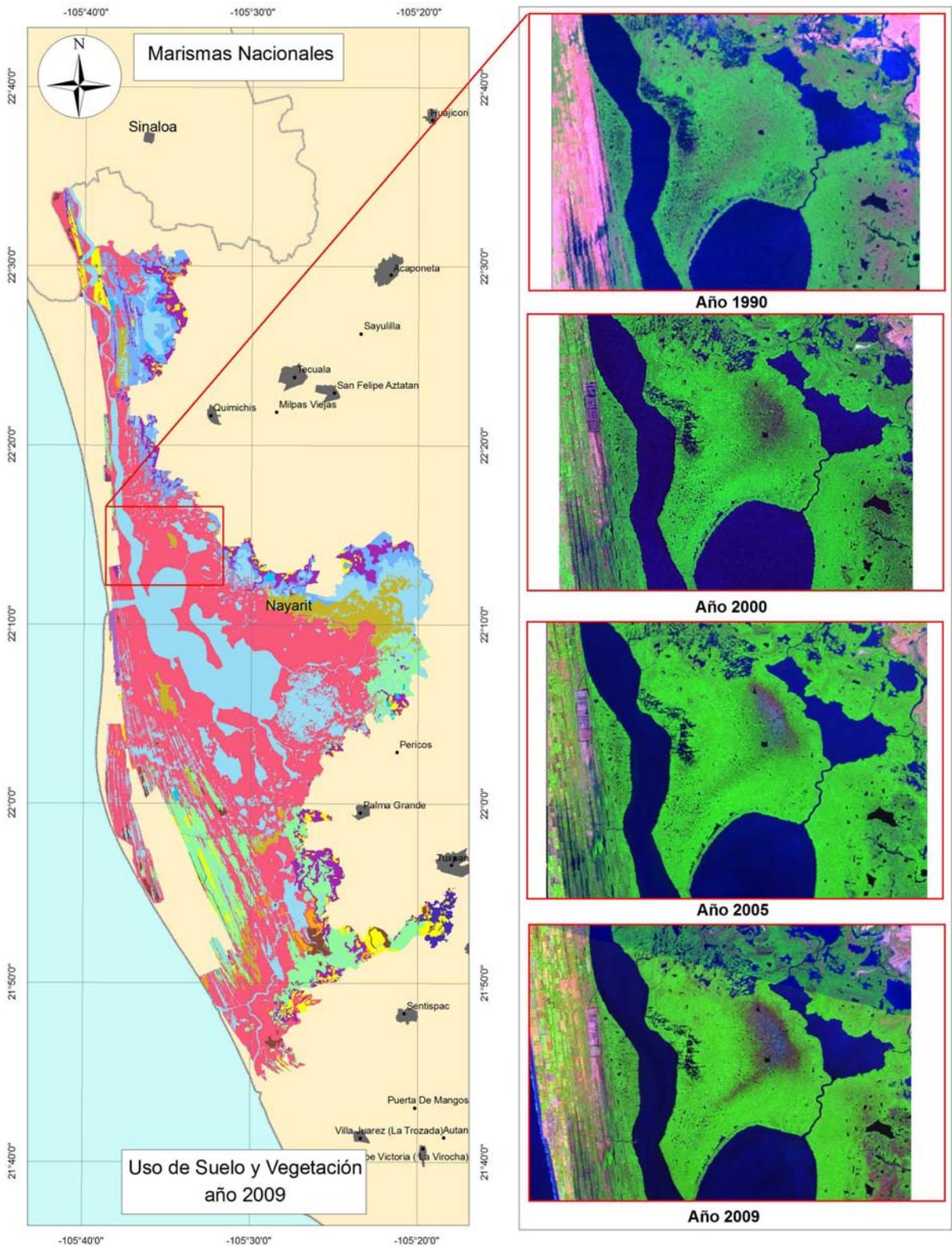


Figura 65. Áreas de afectación de manglar en la porción central



## **Conclusiones.**

Los productos generados en el presente proyecto, muestran que el utilizar métodos de percepción remota y SIG para obtener datos de dinámica de cambio de la cobertura forestal y el uso de suelo a través del tiempo, es una forma eficaz de llegar a resultados de manera práctica. Esto en base a los métodos y herramientas desarrollados dentro de la Subdirección de Área encargada del Sistema de Información Geográfica de la CONANP, a la disponibilidad de insumos como las imágenes de satélite históricas y actuales de los sensores Landsat y Spot obtenidas del acervo de de la SEMARNAT y ERMEXS; así como de la experiencia adquirida en los trabajos que se han realizado para el programa de monitoreo de Tasa de Transformación del Habitat de las Áreas Naturales Protegidas a nivel federal, en la CONANP y con la colaboración del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza en el programa FANP, el proyecto a cargo de Manejo Integrado de Ecosistemas del Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (MIE-PNUD) y la participación de la Asociación Civil Mesomaya A.C.

La utilización del método desarrollado por el SIG-CONANP incluye en la primera etapa, la clasificación automatizada para generar la capa de cubierta del suelo, que da como resultado un acercamiento a la separación y agrupamiento de las primeras categorías, sin llegar, al detalle que más adelante se logra conseguir. La interpretación visual asistida por el procesador en sus dos etapas (raster y vectorial), ayuda a eliminar efectos productor por el uso de los sensores pasivos (nubes, sombras, bruma, etc.) y permite redelimitar fronteras, de las categorías que presenten alguna confusión obtenidas en la primera clasificación.

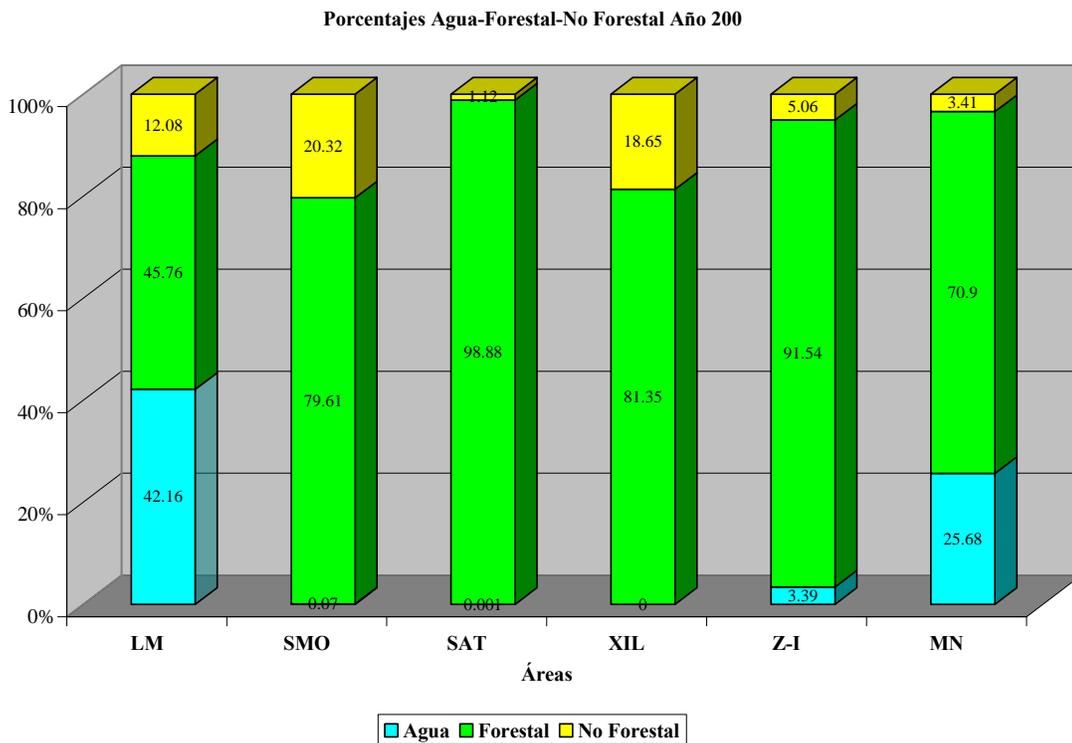
De acuerdo con el método de interpretación interdependiente de FAO y con el uso de la cobertura base, se generan las siguientes fechas de análisis, en las cuales se detectan los cambios en las cubiertas del suelo, para posteriormente realizar el cruce de las diferentes fechas y obtener la cobertura de cambios, con la mínima presencia de errores de omisión o comisión.

De los resultados aquí obtenidos, las 6 áreas presentan una cubierta Forestal mayor a la No Forestal, lo que indica cambios producidos por actividades antrópicas en diferentes

## INFORME FINAL

intensidades, anterior al establecimiento del ANP y posterior a este. Las Áreas Naturales Protegidas constituyen porciones terrestres y/o acuáticas del territorio nacional, representativas de diversos ecosistemas y de su biodiversidad, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado por el hombre y están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo (LGEEPA, 2007). De acuerdo con lo anterior y a los resultados obtenidos, una de las ANP que puede llegar a cumplir con esto es, la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, ya que los datos indican que cuenta con el 98.88% de cobertura Forestal (Figura 66).

De las seis áreas, la que presenta la mayor proporción No Forestal es la propuesta Sierra Madre Oriental con el 20.32% seguido de la región Xilitla con el 18.65% y el área de protección de flora y fauna Laguna Madre y Delta del Río Bravo con el 12.08% (Figura 66). En Marismas Nacionales la primera fecha (1990), se encontró que solo el 3% del área con cubierta No Forestal y la última fecha (2009), aumentó hasta el 8%, dentro de un periodo de 29 años. Esto se debe a que el manglar se está secando.



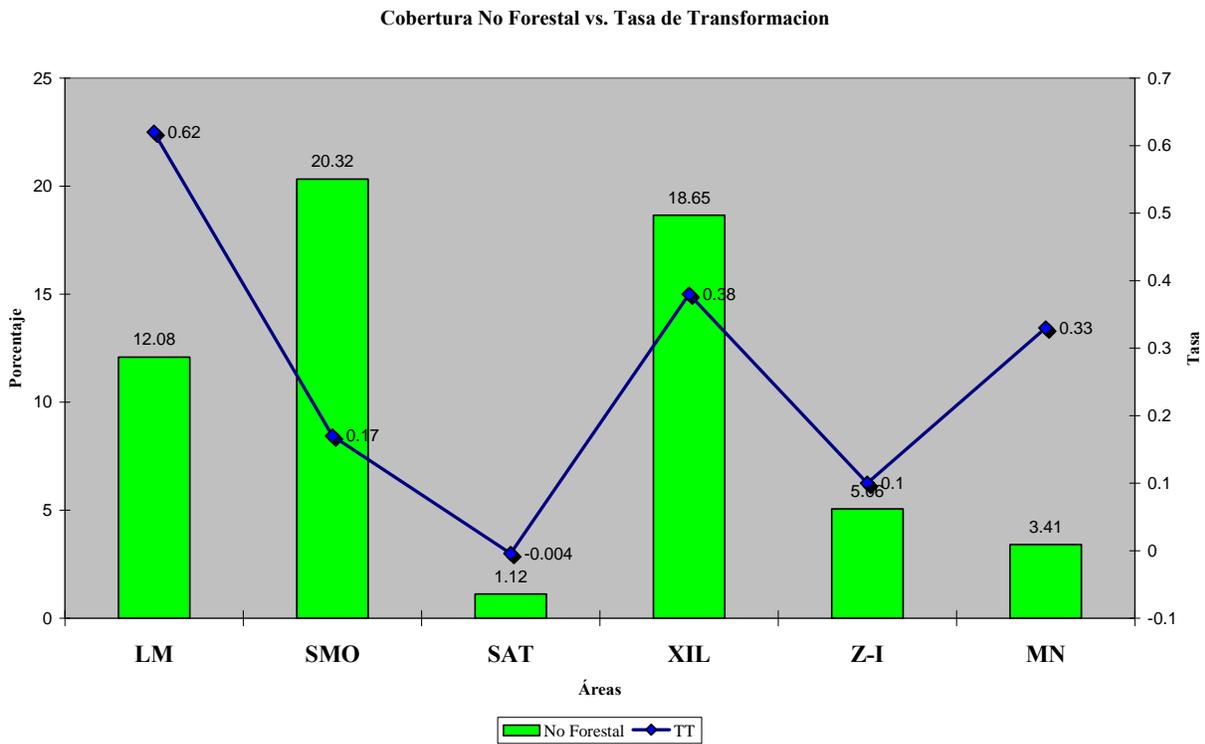
**Figura 66.** Superficie Forestal-No Forestal en las 6 áreas de estudio.

La dinámica de cambio general que se encuentra son transformaciones negativas con diferentes intensidades en distintos periodos, esto es: un aumento paulatino de los usos del suelo debido a actividades humanas o, producidos por la presencia de eventos naturales que modifican la capa Forestal (deforestación); una conversión de la vegetación primaria a vegetación con comunidades secundarias (perturbación); y procesos de abandono que da lugar a la revegetación Forestal. De esta forma se encontró una dinámica de cambio entre las categorías Forestales y No Forestales.

En el caso de la propuesta de área Sierra Madre Oriental, incluyendo Sierra de Xilitla, existe una alta dinámica de cambio entre la deforestación y la revegetación, siendo en cada año de estudio, un crecimiento notable áreas impactadas por elementos No Forestales. En las partes altas del área, donde se encuentran los Encinares, es de las zonas con mejor cubierta Forestal, siendo en las partes bajas donde se presentan las mayores actividades en los usos del suelo, por tal motivo debería de ser considerado el replantear el área de interés concentrando los esfuerzos de conservación en donde existen elementos suficientes para ello.

De las seis áreas analizadas, la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa es la que presenta la menor tasa de transformación en el periodo 2000-2009 con -0.004% (Figura 67). Mientras que el APFyF Laguna Madre tuvo la tasa mayor con el 0.62%, seguido por la Región Xilitla con el 0.38%.

De acuerdo a la figura 67, existe una relación entre el porcentaje de cobertura No Forestal y la tasa de transformación del hábitat, a menor porcentaje de cobertura No Forestal, menor es la tasa de transformación. Esto se puede observar para el caso de las reservas de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa y Zicuirán-Infiernillo con la menor cobertura No Forestal y menor tasa de transformación (-0.004% y 0.1%). Mientras que las 2 áreas que presentan la mayor proporción de cobertura No Forestal, Sierra Madre Oriental y Xilitla, también tienen una tasa mayor (0.17% y 0.38%). Sin embargo para Laguna Madre y Marismas Nacionales, existe una excepción debido a que en la primera, tiene una tasa de transformación que se ve modificada por las variaciones en el nivel del agua y deja al descubierto grandes zonas sin vegetación aparente; en tanto que Marismas Nacionales el impacto que esta teniendo el manglar a



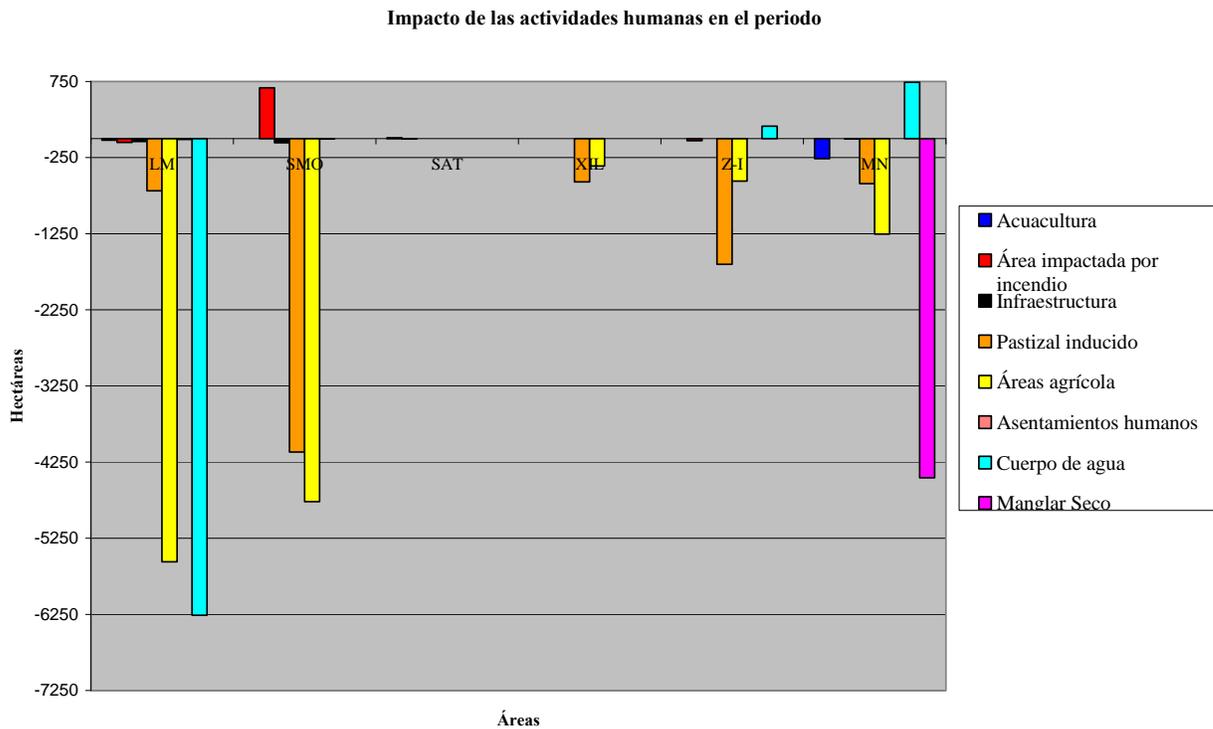
**Figura 67.** Porcentaje de cobertura No Forestal vs.Tasa de transformación.

manglar seco, si bien, no es un impacto directo de las actividades humanas, si puede ser producido por acciones indirectas.

Las actividades humanas impactaron de diferente forma en el periodo, en Laguna Madre la agricultura es la que tiene mayor presencia seguida se los pastizales, mientras que el Sierra Madre Oriental tanto la agricultura como los pastizales se encuentra fuertemente representados y una recuperación de zonas que fueron afectados por incendios (Figura 68).

En la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa, los cambios son mínimos, en tanto que en la Región de Xilitla los pastizales tuvieron una mayor dominancia sobre la agricultura, al igual que en la reserva de la biosfera Zicuirán-Infiernillo. Finalmente Marismas Nacionales, aunque la agricultura domina sobre los pastizales, los manglares secos son los que mayor afectación están teniendo en la zona.

Para Laguna Madre, Zicuirán-Infiernillo y Marismas Nacionales, los cuerpos de agua son un elemento de transformación importante. Para Marismas Nacionales y Laguna Madre los cambios en el nivel del agua se ven determinados por la marea. En el caso de Zicuirán-Infiernillo, el nivel de agua de la presa disminuyó en el año 2005 por más de 2,500 hectáreas, y parte de esa superficie fue aprovechada principalmente en áreas agrícolas, las cuales desaparecieron en el 2008, pues el agua recuperó su territorio.



**Figura 68.** Actividades que impactan en las 6 áreas de estudio.

Este trabajo es el principio de un programa de monitoreo de Tasa de Transformación del Habitat de las áreas de interés, para aquellas que actualmente cuentan con un decreto, y una fuente de información para las áreas que se encuentran en proceso de su establecimiento.

La clasificación se debe seguir trabajando, determinar los periodos de análisis futuros y actualizar los datos de transformación para conocer la dinámica de cambio, lo que permitirá enfocar los programas en áreas específicas que así lo requieran y medir el impacto que estos tienen en la tarea de conservación de las ANP.



## Referencias.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Arvisu, F. J.L., 2008. Registro de los principales países emisores. En Cambio Climático: una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, México.

Bartolucci, L.A. 1979. Procesamiento Digital de Datos Multiespectrales. Percepción Remota. Presentado en la semana de Intercambio Tecnológico. 14-19 mayo 1979. Panamá. Bocco, G.; López, G; Mendoza, C. 2001. Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. Instituto de Geografía, Boletín No. 45. UNAM. 56-77pp.

Bremer, J., Babb, T., Dickinson, J., Gore, P., Hyman, E., and Andre, M. 1984. Fragile lands: a theme paper on problems, issues, and approaches for development of humid tropical lowlands and steep slopes in the Latin American Region. Development Alternatives, Washington D.C.

Burgos, A., Cuevas, G., Carlón T., Ramírez, V., Tinoco, A., Solorio, G., S. Pérez Cortez. 2010. Determinación de cambios de uso del suelo como base del ordenamiento territorial de la Reserva de Biosfera Zicuirán Infiernillo. GTZ-CONANP, 59 pp.

Cervantes-Zamora I., S.L. Cornejo-Olguín, R. Lucero-Márquez, J.M. Espinosa-Rodríguez, E. Miranda-Viquez y A. Pineda-Velázquez. 1990. Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV. 10.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4',000.000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2008. "Distribución de los manglares de México". Escala 1:50 000. Extraído del proyecto DQ056: Programa de monitoreo de los manglares de México a largo plazo, primera etapa. México D.F., México. El proyecto fue financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

## INFORME FINAL

CONAFOR, 2009. Manual y procedimientos para el muestreo de campo (RE-MUESTREO 2009). Inventario Nacional Forestal y de Suelos, Comisión Nacional Forestal-SEMARNAT. 139p.

CONAFOR, 2009a Tipos de vegetación Forestal y de suelos. [http://148.223.105.188:2222/gif/snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=12&Itemid=7](http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=7).

CONANP, 2005. Estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida, Área de Protección de Flora y Fauna Marismas Nacionales, Nayarit. México, 87 pp.

CONANP, 2007. Protocolo para la Evaluación del Uso del Suelo y Vegetación en Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Documento interno- México, julio 2007-53 pp.

CONANP, 2009 <http://www.conanp.gob.mx/>.

Cook, A.G., Janetos, A.C., and Hinds, W.T. 1990. Global effects of tropical deforestation: towards an integrated perspective. *Environmental Conservation* 17: 201-212.

Chuvieco, E. 2000. Fundamentos de Teledetección Espacial. 3 edición. Rialp, S.A. Madrid España. 568 p.

Davis, L.I. (Comp.). 1951. 51st Christmas birds count (Xilitla, S.L.P., México). *Audubon Field Notes*. 5:183-185.

De la Maza E.R., A. White L. 1990. *Rhopalocera* de la Huasteca Potosina, distribución, composición, origen y evolución. *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología*.

Dirzo, R. y I. Trejo. 2001. Selvas Tropicales secas de México: un ecosistema de importancia planetaria (Recuadro III). En: Primack, R., R. Rozzi, P. Feisinger, R. Dirzo y F. Massardo. 2001. *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica. 797 pp.

D.O.F., 1923. Acuerdo declarando Reservas Forestales con el carácter de inalienables e imprescriptibles, distintas porciones arboladas de la Republica.

D.O.F., 1994. DECRETO por el que se declara como área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Sierra del Abra Tanchipa, ubicada en los municipios de Ciudad Valles y Tamuín, Estado de San Luis Potosí. 06 de Junio de 1994.

D.O.F., 2003. DECRETO, AVISO por el que se informa al público en general que están a su disposición los estudios realizados para justificar la expedición del Decreto por el que se pretende declarar como área natural protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera a la región conocida como Sierra de la Silleta, Municipio de Xilitla, S.L.P. 10 de Julio de 2003.

D.O.F., 2005. DECRETO, AVISO mediante el cual se informa al público en general que están a su disposición los estudios realizados para justificar la expedición del Decreto por el que se pretende declarar como área natural protegida con el carácter de Area de Protección de Flora y Fauna, la zona conocida como Marismas Nacionales, localizada en los municipios de Rosa Morada, Santiago Ixcuintla, Tecuala y Tuxpan, en el Estado de Nayarit.

D.O.F., 2007. DECRETO por el que se declara área natural protegida, con la categoría de reserva de la biosfera, la región conocida como Zicuirán-Infiernillo, localizada en los municipios de Arteaga, Churumuco, La Huacana y Tumbiscatío, en el Estado de Michoacán. 30 de Noviembre de 2007.

De Jong, B.H.J., and Montoya - Gómez, G 1994. Sustainable management of forest resources: a proposal for the highlands of Chiapas, Mexico. Pages 7-17 in Proceedings of the 1994 symposium on systems analysis in forest resources: management systems for a global economy with global resource concerns, Sept 6-9, 1994. Pacific Grove, CA.

De Jong B.H.J. 2001. Cambio de uso de suelo y flujos de carbono en los altos de Chiapas, México. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales 18 al 20 de Octubre del 2001. Valdivia – Chile.

De Jong, B.H.J., Masera, O y Hernández-Tejeda. 2008. Opciones de captura de carbono en el sector Forestal. En Cambio Climático: una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, México.

## INFORME FINAL

Durán, E., J. F. Mas y A. Velázquez. 2007. Cambios en las coberturas de vegetación y usos del suelo en regiones con manejo Forestal comunitario y áreas naturales protegidas de México. Pp. 267-302. En: D.B. Bray, L. Merino-Pérez y D. Barry (Eds.). *Los Bosques Comunitarios de México. Manejo Sustentable de Paisajes Forestales*. Instituto Nacional de Ecología SEMARNAT (ISBN 968-817-841-6).

FAO. 1996. Introduction to Remote Sensing, 2ª ed., Nueva York, The Guilford Press.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1993. Forest resources assessment 1990 tropical countries. FAO Forestry Paper 112. FAO, Rome. 59 pp.

FAO. 2001. FAO, The Strategic Framework for FAO 2000-2015. Roma 1999. (puede consultarse en: <http://www.fao.org/docrep/X3550E/x3550e00.htm>).

Farmer, M. y E. Carrera. 1993. Mid-winter survey of reddish egret foraging hábitat in the Laguna Madre, México. Report prepared for the U.S./México Joint Committee. 18 pp.

Gaona-ramírez, S., G. López-ortega y A. Castro-Campillo. 1990. Zonas de México con contenido mastozoológico notable. II Simposio Internacional sobre áreas naturales protegidas. 22 al 26 de octubre 1990. Memorias. UNAM, México.

García- Marín, E. (ed.). 1981. Coloquio sobre el Desarrollo Integral de la Laguna Madre, Tamaulipas. Gob. del Edo. de Tamaulipas. Dirección General de Pesca. 234 pp.

Gómez-Pompa, A. y R. Dirzo. Coords. 1995. Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (Edición digital: Conabio 2006).

Grupo Ecológico Sierra Gorda, I.A.P. 2003. Estudio Previo Justificativo para el establecimiento de un área natural protegida en la Sierra de la Silleta, Municipio de Xilitla, Estado de San Luis Potosí. 43pp.

Hutchinson, C.F. 1982. Techniques for combining landsat and ancillary data for digital classification improvement. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Vol. 48 pp 123-130.

INEGI, 1983. Síntesis Geográfica del Estado de Tamaulipas. México, D.F. 158 pp.

INEGI, 2007. Diccionario de datos de Uso del Suelo y Vegetación 1:250,000 (Vectorial). INEGI, México.

Kovacs, J.M., J. Wang and M. Blando. 2001. Mapping Disturbances in a Mangrove Forest Using Multidate Landsat TM Imagery. Environmental Management. Springer New York. Volume 27, Number 5 / mayo de 2001.

Lambin, E. F., B. L. Turner, J. G. Helmut, et al., 2001. The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. Global Environmental Change 11:261-269.

Luna, I., Morrone, J.J. y D. Espinosa. 2004. Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 2004, 527 pp.

Llorente-Bousquets, J. E. y A. Luis-Martínez. 1993. Conservation oriented análisis of mexican butterflies: Papilionidae (Lepidoptera, Papilionoidea). En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (Edits.). Biological Diversity of Mexico: Origins and distribution. Oxford Univ. Press. New York., pp. 147-177.

Mangel, M., L.M. Talbot, G. K. Meffe, et al., 1996. Principles for the conservation of wild living resources. Ecological Applications 6:338-362.

Martínez, A. 1994. Coordinación Nacional de Arqueología, inah. Manuscrito.

Martínez, J., Fernández, B. A. y P. Osnaya (Compiladores). 2008. Cambio Climático: una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, México.

Masera, O., Ordóñez, M. de Jesús, and Dirzo, R. 1992. Carbon emissions from deforestation in Mexico: Current situation and long-term scenarios. Pages 1-49 in W. Makundi and J. Sathaye (eds.) Carbon emission and sequestration in forests: Case studies from seven developing countries, Summary. Report No. LBL-32665. Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, CA.

## INFORME FINAL

Masera, O. 1995. Carbon Mitigation Scenarios for Mexican Forests: Methodological Considerations and Results. *Interciencia* 20(6): 388-395.

Masera, O., T. Hernández, A. Ordóñez y A. Guzmán. 1995. Land Use Change and Forestry. En: Preliminary National Inventory of Greenhouse Gases: México. UNEP PROJECT GF/4102-92-01 (PP/3011). México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, U.S. Country Studies Program.

Masera, O.R., M.J. Ordoñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican Forests: Current Situation and Long-term Scenarios, *Climatic Change* 35: 265-295.

Masera, O.R., A.D. Ceron y J. A. Ordóñez. 2001. Forestry Mitigation Options for México: Finding Synergies Between National Sustainable Development Priorities and Global Concerns. *Mitigation and Adaptation Strategies for Climate Change* 6(3-4): 289-310.

Paniagua R. I. 2009. Tesis: “Análisis híbrido para la identificación anual de cambios en la cubierta del suelo: La Chinantla, Oaxaca, 2004-2005”. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.

Post, W.M., Emanuel, W.R., Zinke, P.J., and Stangenberg, A.G. 1982. Soil carbon pools and world life zones. *Nature* 298: 156-159.

RAMSAR, 2001. Ficha informativa de los humedales RAMSAR, Marismas Nacionales.

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. Septiembre 2005.

Rzedowski, J. 1965. Vegetación de estado de San Luis. Laboratorio de Botánica del Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. D.F.

Rzedowski, J. y G. Calderón. 1987. El Bosque Tropical Caducifolio de la Región Mexicana del Bajío. Trace 12.

Schimel, D.S. 1995. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. *Global Change Biology* 1: 77-91.

SEMARNAT, 1997 Ley Forestal. México. 51 pp.

SEMARNAT. 2009. Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009.

SEMARNAT, 2009a. Tipos de Ecosistemas en México.  
<http://cruzadabosquesagua.semarnat.gob.mx/ecosistemas.html>.

UNAM, Instituto de Geografía, 2000. Informe del Inventario Nacional Forestal 2000-2001, México, 266 p.