

**ESTIMACIÓN DE LA TASA DE TRANSFORMACIÓN  
DEL HABITAT EN LA  
RESERVA DE LA BIOSFERA  
“SIERRA LA LAGUNA”  
Y LAS ÁREAS DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA  
“SIERRA DE ÁLAMOS” Y “CAÑÓN DE SANTA ELENA”  
PERIODO 1990 - 2005**

**INFORME FINAL**



COMISION NACIONAL DE  
ÁREAS NATURALES  
PROTEGIDAS



Fondo Mexicano para la  
Conservación de la Naturaleza,  
A. C.

**Marzo de 2009.**

## **Coordinación**

Jorge Carranza Sánchez-CONANP  
Ignacio Paniagua Ruíz-CONANP

## **Elaboración**

Luis Fernando Gopar Merino

El presente reporte forma parte del Sistema de Monitoreo y Evaluación del Fondo para Áreas Naturales Protegidas que desarrollan conjuntamente la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C.

Agradezco la colaboración y el apoyo del equipo técnico de la Subdirección de Área a cargo del Sistema de Información Geográfica de la CONANP, dependiente de la Dirección de Evaluación y Seguimiento de la CONANP.

Gracias a la Estación de Recepción México de la constelación SPOT (ERMEXS) por las facilidades brindadas para obtener las imágenes del satélite SPOT y a la SEMARNAT a través de la Dirección General de Información y Estadística por el apoyo proporcionado las imágenes de satélite y la información cartográfica digital del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).



“© CNES 200\_. 2003-2004, producida por ASERCA-CONANP bajo licencia de Spot Image, S. A.”

“SEMAR-SAGARPA-ASERCA-CONANP 2008.

## CONTENIDO

|           |                                     |           |
|-----------|-------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>  | <b>INTRODUCCIÓN.....</b>            | <b>1</b>  |
| <b>2</b>  | <b>JUSTIFICACIÓN .....</b>          | <b>3</b>  |
| <b>3</b>  | <b>OBJETIVO GENERAL .....</b>       | <b>6</b>  |
| <b>4</b>  | <b>OBJETIVOS PARTICULARES .....</b> | <b>6</b>  |
| <b>5</b>  | <b>ÁREA DE ESTUDIO.....</b>         | <b>7</b>  |
| 5.1       | APFyF Cañón de Santa Elena .....    | 7         |
| 5.2       | APFyF Sierra de Álamos .....        | 8         |
| 5.3       | RB Sierra La Laguna .....           | 9         |
| <b>6</b>  | <b>METODOLOGÍA .....</b>            | <b>12</b> |
| <b>7</b>  | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>  | <b>19</b> |
| 7.1       | APFyF Cañón de Santa Elena .....    | 21        |
| 7.2       | APFyF Sierra de Álamos .....        | 29        |
| 7.3       | RB Sierra La Laguna .....           | 37        |
| <b>8</b>  | <b>CONCLUSIONES.....</b>            | <b>45</b> |
| <b>9</b>  | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>            | <b>48</b> |
| <b>10</b> | <b>ANEXO 1 .....</b>                | <b>50</b> |



## **1 Introducción**

La sociedad humana ha desarrollado métodos para reconocer, utilizar y manipular los recursos naturales a su alcance. Esto ha llevado a la conquista de conocimiento, el cual ha traído grandes avances económicos y culturales (Challenger, 1998). Sin embargo, es hasta que el hombre selecciona la industrialización de los recursos naturales que se empiezan a expresar de manera drástica consecuencias negativas en el ambiente (Brundtland, 1990).

Ante esto último se han dispuesto prácticas para afrontar estas tendencias negativas, como lo ha sido el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas (ANP). Es así que, en México, las estrategias de conservación mediante la formulación de áreas similares a las ANP actuales se iniciaron en el año de 1876 con la protección del Desierto de los Leones. A lo largo de los años se formularon nuevas Áreas Protegidas, las cuales eran decretadas más no instrumentadas, por lo que fueron consideradas parques de papel. No es hasta el año de 1992, durante la cumbre de la Tierra, que nuestro país asume la responsabilidad de hacer efectiva la voluntad que los decretos de ANP habían representado en el papel años atrás (CONANP 2007a).

A partir del año 1992 las ANP pasan a ser parte de una dirección de área dentro de lo que era la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) (INE 2005), con un reducido presupuesto y un papel centralizado, lejano y básicamente normativo. En 1996 se crea el Instituto Nacional de Ecología (INE) e instaura a las áreas protegidas en una unidad coordinadora, la cual ya contaba con una capacidad operativa directa en más del 80% de la superficie bajo protección. Finalmente, en el año 2000, se crea la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) como órgano desconcentrado de la ahora SEMARNAT, y es la CONANP la encargada de la operatividad administrativa de todas las ANP decretadas a nivel federal (CONANP 2007a).

La CONANP tiene como objetivo el de conservar el patrimonio natural de México y sus procesos ecológicos, esto a través de las ANP y los Programas de Desarrollo Regional Sustentable en regiones consideradas prioritarias para la



conservación, asegurando con ello una adecuada cobertura natural y una representatividad biológica importante (CONANP 2007c). Actualmente la superficie total de las 166 ANP de carácter federal en México es de aproximadamente 23 millones de hectáreas, equivalente al 9.5 % de la superficie terrestre y el 21.5 del mar territorial (CONANP 2008).

Las acciones gubernamentales en las ANP se han orientado a consolidar programas que permitan desarrollar actividades permanentes de conservación y en manejar dichas áreas con criterios de sustentabilidad. A partir de lo anterior es que se protegen los ecosistemas más representativos del país, ya que en ellos se localiza la mayor biodiversidad de México.

Algunas de estas ANP se encuentran enmarcadas dentro de compromisos internacionales contraídos en diversos foros. Al concentrar los esfuerzos institucionales en áreas de relevancia internacional, se pretende consolidar un grupo de ANP de alta calidad que sirva de base para ampliar la atención institucional hacia otras áreas mediante el autofinanciamiento y la obtención de fondos por parte de organismos multilaterales. Simultáneamente, se continúa avanzando en otras ANP que presentan mayor presión al uso de los recursos naturales, el nivel de organización local, el compromiso institucional, etc.

Como complemento a las acciones de manejo de las ANP el gobierno federal ha obtenido diversos apoyos internacionales para cubrir los costos adicionales necesarios para alcanzar los metas medio-ambientales de las diversas áreas protegidas (CONANP-FMCN 2007, SEMARNAT 2007). Así, en el año de 1996, el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés) dispuso de un primer donativo al Fondo para Áreas Naturales Protegidas (FANP) el cual fue entregado hasta el año siguiente. Dicho donativo fue entregado a el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C. (FMCN), el cual es el encargado de administrar estos recursos. Este primer depósito se le dió un manejo financiero durante un año y los intereses generados se canalizaron a proyectos de conservación sin utilizar el capital aportado (FMCN 2008). De este modo, a partir de 1998 se apoyó la operación básica de diez áreas naturales protegidas de



México, cifra que para 2007 aumentó a 19, gracias a que el FANP, mediante el FMCN, logró el aporte de más fondos procedentes de organismos internacionales y fundaciones privadas (CONANP-FMCN 2007).

El objetivo del FANP, en el cual tienen una participación importante la CONANP, el FMCN y el Banco Mundial, es la consolidación de la conservación y uso sustentable de la biodiversidad en las áreas naturales protegidas en México (CONANP, 2008).

## 2 Justificación

En el programa FANP se encuentran veintiseis ANP, agrupadas en 23 áreas las cuales han sido incluidas en la Consolidación del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas fase I y II (SINAP I y II) (Tabla 1, Figura 1).

**Tabla 1.** Áreas Naturales Protegidas incluidas en el programa FANP.

| ÁREAS NATURALES PROTEGIDA SINAP I Y SINAP II   |                                                          |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| SINAP I                                        | SINAP II                                                 |
| 1. RB Calakmul                                 | 11. RB Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado |
| 2. RB El Triunfo                               | 12. CB Chichinautzin-Lagunas de Zempoala-El Tepozteco    |
| 3. APFF Islas del Golfo de California          | 13. APFyF Cuatrociénegas                                 |
| 4. RB Sierra de Manantlán                      | 14. RB Tehuacán-Cuicatlán                                |
| 5. RB Mariposa Monarca                         | 15. APFF Sierra de Álamos                                |
| 6. RB Montes Azules                            | 16. RB Sierra La Laguna                                  |
| 7. RB Ría Lagartos                             | 17. RB Pinacate y Gran Desierto de Altar                 |
| 8. RB Sian ka'an                               | 18. RB La Encrucijada                                    |
| 9. RB El Vizcaino                              | 19. RB Banco Chinchorro                                  |
| 10. CB Maderas del Carmen-Cañón de Santa Elena | 20. Cuenca del Río San Pedro                             |
|                                                | 21. RB Selva El Ocote                                    |
|                                                | 22. RB La Sepultura                                      |
|                                                | 23. RB. Mapimi                                           |





**Figura 1.** Distribución geográfica de las veinticuatro ANP incluidas en el programa FANP.

El programa FANP, con fin de conocer los avances de las ANP enfocados a alcanzar el objetivo del programa diseñó el Sistema de Monitoreo y Evaluación. El propósito de este sistema es evaluar, retroalimentar y adaptar el manejo de las ANP con base en la experiencia que se va adquiriendo. Una evaluación periódica de las acciones de manejo en campo por medio de un sistema de monitoreo que permita estimar avances, ayudará en la toma de decisiones respecto a cómo orientar las acciones de manejo de cada ANP e identificar las presiones que tienen estas áreas por las actividades humanas.

El Sistema de Monitoreo y Evaluación del FANP fue diseñado en 1998 por la CONANP y el FMCN, incluye cuatro indicadores para medir el impacto del programa, dos de estos indicadores están orientados a medir el impacto general de las actividades de conservación en la biodiversidad: a nivel de paisaje el monitoreo biológico está enfocado al análisis de transformación del hábitat, que



determina el porcentaje de la vegetación de las ANP que ha sufrido algún cambio por actividades antropogénicas y el otro indicador es la tendencia en el promedio de organismos observados de especies clave. Los otros dos indicadores son socioeconómicos y están enfocados a medir cómo se están utilizando los recursos naturales: número de hectáreas bajo uso sustentable y número de pobladores que adoptan prácticas de uso sustentable.

El indicador “tendencia en la tasa de transformación del hábitat natural” requiere que su análisis muestre los datos espaciales de manera explícita, integrada y a multiescala, con información geográfica actualizada y que sea relativamente de fácil acceso.

La tendencia en la tasa de transformación del hábitat natural, ha sido abordada de diferentes maneras, sin embargo, mediante el uso de la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han obtenido resultados importantes. La percepción remota permite obtener imágenes para su tratamiento, análisis y salida gráfica de información espacial (Chuvieco, E. 2002). Por lo anterior, el FMCN, con el apoyo de la CONANP, se ha dado a la tarea de analizar imágenes de satélite de diferentes fuentes para obtener datos del indicador mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

El presente trabajo busca continuar aportando datos sobre el cambio de Uso de Suelo y Vegetación de las Áreas Naturales Protegidas que se encuentran dentro del programa del FANP, en esta ocasión se analizaron imágenes de satélite de los periodos 1990-2000-2005 de las Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF) Cañón de Santa Elena, APFF Sierra de Álamos y de la RB Sierra La Laguna.

Los datos obtenidos de la tasa de transformación servirán de base para identificar las tendencias de transformación por actividades humanas o eventos naturales extraordinarios que modifiquen la superficie ocupada por elementos forestales, o bien, en la reconversión de la cobertura vegetal como resultado de los programas de restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales aplicados a las ANP.



### **3 Objetivo general**

Determinar la tasa de transformación del hábitat en las Áreas de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos y Cañón de Santa Elena, así como, la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, en los periodos comprendidos entre 1990-2000-2005.

### **4 Objetivos particulares**

- Establecer la línea base del estado de conservación de las zonas de estudio a través del empleo de imágenes de satélite del año 2005.
- Obtener las coberturas de Usos del Suelo y Vegetación de fechas anteriores (años 1990 y 2000) mediante el uso de imágenes de satélite, tomando como base la cobertura generada para el año 2005.
- Analizar el cambio de Uso del suelo y Vegetación en el periodo 1990-200-2005.
- Determinar los procesos de cambio ocurridos en las zonas.
- Identificar espacialmente los Usos del Suelo y Vegetación y los procesos de cambio que se presentaron en las áreas de estudio.
- Estimar las tasas de transformación para las tres ANP para el periodo 1990-2000-2005.
- Actualizar los datos de tasa de transformación con base en los diferentes trabajos de las siguientes ANP: Reserva de la Biósfera Calakmul, Reserva de la Biósfera El Triunfo, Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del carmen, Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, Reserva de la Biósfera Montes Azules, Reserva de la Biósfera Ría Lagartos, Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, Reserva de la Biósfera El Vizcaíno, Corredor Biológico Chichinautzin; Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas; Reserva de la Biósfera La Encrucijada, Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán.



## 5 Área de estudio

### 5.1 APFyF Cañón de Santa Elena

El APFyF Cañón de Santa Elena, Chihuahua, se ubica políticamente en los municipios de Ojinaga y Manuel Benavides; cuenta con una superficie de 277,209 Hectáreas y fue decretada el 7 de noviembre 1994 a iniciativa del gobierno del estado de Chihuahua (figura 2).

De acuerdo al Programa de Manejo, los argumentos para decretar esta zona como Área de Protección fueron su representatividad en relación con el Desierto Chihuahuense, además de la cantidad de especies de flora (13) y fauna (66) con estatus de protección (catalogadas como amenazadas, en peligro de extinción, raras y endémicas), la gran riqueza geológica e hidrológica con que cuenta, sus aspectos históricos, así como el contraste de ecosistemas que existe entre el desierto y el bosque.

Los principales sistemas fisiográficos que caracterizan al área son las sierras El Ranchito, Sierra Rica y El Mulato, que se ubican en la parte noroeste y manifiestan un escenario agreste de la entrada al área. En general, la zona presenta un clima árido o desértico, con una temperatura media anual superior a 21°C, registra lluvias en verano con una precipitación total media anual de 314 mm. El área presenta un rango de elevación que va de 725 a 2,401 msnm, ubicándose el punto de menor elevación precisamente en el cauce del río Bravo. El punto de mayor elevación se encuentra en la cima de la Sierra Rica, con 2,401 m.

El cambio brusco de altitud entre la llanura y la montaña trae como consecuencia que la vegetación en esta área cambie de desierto a bosque de coníferas, pasando por una transición de pastizal mediano y amacollado arborescente. Este bosque ocupa un área muy pequeña, pero algunas de las especies que lo constituyen, diferentes a las de otros bosques de la entidad, y las condiciones climáticas que lo limitan a muy corta distancia, lo hacen único, más aún cuando se sabe que ahí habita el puma y el oso negro.



Las áridas montañas bajas, debido al material ígneo ferroso que contienen y bajo la influencia de un sol recalcitrante, alcanzan temperaturas muy elevadas durante la mayor parte del año; en ellas se desarrolla una vegetación rosetófila constituida en su mayor parte por lechuguilla y sotol, pero dentro de este hábitat también se encuentran diversas especies de cactáceas, algunas de las cuales están consideradas como amenazadas y en peligro de extinción (INE 1997).

Erodabilidad del suelo es un grave problema, ya que la mayor parte de los factores físicos tales como lluvias torrenciales, intensidad de los vientos, características fisiográficas del área, aunados al sobrepastoreo del ganado doméstico que reduce la cubierta vegetal (compuesta por gramíneas y hierbas), han provocado que una parte importante de los suelos del área protegida esté sometida a niveles elevados de erosión. La región que más ha sido afectada es la parte oriental del área, dentro de los terrenos ejidales. La superficie estimada con este problema es alrededor de 62,000 Ha, por lo que en esta zona deben implementarse medidas correctivas, ya que el estado de los suelos, oscila entre regular y pobre.

## 5.2 APFyF Sierra de Álamos

El APFyF Sierra de Álamos ocupa una superficie de 92,889 Hectáreas dentro del municipio de Álamos, Sonora; representa el 13.7% de la superficie del municipio y el 4.26% de la superficie total del Estado. Fue decretada el 19 de julio de 1996.

Esta zona es la que mayor grado de biodiversidad presenta dentro del estado de Sonora, debido a sus características naturales únicas, dándose una mezcla de comunidades vegetales como son la selva baja caducifolia, el matorral espinoso y el bosque de pino-encino (CONANP-FMCN 2007).

Presenta una riqueza biológica extraordinaria, con aproximadamente 1,100 especies de plantas en 566 géneros y 148 familias lo que representa el 67% de las familias conocidas para el país tomando en cuenta los cálculos más



conservadores para Sonora que arroja un número superior a las 2,000 especies (Rzedowski 1978). La cantidad de especies de plantas en el área representa aproximadamente el 55% del total para el Estado, y con respecto al país que cuenta con aproximadamente 36,000 especies representaría el 3% de la diversidad florística del país (CONANP-FMCN 2007).

Es reconocida en el ámbito mundial porque representa una zona de transición de las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical, además de representar los límites septentrionales de distribución de la selva baja caducifolia, así como para ciertas especies su límite de distribución más norteño y/o sureño (CONANP-FMCN. 2007) (figura 2).

### 5.3 RB Sierra La Laguna

El área conocida como Sierra La Laguna se encuentra ubicada al noroeste de la República Mexicana, en el extremo Sur del estado de Baja California, en los municipios de La Paz y Los Cabos. La ANP cuenta con una extensión territorial de 112,437 Hectáreas, constituyendo parte de un macizo montañoso que ocupa una extensión de aproximadamente 48 kilómetros de largo y un promedio de 20 kilómetros de ancho. Fue decretada como Reserva de la Biosfera el 6 de junio de 1994, (figura 2) (CONANP 2003).

Esta zona está formada por profundos cañones orientados en dirección Este-Oeste, los cuales dan cauce a arroyos intermitentes. En las partes altas se encuentran algunos valles o microcuencas, y en las partes bajas, se presentan planicies aluviales con lomeríos más o menos prominentes. La heterogeneidad en el relieve también se refleja en divergencias topográficas entre las vertientes. La vertiente del Pacífico presenta una pendiente muy pronunciada; mientras que la vertiente del Golfo es más suave y tendida (CONANP 2003).

A lo largo de aproximadamente 59 kilómetros, con dirección de Norte a Sur, la Reserva da forma a un parteaguas que divide a dos cuencas hidrológicas, Arroyo Caracol-Arroyo Candelaria y La Paz-Cabo San Lucas. El clima, a diferencia



del resto de la península, es menos árido en la porción meridional y presenta muchas variantes altitudinales. En general, se presentan tres zonas térmicas: cálida, semicálida y templada con una gran variación en temperatura y humedad, dependiendo de la exposición de las vertientes. La vertiente del golfo es más seca y calurosa que la vertiente del Pacífico, esta última es más húmeda y fría. Las lluvias caen como aguaceros de corta duración y de gran intensidad durante los meses de verano (agosto y septiembre), época en la que también inciden los ciclones tropicales o chubascos (CONANP 2003).

Las partes altas de la Reserva presentan un clima templado subhúmedo con temperaturas promedio anuales de 14°C. La temperatura del mes más frío es entre -8 y 8°C, y la del mes más caliente bajo 18°C. Se presenta un régimen de lluvias de verano, con verano fresco y largo y una oscilación anual de la temperatura extremosa de 7°C (CONANP 2003).

Las partes bajas de la Reserva se presenta un clima semiárido, cálido con una temperatura promedio anual de 22°C, la temperatura del mes más frío es sobre 18°C y la del mes más caliente de 27°C, con régimen de lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10 (9.1 %) y una oscilación anual de la temperatura extremosa de 9°C (CONANP 2003).

Los factores físicos del ambiente favorecen el desarrollo de diferentes tipos de vegetación a lo largo de un gradiente altitudinal, encontrándose matorrales, selvas y bosques. (CONANP 2003).

Las prácticas de aprovechamiento de la vegetación en la zona se caracterizan por ser extractivas, con muy bajos niveles de manejo, que ocasionan una subutilización del recurso. Muchas de estas prácticas han provocado severos daños al ecosistema, e incluso algunas áreas dentro de la Reserva presentan daños por pérdidas de suelo. A pesar de ello, este recurso sigue siendo la principal fuente de riqueza para los pobladores que ahí habitan.

La pérdida de la cubierta vegetal en gran parte de la superficie señalada se debe a diversos factores, dentro de los que se pueden citar los fenómenos físicos ocasionados principalmente por los ciclones, los incendios forestales que se



presentaron hace aproximadamente 30 años, el sobrepastoreo derivado de la práctica de ganadería extensiva y la tala clandestina. A raíz del decreto de creación de la Reserva, los aprovechamientos clandestinos de recursos maderables y no maderables se han visto disminuidos en forma considerable.

La ganadería extensiva y los aprovechamientos forestales clandestinos han ocasionado un deterioro progresivo de la cubierta vegetal, propiciando con ello erosión laminar y por cárcavas, principalmente en las zonas noroeste (San Simón y San Pedro El Frijolar) y noreste (San Antonio de La Sierra).



**Figura 2.** Ubicación geográfica en la República Mexicana de la RB Sierra La Laguna, APFF Sierra de Álamos y APFF Cañón de Santa Elena



## 6 Metodología

Para la realización del presente proyecto se utilizó la metodología establecida por la CONANP y desarrollada en el *“Protocolo para la evaluación del uso del suelo y vegetación en áreas naturales protegidas federales de México”* (CONANP 2007b) elaborado en el 2007 por la Subdirección de Análisis de Información Espacial, de la Dirección de Evaluación y Seguimiento de la CONANP.

Para la integración y elaboración del análisis de cambios de usos de suelo y vegetación se utilizaron programas de cómputo especializados en el manejo e interpretación de datos geográficos, ERDAS Imagine 9.1, ArcInfo 9.1 y ArcGIS 9.1. Estos tres programas tienen la capacidad de realizar funciones similares, pero cada uno ejecuta mejor unas tareas que otras. Es así que, el primero, ERDAS se usa para el procesamiento de imágenes de satélite, ayudando a la captura, georeferenciación, medición, análisis y presentación de los datos en formato digital, logrando con ello una gran precisión en la información cartográfica. Con el segundo, ArcInfo, se maneja mejor la creación, análisis y edición de los datos espaciales junto con sus respectivos atributos (base de datos), todo esto relacionado a un sistema de coordenadas terrestres. Es así que, el sistema “Arc” maneja las coordenadas y los datos de localización geográfica (topología) y el sistema “Info” almacenó los atributos temáticos asociados (base de datos). Por último, con la utilización de ArcGIS, con su conjunto de aplicaciones integradas: ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox, se puede desplegar archivos vectoriales y raster, administración, edición y, principalmente, la realización cartográfica de los datos geográficos asociados.

Con los polígonos de la cobertura de Usos del Suelo y Vegetación INEGI Serie III, se les realizó un corte de las tres áreas de estudio que conformaron el presente proyecto, utilizando como base los polígonos establecidos en los decretos de creación de las ANP. Las categorías de Usos del Suelo y Vegetación para cada ANP sirvió de base para los análisis y la elaboración de la leyenda que se aplicó en el presente trabajo. A la leyenda utilizada se considera con la



categoría de “zonas agrícolas” todos los polígonos que presenten alguna actividad agrícola.

Las imágenes de satélite empleadas para este trabajo corresponden a las de formato Landsat del año 1990 las cuales fueron obtenidas de Earth Science Data Interface <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp> y del año 2000 obtenidas del acervo de imágenes de la SEMARNAT las cuales fueron adquiridas para la elaboración del Inventario Forestal Nacional 2000 (Tabla 2). Las imágenes Landsat TM y ETM cuenta con 7 y 8 bandas, para este trabajo solo se utilizaron las 6 bandas multiespectrales.

**Tabla 2.** Características de las imágenes de satélite Landsat.

| ANP                       | LANDSAT<br>PATH/ROW | FECHA | NUMERO<br>DE<br>BANDAS | IMÁGENES<br>PROCESADAS |
|---------------------------|---------------------|-------|------------------------|------------------------|
| APFF Cañón de Santa Elena | TM 30-40            | 1990  | 6                      | 1                      |
|                           | TM 31-40            |       | 6                      | 1                      |
|                           | ETM 30-40           | 2000  | 6                      | 1                      |
|                           | ETM 31-40           |       | 6                      | 1                      |
| APFF Sierra de Álamos     | TM 33-41            | 1990  | 6                      | 1                      |
|                           | TM 34-41            |       | 6                      | 1                      |
|                           | ETM 33-41           | 2000  | 6                      | 1                      |
|                           | ETM 34-41           |       | 6                      | 1                      |
| RB Sierra la Laguna       | TM 34-44            | 1990  | 6                      | 1                      |
|                           | ETM 34-44           | 2000  | 6                      | 1                      |
| <b>TOTAL DE IMÁGENES</b>  |                     |       |                        | <b>10</b>              |

También se emplearon imágenes de satélite SPOT 5 del año 2005, las cuales fueron solicitadas a la Estación de Recepción México del satélite SPOT (ERMEXS) a través de la Subdirección encargada del SIG de la CONANP. Las imágenes tienen una resolución espacial de 2.5 metros en la banda pancromática y de 10 metros en las bandas multiespectral (Tabla 3).



**Tabla 3.** Características de las imágenes de satélite SPOT 5.

| ANP                                      | CÓDIGO<br>SPOT K/J | FECHA     | NUMERO<br>DE BANDAS | IMÁGENES<br>PROCESADAS |
|------------------------------------------|--------------------|-----------|---------------------|------------------------|
| <b>APFF Cañón<br/>de Santa<br/>Elena</b> | 573/291            | 03-Jul-05 | 4                   | 1                      |
|                                          | 573/292            | 03-Jul-05 | 4                   | 1                      |
|                                          | 574/292            | 09-Jul-05 | 4                   | 1                      |
|                                          | 575/293            | 05-Jul-05 | 4                   | 1                      |
|                                          | 573/291            | 03-Jul-05 | 1                   | 1                      |
|                                          | 573/292            | 03-Jul-05 | 1                   | 1                      |
|                                          | 574/292            | 09-Jul-05 | 1                   | 1                      |
|                                          | 575/292            | 05-Jul-05 | 1                   | 1                      |
| <b>APFF Sierra<br/>de Álamos</b>         | 564/296            | 26-Dic-05 | 4                   | 1                      |
|                                          | 565/296            | 20-Nov-05 | 4                   | 1                      |
|                                          | 564/296            | 26-Dic-05 | 1                   | 1                      |
|                                          | 565/296            | 20-Nov-05 | 1                   | 1                      |
| <b>RB Sierra la<br/>Laguna</b>           | 564/303            | 01-Jun-05 | 4                   | 1                      |
|                                          | 564/303            | 01-Jun-05 | 1                   | 1                      |
| <b>TOTAL DE IMÁGENES</b>                 |                    |           | <b>35</b>           | <b>14</b>              |

Todas las imágenes fue necesario rectificarlas, corrigiendo posibles alteraciones de georeferencia debidas a diversos factores sistemáticos como curvatura y rotación de la Tierra durante la adquisición de la imagen, excesivo campo de visión; o factores no sistemáticos como variaciones de altitud y velocidad del satélite, averías del sensor y pérdidas de propiedades.

Primero se corrigieron las imágenes SPOT 5 por ser las mas recientes y con mayor resolución, para esto se utilizó el archivo de efemérides asociadas a las imágenes que el sensor asignó al momento de la toma, fijándoles valores “X” y “Y”. A la geo-corrección se le incluyó un valor “Z” obtenido de modelos digitales de elevación (DEM), los cuales fueron obtenidos del “Sistema de descarga del Continuo de Elevaciones Mexicano” (INEGI, 2009). Por últimos a las imágenes multiespectrales se les aplicó un realce espacial a partir de las imágenes pancromáticas (2.5m), esto con el objeto de obtener imágenes con mayor nitidez y que sirvieran de apoyo para distinguir rasgos entre categorías de Uso de Suelo y Vegetación.



Rectificadas las imágenes SPOT del 2005, sirvieron de base para corregir las imágenes Landsat ETM del año 2000 y Landsat TM del año 1990. La georeferenciación se llevó a cabo asignando puntos de control en las imágenes Landsat tomando puntos fácilmente reconocibles de las SPOT. El grado de ajuste entre la imagen base (SPOT) y la imagen a corregir (Landsat) se midió mediante el “Error Medio Cuadrático” (RMS por sus siglas en inglés), el cual siempre fue menor a uno píxel.

Se realizó una clasificación digital no supervisada, donde las firmas son automáticamente generadas por el algoritmo ISODATA. Este algoritmo usa la fórmula de la distancia espectral mínima para formar cúmulos (cluster). El método empieza con un cúmulo promedio arbitrario o con el promedio de un conjunto de firmas espectrales existentes. Cada vez que se repite el proceso de formación de “cúmulos”, el promedio de estos cúmulos se modifica. El nuevo promedio de los cúmulos se usa para la siguiente iteración. La utilidad isodata repite el agrupamiento de la imagen hasta que se ejecute el número máximo de iteraciones o se alcance el máximo porcentaje de asignación de píxeles no cambiados entre dos iteraciones.

No fue necesario crear áreas de entrenamiento, no se le adicionó ningún dato de las áreas de estudio, la computadora se encarga de escoger el conjunto de muestras a través de un procedimiento de clasificación no supervisado y lo único que se le asignó fue el número de clases de salida, siendo de 45 para el APFyF Cañón de Santa Elena y 40 clases para el APFyF Sierra de Álamos y la RB Sierra La Laguna.

A continuación se realizó una interpretación visual, la cual se pudo resolver algunos problemas del tratamiento digital. La primera interpretación visual asistida se aplicó a la capa raster, re-delimitando la frontera entre clases para la cual sirvió de apoyo la escena multiespectral, asignando un valor numérico (grid-code) a las clases lo que sirve para separar las categorías que se mezclaron de forma errada con otras clases.



Al concluir la fase de interpretación visual sobre la capa raster, se realizó la transformación a formato vectorial. Fueron corregidos aquellos polígonos que no estaban acorde al límite del tipo del tipo de Uso de Suelo y Vegetación, a través de la interpretación visual de acuerdo al método propuesto por la FAO 2000 (*in* CONANP 2007). Se eliminó también el área mínima cartografiable para una escala 1:50,000 (escala a la que se generarán los mapas finales) que fue de una hectárea. Inmediatamente después se eliminaron fronteras de los polígonos que presentaron una clase igual entre ellos, para después realizar un suavizado de arcos, lo que controló el número de vértices de un arco y la distancia entre ellos en formas curvas.

Por último, se agregó la tabla de atributos de Uso de Suelo y Vegetación acorde al grid-code. Este último lleva un valor integral que va a indicar que categoría de la leyenda diseñada pertenece a cada elemento. Una vez realizado lo anterior, las coberturas fueron exportadas para su procesamiento cartográfico y salida visual.

Una vez obtenidas las coberturas del año 2005 de las áreas de estudio, y de acuerdo con el método de interpretación interdependiente propuesto por la FAO (1996, 2000), estas sirvieron de base en la interpretación para las demás fechas analizadas, modificando los límites de los polígonos de aquellas clases donde se perdió o se ganó superficie mediante interpretación visual.

Los tipos de vegetación para cada área se agruparon en vegetación forestal y vegetación no forestal. La primera agrupó el conjunto de plantas dominadas por especies arbóreas, arbustivas o crasas, que crecen y se desarrollan en forma natural formando bosques, selvas, vegetación de zonas áridas y zonas sin vegetación aparente, considerando a esta última como parte de este grupo por ser una cobertura natural que no presenta, en apariencia, algún tipo de disturbio antrópico. La segunda agrupa los usos de suelo derivados de actividades antrópicas y/o desastres naturales (Ley Forestal, 2005).



Obtenidas las capas de las tres fechas, el siguiente paso fue la detección de los cambios en las coberturas de Uso del Suelo y Vegetación. El objetivo de este procedimiento fue el de analizar qué rasgos presentes en una determinada zona presentaron cambios dentro de un periodo (1990 – 2005). La cuantificación del cambio fue posible al sumar los mapas de las coberturas bases y las fecha a comparar. Así, al obtener la base de datos de dicha suma, fue viable la construcción de tablas dinámicas, las cuales nos mostraron el grado de cambio o permanencia que ocurrió dentro de las áreas analizadas

Las tablas dinámicas permiten la construcción de la matriz de transición, en las cuales se reagruparon las categorías de acuerdo a lo propuesto por Ramírez y Zubieta (2005). Dichas categorías indican el tipo de transformación al que fueron sometidas las coberturas en un periodo determinado.

Es así que las categorías en las que se agruparon fueron las siguientes (figura 3):

**Deforestación:** Pérdida del arbolado, denso o abierto, por cambio a usos No forestales.

**Perturbación:** Pérdida o aclarado del arbolado sin cambio en el uso del 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.).

**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 cambios.**

**Otras coberturas sin cambio.**



|                                    |         | Uso del Suelo y Vegetación Fecha 2 |    |         |                                  |     |         |                                |    |                             |                             | TOTAL FECHA 1 |  |  |
|------------------------------------|---------|------------------------------------|----|---------|----------------------------------|-----|---------|--------------------------------|----|-----------------------------|-----------------------------|---------------|--|--|
|                                    |         | B1                                 | B2 | B.....n | Bp1                              | Bp2 | Bp....n | A1                             | A2 | A....n                      | Agua                        |               |  |  |
| Uso del Suelo y Vegetación Fecha 1 | B1      | Vegetación conservada sin cambio   |    |         | Perturbación                     |     |         | Deforestación                  |    |                             |                             |               |  |  |
|                                    | B2      |                                    |    |         |                                  |     |         |                                |    |                             |                             |               |  |  |
|                                    | B.....n |                                    |    |         |                                  |     |         |                                |    |                             |                             |               |  |  |
|                                    | Bp1     | Recuperación                       |    |         | Vegetación perturbada sin cambio |     |         |                                |    |                             |                             |               |  |  |
|                                    | Bp2     |                                    |    |         |                                  |     |         |                                |    |                             |                             |               |  |  |
|                                    | Bp....n |                                    |    |         |                                  |     |         |                                |    |                             |                             |               |  |  |
|                                    | A1      | Revegetación                       |    |         |                                  |     |         | Usos agropecuarios sin cambios |    | Cambios en el nivel de agua |                             |               |  |  |
|                                    | A2      |                                    |    |         |                                  |     |         |                                |    |                             |                             |               |  |  |
|                                    | A....n  |                                    |    |         |                                  |     |         | Cambios en el nivel de agua    |    |                             | Otras cubiertas sin cambios |               |  |  |
|                                    | Agua    |                                    |    |         |                                  |     |         |                                |    |                             |                             |               |  |  |
|                                    |         |                                    |    |         |                                  |     |         |                                |    |                             |                             |               |  |  |
| TOTAL FECHA 2                      |         |                                    |    |         |                                  |     |         |                                |    |                             |                             | TOTAL GENERAL |  |  |

Figura 3. Diseño de la Matriz de Transición.

Finalmente se realizó el cálculo de tasa de transformación que ocurre entre los años de estudio, para lo cual, y como se mencionó anteriormente, los usos del suelo y vegetación fueron agrupados en coberturas forestales y no forestales. Es así que, de acuerdo a la agrupación de los tipos de vegetación, el lapso de tiempo de análisis y superficie terrestre de las ANP, se calculó la tasa de transformación del hábitat de acuerdo a la ecuación utilizada por la FAO (1996), que multiplicada por 100 nos proporcionó el valor en porcentaje. La formula es expresada de la siguiente manera:

$$\delta = 1 - \left( 1 - \frac{S1 - S2}{S1} \right)^{1/n} \times 100$$

Donde:

$\delta$  = tasa de cambio

$S1$  = superficie forestal, al inicio del periodo

$S2$  = superficie forestal, al final del periodo

$n$  = número de años entre las fechas

Los datos de transformación son graficados para observar la tendencia en la transformación del hábitat en los periodos analizados y se elaboraron tablas de cambio de aquellos tipos de Vegetación que pasan a Uso del Suelo en esta se puede observar cual es el tipo de vegetación que tiene mayor presión y que tipo de Uso del Suelo tiene mayor impacto sobre la Vegetación, el signo negativo (-) indica perdida mientras que el positivo (+) ganancia.



## 7 Resultados y discusión

El resultado de la sobreposición de la cobertura de INEGI Serie III con los polígonos de las ANP permitió diseñar la leyenda para las clases a utilizar en la clasificación de Uso del Suelo y Vegetación, misma que se presenta a continuación:

**Tabla 4** Leyenda de los tipos de Uso del Suelo Vegetación para las tres ANP.

| Uso del Suelo y Vegetación       | Definición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Área sin vegetación aparente     | Áreas que parecen ser desprovistas de una cobertura vegetal. La ausencia de vegetación puede ser determinada por condiciones naturales: clima muy árido, salinas o bien por que la vegetación fue eliminada totalmente por actividades humanas como son la minería a cielo abierto, depósitos de sales, pastoreo excesivo, entre otros usos no perceptibles.                                                  |
| Asentamientos humanos            | Área ocupada por zonas edificadas, urbanas, suburbanas e industriales principalmente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Bosque de pino-encino            | Vegetación que mantiene sus características estructurales y florísticas de bosque mixto de pino-encino ( Pinus-Quercus) o encino-pino (Quercus-Pinus), de altura mediana (preferentemente entre 5 y 20 m), denso, sin importar la dominancia de uno u otro género. En climas templados húmedos y subhúmedos.                                                                                                  |
| Bosque de pino-encino secundario | Vegetación que ha sido modificado con cierto grado de perturbación de sus características estructurales y florísticas en sus características estructurales y florísticas de bosque mixto de pino-encino ( Pinus-Quercus) o encino-pino (Quercus-Pinus), de altura mediana (preferentemente entre 5 y 20 m), denso, sin importar la dominancia de uno u otro género. En climas templados húmedos y subhúmedos. |
| Bosque encino                    | Vegetación que mantiene sus características estructurales y florísticas de bosque de estructuras variadas, con alturas que oscilan entre 2 y 30 m, dominados por especies del genero Quercus, distribuidos ampliamente en zonas de clima templado húmedo a subhúmedo, hasta zonas de clima semicálido subhúmedo a seco.                                                                                       |
| Bosque encino secundario         | Vegetación que ha sido modificado con cierto grado de perturbación de sus características estructurales y florísticas de bosque de estructuras variadas, con alturas que oscilan entre 2 y 30 m, dominados por especies del genero Quercus, distribuidos ampliamente en zonas de clima templado húmedo a subhúmedo, hasta zonas de clima semicálido subhúmedo a seco.                                         |
| Cuerpo de agua                   | Depósitos mayores de aguas interiores del país, tanto naturales como artificiales (lagos, lagunas, presas y bordos).                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Matorral desértico micrófilo     | Vegetación que mantiene sus características estructurales y florísticas, que se desarrolla en las zonas más áridas del país, en el cual predominan arbustos con hojas o folíolos pequeños. Especies típicas incluyen: Larrea tridentata, Fouquieria splendens, Cercidium microphyllum, Ambrosia dumosa, Acacia sp. y Prosopis sp.                                                                             |



|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Matorral desértico micrófilo secundario  | Vegetación que ha sido modificado con cierto grado de perturbación de sus características estructurales y florísticas, que se desarrolla en las zonas más áridas del país, en el cual predominan arbustos con hojas o folíolos pequeños. Especies típicas incluyen: <i>Larrea tridentata</i> , <i>Fouquieria splendens</i> , <i>Cercidium microphyllum</i> , <i>Ambrosia dumosa</i> , <i>Acacia</i> sp. y <i>Prosopis</i> sp.                                                                                                                                                               |
| Matorral desértico rosetófilo            | Vegetación que mantiene sus características estructurales y florísticas, que es dominada por plantas con hojas en forma de roseta, con o sin espinas. Géneros típicos incluyen: <i>Agave</i> , <i>Hechtia</i> , <i>Dasyllirion</i> y <i>Yucca</i> , principalmente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Matorral desértico rosetófilo secundario | Vegetación que ha sido modificado con cierto grado de perturbación de sus características estructurales y florísticas, que es dominada por plantas con hojas en forma de roseta, con o sin espinas. Géneros típicos incluyen: <i>Agave</i> , <i>Hechtia</i> , <i>Dasyllirion</i> y <i>Yucca</i> , principalmente.                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Matorral sarcocaulé                      | Vegetación con abundancia de plantas con tallos semi-suculentos (sarcocaulés). Algunas especies típicas son: <i>Bursera hindsiana</i> , <i>Jatropha cinérea</i> y <i>Pachycerus pringlei</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Matorral sarcocaulé secundario           | Vegetación que ha sido modificado con cierto grado de perturbación de sus características estructurales y florísticas. Es una vegetación con abundancia de plantas con tallos semi-suculentos (sarcocaulés). Algunas especies típicas son: <i>Bursera hindsiana</i> , <i>Jatropha cinérea</i> y <i>Pachycerus pringlei</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Matorral sarcocrasicaule secundario      | Vegetación que ha sido modificado con cierto grado de perturbación de sus características estructurales y florísticas, la cual cuenta con abundancia de plantas de tallos semi-suculentos (sarcocaulés) y cactáceas (crasicaules).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Pastizal (inducido)                      | Se desarrolla al eliminarse la vegetación original (bosque, selvas, matorral, otros) o en áreas agrícolas abandonadas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Pastizal natural                         | Vegetación de gramíneas o graminoides con arbustos dispersos propios de zonas semiáridas, principalmente en el Altiplano del país. Especies típicas incluyen: <i>Bouteloua gracilis</i> , <i>Trichachne californica</i> , <i>Hilaria mutica</i> , <i>Bouteloua curtipendula</i> , <i>Aristida ternipes</i> , <i>Setaria macrostachya</i> y <i>Stipa eminens</i> . En algunas áreas estos pastizales también incluyen arbustos dispersos de huizache ( <i>Acacia</i> ), sea debido a factores naturales, o al sobrepastoreo.                                                                 |
| Selva baja caducifolia                   | Vegetación que mantiene sus características estructurales y florísticas de vegetación arbórea de entre 4 y 5 m de altura, en climas cálido-semisecos. Más del 50% de los árboles pierden el follaje durante la estación de sequía. Los géneros típicos son: <i>Plumeria</i> , <i>Bursera</i> , <i>Gyrocarpus</i> , <i>Spondias</i> , <i>Pseudosmodium</i> , entre otros.                                                                                                                                                                                                                    |
| Selva baja caducifolia secundaria        | Vegetación que ha sido modificado con cierto grado de perturbación de sus características estructurales y florísticas de vegetación arbórea de entre 4 y 5 m de altura, en climas cálido-semisecos. Más del 50% de los árboles pierden el follaje durante la estación de sequía. Los géneros típicos son: <i>Plumeria</i> , <i>Bursera</i> , <i>Gyrocarpus</i> , <i>Spondias</i> , <i>Pseudosmodium</i> , entre otros.                                                                                                                                                                      |
| Vegetación de galería                    | Vegetación arbórea que se desarrolla en los márgenes de ríos y arroyos permanentes y semipermanentes, en condiciones favorables de humedad local. Fisiológicamente y estructuralmente se trata de un conjunto muy heterogéneo de comunidades, diferente a la vegetación que lo rodea. Géneros típicos incluyen: <i>Platanus</i> , <i>Populus</i> , <i>Salix</i> y <i>Taxodium</i> (amplia distribución); <i>Astianthus</i> , <i>Ficus</i> , <i>Bambusa</i> , <i>Inga</i> , <i>Pachira</i> (clima tropical) y <i>Hacer</i> , <i>Alnus</i> , <i>Carya</i> , <i>Fraxinus</i> (clima templado). |
| Zona agrícola                            | Superficie en la que el suelo es utilizado para cultivos agrícolas, mismos que reciben agua mediante algún sistema de riego o que aprovechan la humedad residual del suelo, ya sea antes de empezar o después de haber terminado la temporada de lluvias.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |



Con base del INEGI Serie III el APFF Cañón de Santa Elena se encuentran 15 tipos de Uso de Suelo y Vegetación, 12 tipos para el APFF Sierra de Álamos y para la RB Sierra La Laguna 13 tipos. Algunos tipos de Uso de Suelo y Vegetación son comunes en las 3 ANP, mientras que otros solo se presentan en una o dos ANP.

Se procesaron un total de 24 imágenes de satélite, 5 Landsat TM, 5 Landsat ETM y 14 SPOT 5, todas las imágenes se encuentran en el acervo de la CONANP y solo fueron utilizadas para obtener los datos de Uso de Suelo y Vegetación de las tres ANP de interés para el presente trabajo. De esto último se obtuvieron 3 coberturas en formato vectorial del Uso de Suelo y Vegetación (una por cada fecha) para cada ANP, así como dos coberturas de cambios entre los periodos analizados. En total se obtuvieron 15 coberturas vectoriales en formato compatible ArcInfo.

### 7.1 APFyF Cañón de Santa Elena

Los resultados obtenidos de la clasificación de las imágenes de satélite de los años 1990-2000-2005 se presentan en la Tabla 5, aquí se puede observar los 15 tipos de Uso de Suelo y Vegetación presentes en esta área.

El grupo de vegetación Forestal ocupó el mayor porcentaje en la superficie del área con alrededor del 97% para las tres fechas, mientras que la porción que corresponde a la categoría No Forestal ocupó una superficie de poco mas del 2% de la superficie total del área.

En lo que corresponde a la vegetación Forestal dominaron dos tipos de vegetación: el Matorral desértico micrófilo y el Matorral desértico rosetófilo, mismos que ocuparon aproximadamente el 49% y el 36% de la superficie total del área respectivamente. Sin embargo cabe hacer notar que se presentan elementos de Bosques de Encino y Pino-Encino, esto debido a el cambio brusco de altitud entre la llanura y la montaña, presentándose un rango de elevación que va de 725 a 2,401 msnm, ubicándose el punto de menor elevación precisamente en el cauce del río Bravo y el punto de mayor elevación en la cima de la Sierra Rica. Esto trae



como consecuencia que la vegetación en esta área cambie de desierto a bosque de coníferas, pasando por una transición de pastizal.

**Tabla 5.** Superficie de los tipos de Uso del Suelo y Vegetación presentes en el APFyF Cañón de Santa Elena.

| <b>APFF Cañón de Santa Elena</b>                       |                |              |                |              |                |              |
|--------------------------------------------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| <b>Vegetación forestal</b>                             | <b>1990</b>    | <b>%</b>     | <b>2000</b>    | <b>%</b>     | <b>2005</b>    | <b>%</b>     |
| Área sin vegetación aparente                           | 2,557          | 0.92         | 2,557          | 0.92         | 2,557          | 0.92         |
| Bosque de encino                                       | 1,757          | 0.63         | 1,742          | 0.62         | 1,742          | 0.62         |
| Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)            | 1,671          | 0.60         | 1,662          | 0.60         | 1,662          | 0.60         |
| Matorral desertico microfilo                           | 138,684        | 49.66        | 138,536        | 49.61        | 138,528        | 49.61        |
| Matorral desertico rosetofilo                          | 102,186        | 36.59        | 102,126        | 36.57        | 102,124        | 36.57        |
| Pastizal natural                                       | 5,099          | 1.83         | 5,099          | 1.83         | 5,098          | 1.83         |
| Vegetación de galería                                  | 3,626          | 1.30         | 3,626          | 1.30         | 3,621          | 1.30         |
| Bosque de encino secundario                            | 183            | 0.07         | 198            | 0.07         | 198            | 0.07         |
| Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) secundario | 49             | 0.02         | 49             | 0.02         | 49             | 0.02         |
| Matorral desertico microfilo secundario                | 6,975          | 2.50         | 6,991          | 2.50         | 6,991          | 2.50         |
| Matorral desertico rosetofilo secundario               | 9,236          | 3.31         | 9,259          | 3.32         | 9,259          | 3.32         |
| <b>Subtotal</b>                                        | <b>272,023</b> | <b>97.41</b> | <b>271,845</b> | <b>97.35</b> | <b>271,829</b> | <b>97.34</b> |
| <b>Vegetación no forestal</b>                          |                |              |                |              |                |              |
| Asentamientos humanos                                  | 506            | 0.18         | 518            | 0.19         | 518            | 0.19         |
| Pastizal inducido                                      | 2,712          | 0.97         | 2,854          | 1.02         | 2,861          | 1.02         |
| Zona agricola                                          | 3,903          | 1.40         | 3,925          | 1.41         | 3,935          | 1.41         |
| <b>Subtotal</b>                                        | <b>7,120</b>   | <b>2.55</b>  | <b>7,297</b>   | <b>2.61</b>  | <b>7,314</b>   | <b>2.62</b>  |
| <b>Otros</b>                                           |                |              |                |              |                |              |
| Cuerpo de agua                                         | 115            | 0.04         | 116            | 0.04         | 116            | 0.04         |
| <b>Subtotal</b>                                        | <b>115</b>     | <b>0.04</b>  | <b>116</b>     | <b>0.04</b>  | <b>116</b>     | <b>0.04</b>  |
| <b>Total</b>                                           | <b>279,259</b> | <b>100</b>   | <b>279,259</b> | <b>100</b>   | <b>279,259</b> | <b>100</b>   |

En el año 1990, el matorral desértico micrófilo fue la cobertura dominante ocupando el 49.66% de la extensión total del área, seguido por el matorral desértico rosetófilo con el 36.59%, por lo que ambas coberturas representaron una presencia de un poco más del 80% en la zona. Por otro lado, las coberturas No Forestales presentaron una presencia muy baja para este año, siendo las zonas agrícolas las que mayor presencia exhibían con un 1.40% de extensión dentro del área de estudio (Tabla 5).

Para el año 2000 el matorral desértico micrófilo continuó predominando en el área junto con el matorral desértico rosetófilo, aunque ambas disminuyeron un poco al presentarse con el 49.61% y 36.57% respectivamente (Tabla 5). Para este año las coberturas No Forestales siguieron presentes en un porcentaje muy bajo,



con ligeros crecimientos en las Zonas agrícolas en 1.41% y los pastizales inducidos en un 1.02%. En el año 2005 esta proporción de áreas se mantuvo, ya que los cambios en las coberturas fueron casi imperceptibles (Tabla 5, Figura 4).

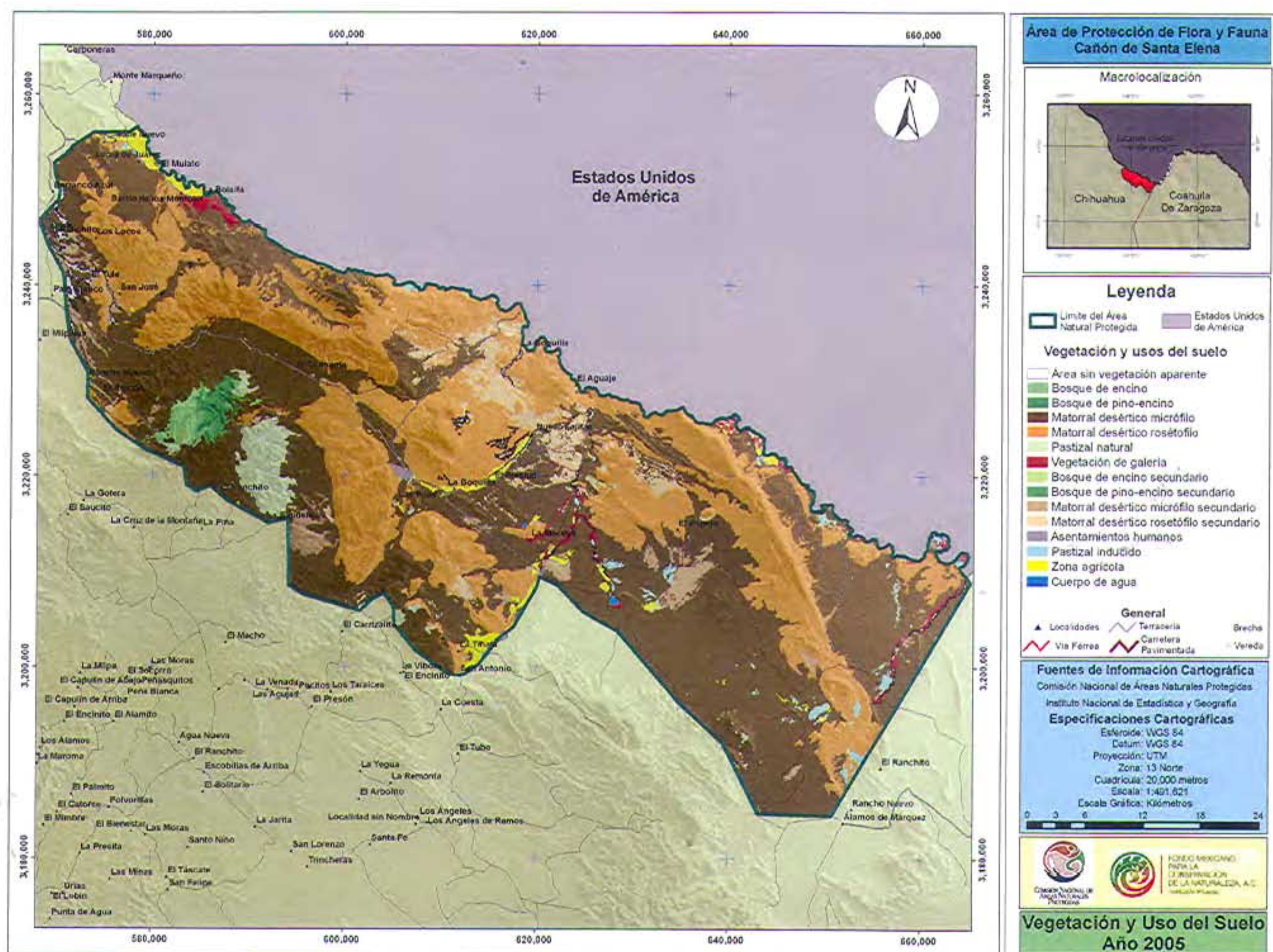


Figura 4. Vegetación y usos del suelo del APFF Cañón de Santa Elena año 2005.

La matriz de transición para el periodo 1990-2000 mostró una actividad en la zona que corresponde a Perturbación y Deforestación, cambios que en el primer caso afectaron 72 Ha de vegetación primaria. De éstas últimas, 31 Ha eran coberturas primarias de Matorral desértico micrófilo que en el año 2000 pasaron a un estado secundario (Tabla 6). La Deforestación fue el proceso de cambio más significativo, este proceso ocurrió mayormente sobre el Matorral desértico micrófilo



con vegetación primaria. Estos dos procesos de cambio en conjunto representaron el 0.09% de la extensión total del área.

**Tabla 6.** Matriz de transición del APFyF Cañón de Santa Elena, periodo 1990 - 2000.

| <div>1990</div> <div>2000</div>          |  | Matriz de Transición (Hectáreas) 1990 - 2000 |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               |                |                    |
|------------------------------------------|--|----------------------------------------------|------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------|----------------|--------------------|
|                                          |  | Área sin vegetación aparente                 | Bosque de encino | Bosque de pino-encino | Matorral desértico micrófilo | Matorral desértico rosetófilo | Pastizal natural | Vegetación de galería | Bosque de encino secundario | Bosque de pino-encino secundario | Matorral desértico micrófilo secundario | Matorral desértico rosetófilo secundario | Asentamientos humanos | Pastizal inducido | Zona agrícola | Cuerpo de agua | Total general 1990 |
| Área sin vegetación aparente             |  | 2,557                                        |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               |                | 2,557              |
| Bosque de encino                         |  |                                              | 1,742            |                       |                              |                               |                  |                       | 15                          |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               |                | 1,757              |
| Bosque de pino-encino                    |  |                                              |                  | 1,662                 |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       | 10                |               |                | 1,671              |
| Matorral desértico micrófilo             |  |                                              |                  |                       | 138,536                      |                               |                  |                       |                             |                                  | 31                                      | 1                                        | 12                    | 85                | 18            |                | 138,684            |
| Matorral desértico rosetófilo            |  |                                              |                  |                       |                              | 102,126                       |                  |                       |                             |                                  |                                         | 24                                       |                       | 31                | 4             |                | 102,186            |
| Pastizal natural                         |  |                                              |                  |                       |                              |                               | 5,099            |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               |                | 5,099              |
| Vegetación de galería                    |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  | 3,626                 |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               |                | 3,626              |
| Bosque de encino secundario              |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       | 183                         |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               |                | 183                |
| Bosque de pino-encino secundario         |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             | 49                               |                                         |                                          |                       |                   |               |                | 49                 |
| Matorral desértico micrófilo secundario  |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  | 6,961                                   |                                          |                       | 14                |               |                | 6,975              |
| Matorral desértico rosetófilo secundario |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         | 9,233                                    |                       | 3                 |               |                | 9,236              |
| Asentamientos humanos                    |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          | 506                   |                   |               |                | 506                |
| Pastizal inducido                        |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       | 2,712             |               |                | 2,712              |
| Zona agrícola                            |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   | 3,903         |                | 3,903              |
| Cuerpo de agua                           |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               | 115            | 115                |
| <b>Total general 2000</b>                |  | <b>2,557</b>                                 | <b>1,742</b>     | <b>1,662</b>          | <b>138,536</b>               | <b>102,126</b>                | <b>5,099</b>     | <b>3,626</b>          | <b>198</b>                  | <b>49</b>                        | <b>6,991</b>                            | <b>9,259</b>                             | <b>518</b>            | <b>2,854</b>      | <b>3,925</b>  | <b>116</b>     | <b>279,259</b>     |

El tipo de vegetación que presentó mayor afectación en el periodo 1990-2000 fue el Matorral desértico micrófilo, el cual se transformó hacia Asentamientos Humanos, Pastizal inducido y Zonas agrícolas. Los otros tipos de vegetación que también están siendo transformados tuvieron un mayor impacto por el avance de los pastizales sobre estos. En total en este periodo se transformaron 177 Ha (Tabla 7).



**Tabla 7.** Transformación de vegetación a Usos del Suelo en el APFyF Cañón de Santa Elena, periodo 1990 - 2000.

| Procesos de Cambio 1990-2000             |               |                       |                   |               |
|------------------------------------------|---------------|-----------------------|-------------------|---------------|
| Vegetación                               | Uso del Suelo | Asentamientos Humanos | Pastizal inducido | Zona agrícola |
| Bosque de pino-encino                    |               |                       | -10               |               |
| Matorral desértico micrófilo             |               | -12                   | -85               | -18           |
| Matorral desértico rosetófilo            |               |                       | -31               | -4            |
| Matorral desértico micrófilo secundario  |               |                       | -14               |               |
| Matorral desértico rosetófilo secundario |               |                       | -3                |               |
| Total                                    |               | -12                   | -143              | -22           |
| Total de Hectáreas Transformadas         |               |                       |                   | -177          |

La matriz de transición para el periodo 2000-2005 mostró una actividad en la zona a la Deforestación, donde se transformaron 17 Ha de vegetación primaria, lo que representa tan solo una transformación del 0.006% de la extensión total del área (Tabla 8).

**Tabla 8.** Matriz de transición del APFF Cañón de Santa Elena, periodo 2000-2005.

| <div>2000</div> <div>2005</div>          |  | Matriz de Transición (Hectáreas) 2000 - 2005 |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               |                |                    |
|------------------------------------------|--|----------------------------------------------|------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------|----------------|--------------------|
|                                          |  | Área sin vegetación aparente                 | Bosque de encino | Bosque de pino-encino | Matorral desertico microfilo | Matorral desertico rosetofilo | Pastizal natural | Vegetación de galería | Bosque de encino secundario | Bosque de pino-encino secundario | Matorral desertico microfilo secundario | Matorral desértico rosetófilo secundario | Asentamientos humanos | Pastizal inducido | Zona agrícola | Cuerpo de agua | Total general 2000 |
| Área sin vegetación aparente             |  | 2,557                                        |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               |                | 2,557              |
| Bosque de encino                         |  |                                              | 1,742            |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               |                | 1,742              |
| Bosque de pino-encino                    |  |                                              |                  | 1,662                 |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               |                | 1,662              |
| Matorral desertico micrófilo             |  |                                              |                  |                       | 138,528                      |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          | 5                     | 4                 |               |                | 138,538            |
| Matorral desertico rosetófilo            |  |                                              |                  |                       |                              | 102,124                       |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          | 2                     |                   |               |                | 102,126            |
| Pastizal natural                         |  |                                              |                  |                       |                              |                               | 5,098            |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   | 1             |                | 5,099              |
| Vegetación de galería                    |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  | 3,621                 |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   | 5             |                | 3,626              |
| Bosque de encino secundario              |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       | 198                         |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               |                | 198                |
| Bosque de pino-encino secundario         |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             | 49                               |                                         |                                          |                       |                   |               |                | 49                 |
| Matorral desértico micrófilo secundario  |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  | 6,991                                   |                                          |                       |                   |               |                | 6,991              |
| Matorral desértico rosetófilo secundario |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         | 9,259                                    |                       |                   |               |                | 9,259              |
| Asentamientos humanos                    |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          | 518                   |                   |               |                | 518                |
| Pastizal inducido                        |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       | 2,854             |               |                | 2,854              |
| Zona agrícola                            |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   | 3,925         |                | 3,925              |
| Cuerpo de agua                           |  |                                              |                  |                       |                              |                               |                  |                       |                             |                                  |                                         |                                          |                       |                   |               | 116            | 116                |
| Total general 2005                       |  | 2,557                                        | 1,742            | 1,662                 | 138,528                      | 102,124                       | 5,098            | 3,621                 | 198                         | 49                               | 6,991                                   | 9,259                                    | 518                   | 2,861             | 3,935         | 116            | 279,259            |



El tipo de vegetación que presentó mayor afectación en el periodo 2000-2005 fue el Matorral desértico micrófilo que se transformó hacia Pastizal inducido y Zonas agrícolas. Los otros tipos de vegetación que también están siendo transformados, tuvieron un mayor impacto por el avance de la frontera agrícola. En total en este periodo se transformaron 17 Ha (Tabla 9).

**Tabla 9.** Transformación de vegetación a Usos del Suelo en el APFF Cañón de Santa Elena, periodo 2000-2005.

| Procesos de Cambio 2000-2005            |               |                   |               |
|-----------------------------------------|---------------|-------------------|---------------|
| Vegetación                              | Uso del Suelo | Pastizal inducido | Zona agrícola |
| Matorral desértico micrófilo            |               | -5                | -4            |
| Matorral desértico rosetófilo           |               | -2                |               |
| Pastizal natural                        |               |                   | -1            |
| Vegetación de galería                   |               |                   | -5            |
| <b>Total</b>                            |               | <b>-7</b>         | <b>-10</b>    |
| <b>Total de Hectáreas Transformadas</b> |               |                   | <b>-17</b>    |

En total en el periodo comprendido entre 1990-2005 se registró una transformación de 194 Ha, donde el tipo de vegetación mas afectado fue el Matorral desértico micrófilo que es perjudicado por el avance de los Asentamientos Humanos, el Pastizal inducido y la Zona Agrícola. De estos tres el que reflejó el mayor impacto es el Pastizal inducido con 150 Ha (Tabla 10).

**Tabla 10.** Transformación de vegetación a Usos del Suelo en el APFF Cañón de Santa Elena, periodo 1990-2005.

| Procesos de Cambio 1990-2005             |               |                       |                   |               |
|------------------------------------------|---------------|-----------------------|-------------------|---------------|
| Vegetación                               | Uso del Suelo | Asentamientos Humanos | Pastizal inducido | Zona agrícola |
| Bosque de pino-encino                    |               |                       | -10               |               |
| Matorral desértico micrófilo             |               | -12                   | -90               | -22           |
| Matorral desértico rosetófilo            |               |                       | -33               | -4            |
| Pastizal natural                         |               |                       |                   | -1            |
| Vegetación de galería                    |               |                       |                   | -5            |
| Matorral desértico micrófilo secundario  |               |                       | -14               |               |
| Matorral desértico rosetófilo secundario |               |                       | -3                |               |
| <b>Total</b>                             |               | <b>-12</b>            | <b>-150</b>       | <b>-32</b>    |
| <b>Total de Hectáreas Transformadas</b>  |               |                       |                   | <b>-194</b>   |

El APFF Cañón de Santa Elena en el periodo 1990–2000 se transformaron un total de 177 Ha con una tasa de transformación de 0.007% que corresponde a 17.7 Ha/Año. Mientras que en el periodo 2000-2005 se transformaron 17 Ha con una tasa de transformación de 0.001% que corresponde a 1.13 Ha/Año. En total



en el periodo comprendido entre 1990-2005 se registró una transformación de 194 Ha con una tasa de transformación de 0.005% que corresponde a 38.8 Ha/año (Tabla 11). La grafica muestra una tendencia a incrementarse la transformación del hábitat (Figura 5 y 6).

Tabla 11 Tasa de transformación del APFF Cañón de Santa Elena, periodo 1990 - 2005.

| Tasa de Transformación APFF Cañon de Santa Elena (Ha) |          |         |             |      |                                                                 |                                |        |                     |
|-------------------------------------------------------|----------|---------|-------------|------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------|---------------------|
| Años                                                  | Forestal | %       | No Forestal | %    | Transformación<br>en el período de<br>vegetación no<br>forestal | Ha/año en<br>el período        |        |                     |
| SUPERFICIE                                            | ORIGINAL | 279,259 |             |      |                                                                 |                                |        |                     |
| 1990                                                  | 272,023  | 97.41   | 7,236       | 2.59 |                                                                 |                                |        |                     |
| 2000                                                  | 271,845  | 97.35   | 7,413       | 2.65 | 177.00                                                          | 17.70                          |        |                     |
| 2005                                                  | 271,829  | 97.34   | 7,430       | 2.66 | 17.00                                                           | 1.13                           |        |                     |
|                                                       |          |         |             |      | 194                                                             | 38.80                          |        |                     |
| Período                                               | s1       | s2      | Cambio(HA)  | Año  | Tasa de cambio                                                  | (%) Tasa<br>de cambio<br>anual | HA/año | Cambio<br>Acumulado |
| 1990-2000                                             | 272,023  | 271,845 | -178        | 10   | 0.00007                                                         | 0.007                          | 17.70  | 177.00              |
| 2000-2005                                             | 271,845  | 271,829 | -16         | 5    | 0.00001                                                         | 0.001                          | 1.13   | 194.00              |
| 1990-2005                                             | 272,023  | 271,829 | -194        | 15   | 0.00005                                                         | 0.005                          | 38.80  | 194.00              |

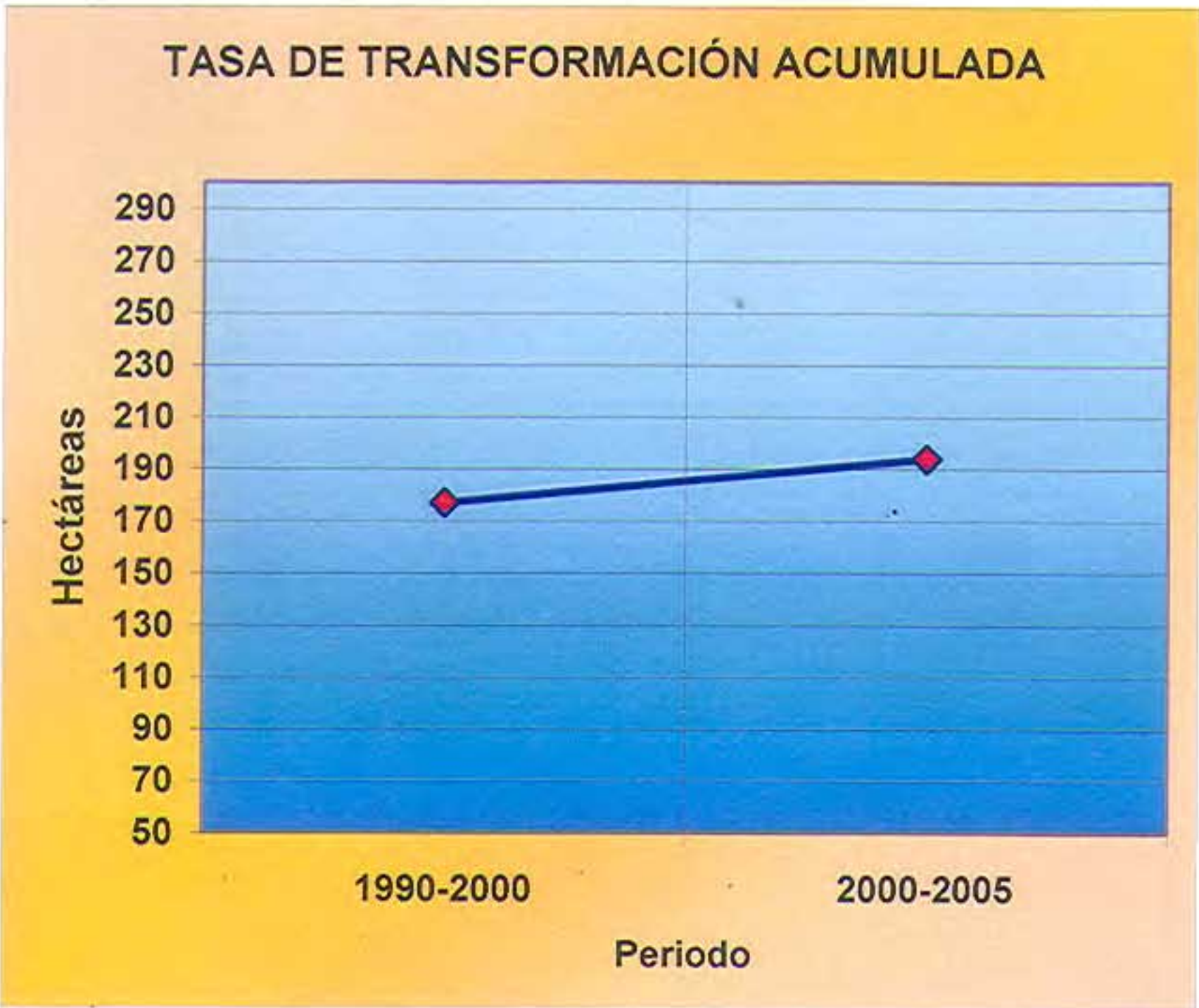


Figura 5. Tasa de transformación acumulada del APFF Cañón de Santa Elena, periodo 1990 - 2005.







## 7.2 APFyF Sierra de Álamos

El resultado de la clasificación de las imágenes de satélite para los años 1990–2000–2005 se presenta en la Tabla 12, en la cual se pueden observar los 12 tipos de Usos de Suelo y Vegetación presentes en el área.

El grupo de vegetación Forestal es la que mayor porcentaje de superficie ocupa en el área, con alrededor del 96 al 98% para las tres fechas, mientras que la porción que corresponde a la categoría No Forestal ocupó una superficie que varió entre el 1.7% y 3.8% de la superficie total del área.

En lo referente a la vegetación Forestal, ésta estuvo dominada por la Selva baja caducifolia, tanto en su fase primaria con el 38% como con la secundaria con el 19%, del Bosque de encino con el 22% y por el Bosque de pino-encino con el 10% aproximadamente (Tabla 12).

**Tabla 12.** Superficie de los tipos de Uso del Suelo y Vegetación presentes en el APFyF Sierra de Álamos.

| <b>APFF Sierra de Álamos</b>                           |               |              |               |              |               |              |
|--------------------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| <b>Vegetación forestal</b>                             | <b>1990</b>   | <b>%</b>     | <b>2000</b>   | <b>%</b>     | <b>2005</b>   | <b>%</b>     |
| Area sin vegetacion aparente                           | 875           | 0.93         | 875           | 0.93         | 875           | 0.93         |
| Bosque de encino                                       | 21,419        | 22.84        | 21,303        | 22.72        | 21,291        | 22.70        |
| Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)            | 9,993         | 10.66        | 9,971         | 10.63        | 9,969         | 10.63        |
| Selva baja caducifolia                                 | 37,112        | 39.57        | 35,653        | 38.02        | 35,403        | 37.75        |
| Vegetacion de galeria                                  | 643           | 0.69         | 641           | 0.68         | 641           | 0.68         |
| Bosque de encino secundario                            | 1,852         | 1.98         | 1,908         | 2.03         | 1,843         | 1.96         |
| Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) secundario | 2,192         | 2.34         | 2,214         | 2.36         | 2,213         | 2.36         |
| Selva baja caducifolia secundaria                      | 18,073        | 19.27        | 18,170        | 19.38        | 17,965        | 19.16        |
| <b>Subtotal</b>                                        | <b>92,160</b> | <b>98.27</b> | <b>90,736</b> | <b>96.75</b> | <b>90,200</b> | <b>96.18</b> |
| <b>Vegetación no forestal</b>                          |               |              |               |              |               |              |
| Asentamientos humanos                                  | 14            | 0.01         | 14            | 0.01         | 14            | 0.01         |
| Pastizal                                               | 1,074         | 1.14         | 1,722         | 1.84         | 2,193         | 2.34         |
| Zona agricola                                          | 531           | 0.57         | 1,307         | 1.39         | 1,372         | 1.46         |
| <b>Subtotal</b>                                        | <b>1,619</b>  | <b>1.73</b>  | <b>3,043</b>  | <b>3.24</b>  | <b>3,579</b>  | <b>3.82</b>  |
| <b>Otros</b>                                           |               |              |               |              |               |              |
| Cuerpo de agua                                         | 3             | 0.00         | 3             | 0.00         | 3             | 0.00         |
| <b>Subtotal</b>                                        | <b>3</b>      | <b>0.00</b>  | <b>3</b>      | <b>0.00</b>  | <b>3</b>      | <b>0.00</b>  |
| <b>Total</b>                                           | <b>93,782</b> | <b>100</b>   | <b>93,782</b> | <b>100</b>   | <b>93,782</b> | <b>100</b>   |

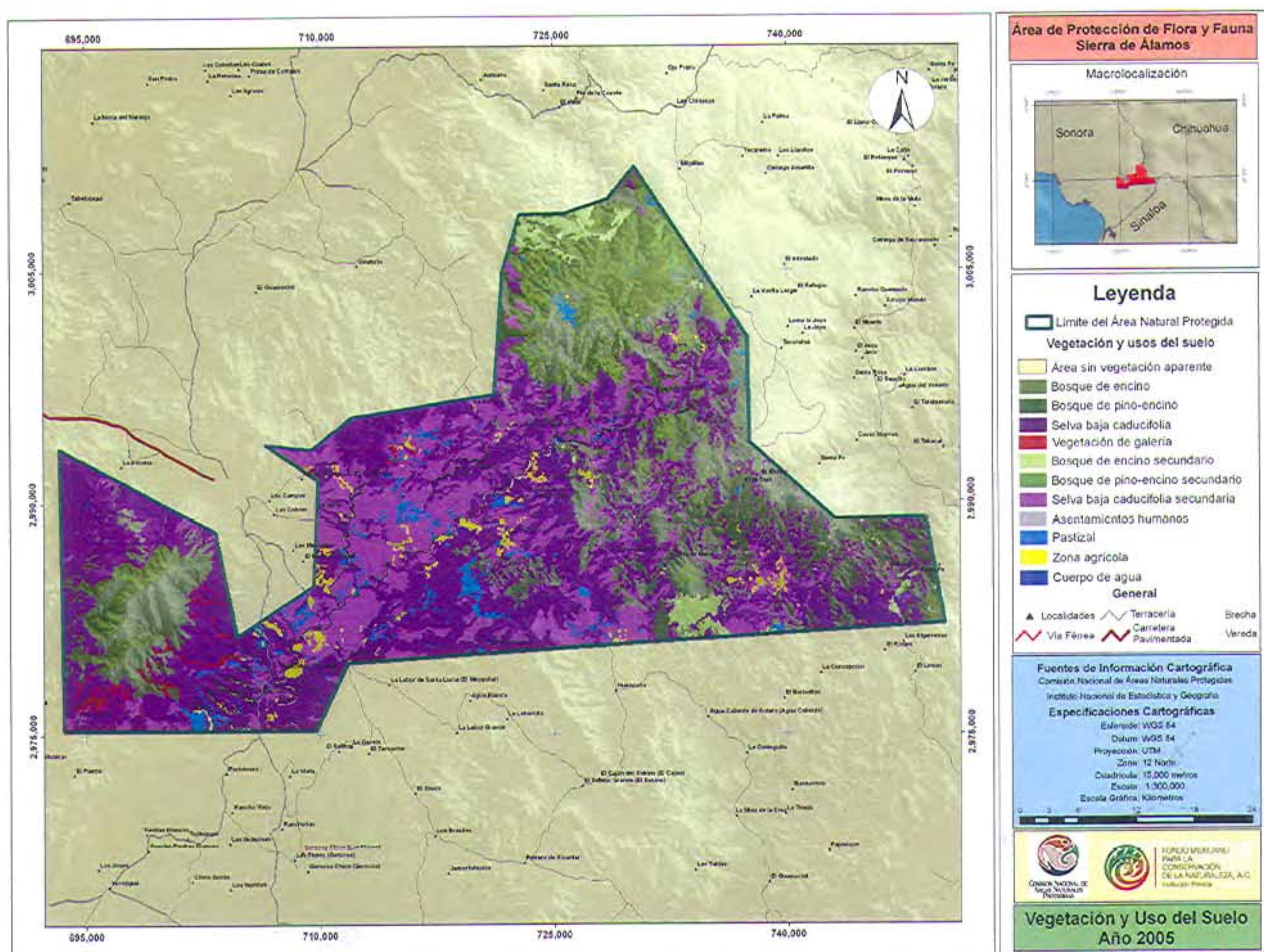


Para el año 1990 la selva baja caducifolia primaria fue la cobertura más preponderante ocupando el 39.57% de la extensión total del área, seguida del bosque de encino con el 22.84%, la selva baja caducifolia secundaria con el 19.27% y el bosque de pino–encino con el 10.66%. En conjunto, las coberturas anteriormente mencionadas abarcaron 98.27% en la zona. Por otro lado, las coberturas No Forestales mostraron una presencia muy baja para este año, siendo el Pastizal el que mayor presencia ejercía con el 1.14% de extensión dentro del área de estudio (Tabla 12).

En el año 2000 las coberturas dominantes se siguieron preservando, sin embargo éstas disminuyeron con respecto al año de 1990. Así, la Selva baja caducifolia se redujo al 38.02%, seguida del Bosque de encino con el 22.72%, la Selva baja caducifolia secundaria con el 19.38% y el Bosque de pino-encino con el 10.63% de la zona. En lo referente a las coberturas No Forestales siguieron presentes en un porcentaje muy bajo, con un aumento en el Pastizal del 1.84%, sin embargo las zonas agrícolas presentaron un crecimiento importante, al aumentar un poco más del doble de su extensión, abarcando el 1.39% del área (Tabla 12).

En el año 2005 si bien es cierto que la Selva baja caducifolia siguió predominando, esta disminuyó aún más con respecto al año 2000 al 37.75%, al igual que el Bosque de encino con el 22.70%, la Selva baja caducifolia secundaria al 19.16% y el Bosque de pino-encino al 10.63%. En lo referente a las coberturas No Forestal, los Pastos y las Zonas agrícolas aumentaron al 2.34% y 1.46% respectivamente (Tabla 12, Figura 6).





**Figura 6.** Vegetación y usos del suelo del APFF Sierra de Álamos año 2005.

La matriz de transición para el periodo 1990-2000 muestra una actividad en la zona que corresponde principalmente de Perturbación y Deforestación, los cambios en el primer caso afectaron 970 Ha de vegetación primaria. De estas últimas, 883 Ha eran coberturas primarias de Selva baja caducifolia que en el año 2000 pasaron a un estado secundario (Tabla 13). La Deforestación fue el proceso de cambio más significativo, ocurriendo principalmente sobre la Selva baja caducifolia primaria como en la secundaria. Estos dos procesos en conjunto representaron el 2.55% de la extensión total del área.



**Tabla 13.** Matriz de transición del APFyF Sierra de Álamos, periodo 1990 - 2000.

| <div> <div>1990</div> <div>2000</div> </div> | Matriz de Transición (Hectáreas) 1990 - 2000 |                  |                       |                        |                       |                             |                                                        |                                   |                       |              |               |                |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------|---------------|----------------|
|                                              | Área sin vegetación aparente                 | Bosque de encino | Bosque de pino-encino | Selva baja caducifolia | Vegetación de galería | Bosque de encino secundario | Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) secundario | Selva baja caducifolia secundaria | Asentamientos humanos | Pastizal     | Zona agrícola | Cuerpo de agua |
| Área sin vegetación aparente                 | 875                                          |                  |                       |                        |                       |                             |                                                        |                                   |                       |              |               |                |
| Bosque de encino                             |                                              | 21,303           |                       |                        |                       | 65                          |                                                        |                                   |                       | 24           | 27            |                |
| Bosque de pino-encino                        |                                              |                  | 9,971                 |                        |                       |                             | 22                                                     |                                   |                       |              |               |                |
| Selva baja caducifolia                       |                                              |                  |                       | 35,619                 |                       |                             |                                                        | 883                               |                       | 207          | 403           |                |
| Vegetación de galería                        |                                              |                  |                       |                        | 641                   |                             |                                                        |                                   |                       | 2            |               |                |
| Bosque de encino secundario                  |                                              |                  |                       |                        |                       | 1,843                       |                                                        |                                   |                       | 10           |               |                |
| Bosque de pino-encino secundario             |                                              |                  |                       |                        |                       |                             | 2,192                                                  |                                   |                       |              |               |                |
| Selva baja caducifolia secundaria            |                                              |                  |                       | 34                     |                       |                             |                                                        | 17,287                            |                       | 406          | 346           |                |
| Asentamientos humanos                        |                                              |                  |                       |                        |                       |                             |                                                        |                                   | 14                    |              |               |                |
| Pastizal                                     |                                              |                  |                       |                        |                       |                             |                                                        | 0.18                              |                       | 1,073        |               |                |
| Zona agrícola                                |                                              |                  |                       |                        |                       |                             |                                                        |                                   |                       |              | 531           |                |
| Cuerpo de agua                               |                                              |                  |                       |                        |                       |                             |                                                        |                                   |                       |              |               | 3              |
| <b>Total 2000</b>                            | <b>875</b>                                   | <b>21,303</b>    | <b>9,971</b>          | <b>35,653</b>          | <b>641</b>            | <b>1,908</b>                | <b>2,214</b>                                           | <b>18,170</b>                     | <b>14</b>             | <b>1,722</b> | <b>1,307</b>  | <b>3</b>       |
|                                              |                                              |                  |                       |                        |                       |                             |                                                        |                                   |                       |              |               | <b>93,782</b>  |

El tipo de vegetación que presentó mayor afectación en el periodo 1990-2000 fue la Selva baja caducifolia, tanto es su estado primario como secundario, la cual se transformó para Pastizal y Zonas Agrícolas. Los otros tipos de vegetación que también están siendo transformados, tienen un mayor impacto por el avance de los pastizales sobre estos. En total en este periodo se transformaron 1,424 Ha (Tabla 14).

**Tabla 14.** Transformación de vegetación a Usos del Suelo en el APFyF Sierra de Álamos, periodo 1990 - 2000.

| Procesos de Cambio 1990-2000            |               |             |               |
|-----------------------------------------|---------------|-------------|---------------|
| Vegetación                              | Uso del Suelo | Pastizal    | Zona agrícola |
| Bosque de encino                        |               | -24         | -27           |
| Selva baja caducifolia                  |               | -207        | -403          |
| Vegetación de galería                   |               | -2          |               |
| Bosque de encino secundario             |               | -10         |               |
| Selva baja caducifolia secundaria       |               | -406        | -346          |
| <b>Total</b>                            |               | <b>-649</b> | <b>-776</b>   |
| <b>Total de Hectáreas Transformadas</b> |               |             | <b>-1424</b>  |



La matriz de transición para el periodo 2000-2005 mostró actividad en la zona de Deforestación, donde se transformaron 154 Ha de vegetación primaria, lo que representa tan solo una transformación del 0.16% de la extensión total del área (Tabla 15).

Tabla 15. Matriz de transición del APFyF Sierra de Álamos, periodo 2000-2005.

| <div>2000</div> <div>2005</div>   | Matriz de Transición (Hectáreas) 2000 - 2005 |                  |                                             |                        |                       |                             |                                                        |                                   |                       |          |               |                | Total 2000 |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------|---------------|----------------|------------|
|                                   | Área sin vegetación aparente                 | Bosque de encino | Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) | Selva baja caducifolia | Vegetación de galería | Bosque de encino secundario | Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) secundario | Selva baja caducifolia secundaria | Asentamientos humanos | Pastizal | Zona agrícola | Cuerpo de agua |            |
| Área sin vegetación aparente      | 875                                          |                  |                                             |                        |                       |                             |                                                        |                                   |                       |          |               |                | 875        |
| Bosque de encino                  |                                              | 21,291           |                                             |                        |                       |                             | 1                                                      |                                   |                       | 11       | 1             |                | 21,303     |
| Bosque de pino-encino             |                                              |                  | 9,969                                       |                        |                       |                             | 2                                                      |                                   |                       |          |               |                | 9,971      |
| Selva baja caducifolia            |                                              |                  |                                             | 35,403                 |                       |                             |                                                        | 108                               |                       | 106      | 37            |                | 35,653     |
| Vegetación de galería             |                                              |                  |                                             |                        | 641                   |                             |                                                        |                                   |                       |          |               |                | 641        |
| Bosque de encino secundario       |                                              |                  |                                             |                        |                       | 1,843                       |                                                        |                                   |                       | 65       |               |                | 1,908      |
| Bosque de pino-encino secundario  |                                              |                  |                                             |                        |                       |                             | 2,210                                                  |                                   |                       |          | 4             |                | 2,214      |
| Selva baja caducifolia secundaria |                                              |                  |                                             |                        |                       |                             |                                                        | 17,720                            |                       | 285      | 165           |                | 18,170     |
| Asentamientos humanos             |                                              |                  |                                             |                        |                       |                             |                                                        |                                   | 14                    |          |               |                | 14         |
| Pastizal                          |                                              |                  |                                             |                        |                       |                             |                                                        |                                   |                       | 1,722    |               |                | 1,722      |
| Zona agrícola                     |                                              |                  |                                             |                        |                       |                             |                                                        | 137                               |                       | 5        | 1,165         |                | 1,307      |
| Cuerpo de agua                    |                                              |                  |                                             |                        |                       |                             |                                                        |                                   |                       |          |               | 3              | 3          |
| Total 2005                        | 875                                          | 21,291           | 9,969                                       | 35,403                 | 641                   | 1,843                       | 2,213                                                  | 17,965                            | 14                    | 2,193    | 1,372         | 3              | 93,782     |

El tipo de vegetación que presenta mayor afectación en el periodo 2000-2005 es la Selva baja caducifolia secundaria que se transformó hacia Pastizal y Zonas agrícolas. Los Otros tipos de vegetación que también están siendo transformados, tienen un mayor impacto por el crecimiento de los pastizales. En total en este periodo se transformaron 536 Ha (Tabla 16).



**Tabla 16.** Transformación de vegetación a Usos del Suelo en el APFyF Sierra de Álamos, periodo 2000-2005.

| Procesos de Cambio 2000-2005       |               |          |               |
|------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| Vegetación                         | Uso del Suelo | Pastizal | Zona agrícola |
| Bosque de encino                   |               | -11      | -1            |
| Selva baja caducifolia             |               | -106     | -37           |
| Bosque de encino secundario        |               | -65      |               |
| Bosque de pino - encino secundario |               |          | -4            |
| Selva baja caducifolia secundaria  |               | -285     | -165          |
| Selva baja caducifolia secundaria  |               |          | 137           |
| Total                              |               | -466     | -69           |
| Total de Hectáreas Transformadas   |               |          | -536          |

En total en el periodo comprendido entre 1990-2005 se registró una transformación de 1960 Ha, donde el tipo de vegetación mas afectado fue la Selva baja caducifolia secundaria que es afectada por el crecimiento de los pastizales y el avance de las fronteras agrícolas. De esto últimos el que mayor impacto reflejó fue el Pastizal con 691 Ha (Tabla 17).

**Tabla 17.** Transformación de vegetación a Usos del Suelo en el APFyF Sierra de Álamos, periodo 1990-2005.

| Procesos de Cambio 1990-2005       |                |          |               |
|------------------------------------|----------------|----------|---------------|
| Vegetación                         | Usos del Suelo | Pastizal | Zona agrícola |
| Bosque de encino                   |                | -99      | -28           |
| Selva baja caducifolia             |                | -317     | -386          |
| Vegetación de galería              |                | -2       |               |
| Bosque de encino secundario        |                | -10      |               |
| Bosque de pino - encino secundario |                |          | -4            |
| Selva baja caducifolia secundaria  |                | -691     | -424          |
| Total                              |                | -1119    | -842          |
| Total de Hectáreas Transformadas   |                |          | -1960         |

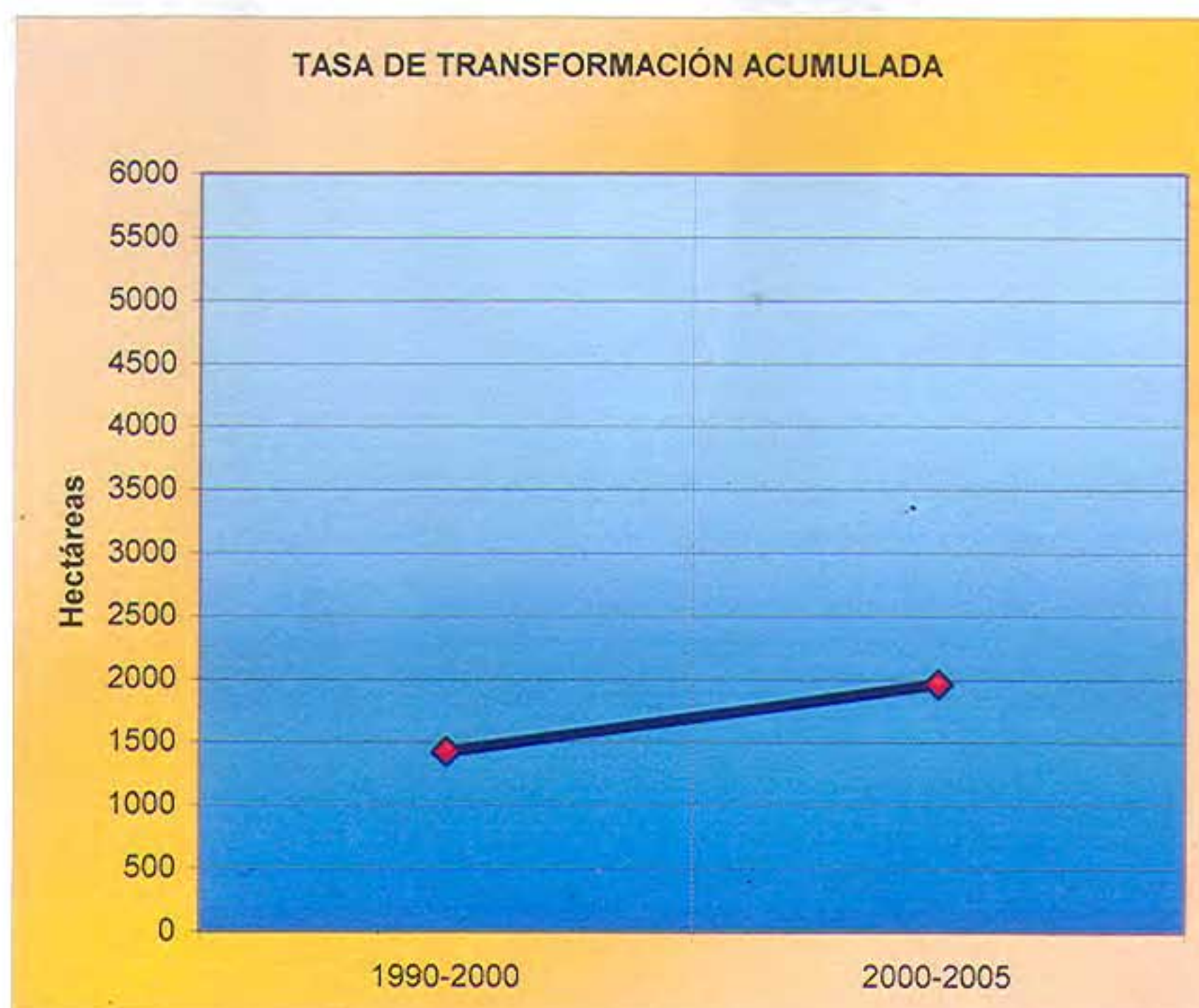
En el APFyF Sierra de Álamos en el periodo 1990-2000 se transformaron un total de 1,424 Ha con una tasa de transformación de 0.16% que corresponde a 142.40 Ha/Año. Mientras que para el periodo 2000-2005 se transformaron 536 Ha con una tasa de transformación de 0.12% que corresponde a 107.20 Ha/Año. En



total en el periodo comprendido entre 1990-2005 se registró una transformación de 1,960 Ha con una tasa de transformación de 0.14% que corresponde a 130.67 Ha/Año (Tabla 18). La gráfica muestra una tendencia a incrementarse la transformación del hábitat (Figura 7 y 8)

**Tabla 18** Tasa de transformación del APFyF Sierra de Álamos, periodo 1990 - 2005.

| Tasa de Transformación APFF Sierra de Álamos (Ha) |          |        |             |      |                                                           |                                |        |                     |
|---------------------------------------------------|----------|--------|-------------|------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|--------|---------------------|
| Años                                              | Forestal | %      | No Forestal | %    | Transformación en el período de<br>vegetación no forestal | Ha/año en el<br>período        |        |                     |
| SUPERFICIE                                        | ORIGINAL | 93,782 |             |      |                                                           |                                |        |                     |
| 1990                                              | 92,160   | 98.27  | 1,619       | 1.73 |                                                           |                                |        |                     |
| 2000                                              | 90,736   | 96.75  | 3,043       | 3.24 | 1,424.00                                                  | 142.40                         |        |                     |
| 2005                                              | 90,200   | 96.18  | 3,579       | 3.82 | 536.00                                                    | 107.20                         |        |                     |
|                                                   |          |        |             |      | 1,960                                                     | 130.67                         |        |                     |
| Período                                           | s1       | s2     | Cambio(HA)  | Año  | Tasa de cambio                                            | (%) Tasa de<br>cambio<br>anual | HA/año | Cambio<br>Acumulado |
| 1990-2000                                         | 92,160   | 90,736 | -1,424      | 10   | 0.00156                                                   | 0.16                           | 142.40 | 1,424.00            |
| 2000-2005                                         | 90,736   | 90,200 | -536        | 5    | 0.00118                                                   | 0.12                           | 107.20 | 1,960.00            |
| 1990-2005                                         | 92,160   | 90,200 | -1,960      | 15   | 0.00143                                                   | 0.14                           | 130.67 | 1,960.00            |



**Figura 7.** Tasa de transformación acumulada del APFyF Sierra de Álamos, periodo 1990 – 2005.



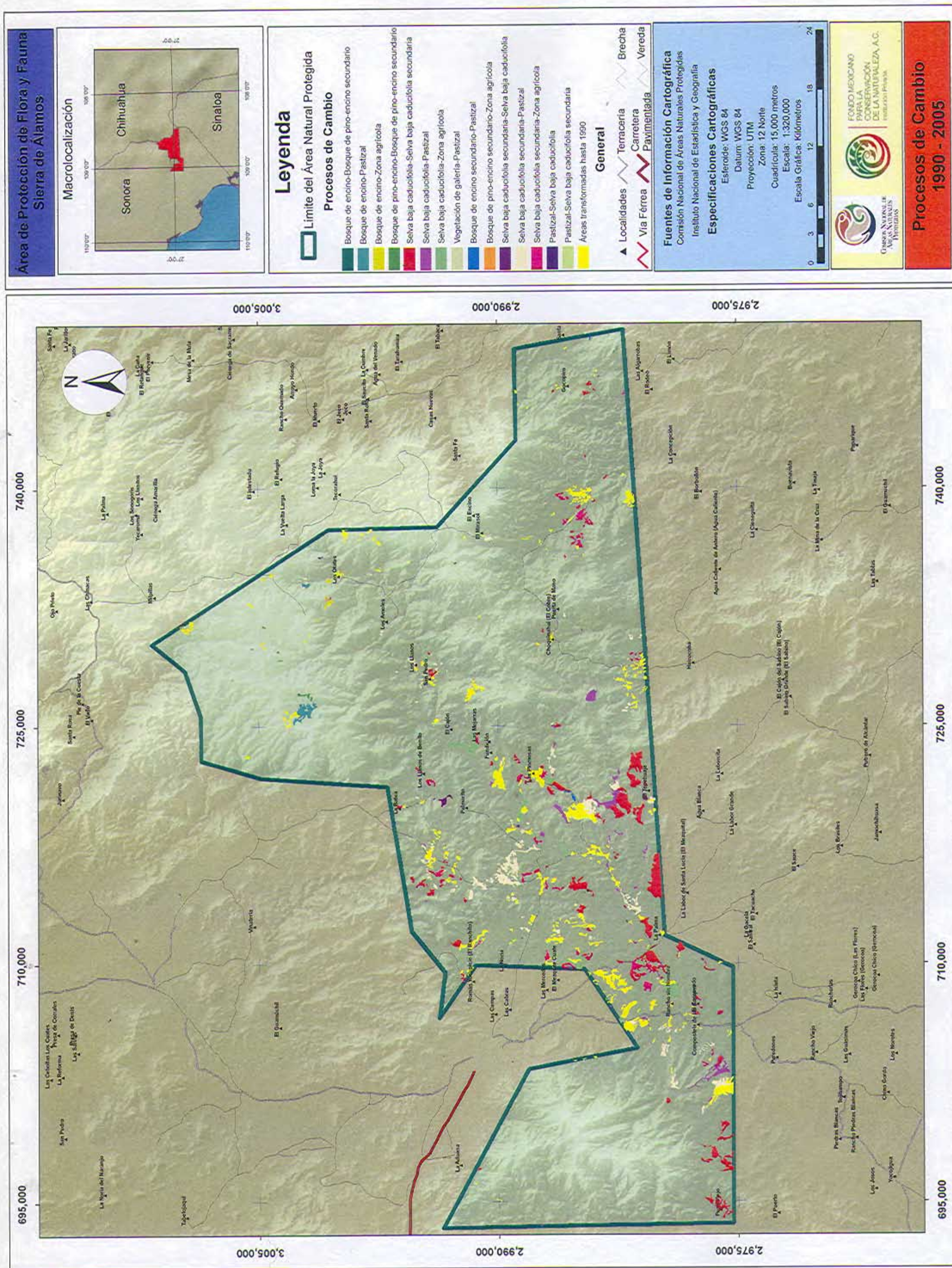


Figura 8: Procesos de cambio ocurridos en el APFF Sierra de Álamos durante el periodo 1990 - 2005.



7.3 RB Sierra La Laguna

Los resultados obtenidos de la clasificación de las imágenes de satélite de los años 1990-2000-2005 se presentan en la Tabla 19, en la cual se pueden observar los 13 tipos de Uso del Suelo y Vegetación presentes en esta área.

El grupo de vegetación Forestal ocupó el mayor porcentaje de la superficie del área con alrededor del 99% para las tres fechas, mientras que la porción que corresponde a la categoría de No Forestal ocupó una superficie de alrededor del 0.66% de la superficie total del área.

En lo que corresponde a la vegetación Forestal dominaron dos tipos de vegetación, la Selva baja caducifolia y el Bosque de encino, mismos que ocuparon aproximadamente el 60% y el 10% de la superficie total del área respectivamente. La constitución montañosa de esta ANP y el encontrarse entre dos vertientes, la del Pacífico y la del Golfo de California, hace que tenga presencia de elementos que van desde matorrales hasta bosques, esto debido a el cambio brusco de altitud entre la llanura y la montaña.

**Tabla 19.** Superficie de los tipos de Uso del Suelo y Vegetación presentes en la RB Sierra La Laguna.

| RB Sierra La Laguna                 |         |       |         |       |         |       |
|-------------------------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| Vegetación forestal                 | 1990    | %     | 2000    | %     | 2005    | %     |
| Area sin vegetación aparente        | 1,695   | 1.51  | 1,695   | 1.51  | 1,695   | 1.51  |
| Bosque de encino                    | 11,394  | 10.13 | 11,332  | 10.08 | 11,323  | 10.07 |
| Bosque de pino-encino               | 9,270   | 8.24  | 9,238   | 8.22  | 9,233   | 8.21  |
| Matorral sarcocaula                 | 4,402   | 3.91  | 4,388   | 3.90  | 4,369   | 3.89  |
| Selva baja caducifolia              | 67,518  | 60.05 | 67,161  | 59.73 | 67,024  | 59.61 |
| Bosque de encino secundario         | 6,568   | 5.84  | 6,677   | 5.94  | 6,695   | 5.95  |
| Bosque de pino-encino secundario    | 104     | 0.09  | 135     | 0.12  | 138     | 0.12  |
| Matorral sarcocaula secundario      | 1,247   | 1.11  | 1,258   | 1.12  | 1,278   | 1.14  |
| Matorral sarcocrasicaule secundario | 18      | 0.02  | 18      | 0.02  | 18      | 0.02  |
| Selva baja caducifolia secundario   | 9,495   | 8.44  | 9,794   | 8.71  | 9,904   | 8.81  |
| Subtotal                            | 111,711 | 99.35 | 111,697 | 99.34 | 111,677 | 99.32 |
| Vegetación no forestal              |         |       |         |       |         |       |
| Asentamientos humanos               | 2       | 0.00  | 2       | 0.00  | 2       | 0.00  |
| Pastizales                          | 435     | 0.39  | 448     | 0.40  | 460     | 0.41  |
| Zona agricola                       | 292     | 0.26  | 292     | 0.26  | 301     | 0.27  |
| Subtotal                            | 729     | 0.65  | 743     | 0.66  | 763     | 0.68  |
| Total                               | 112,440 | 100   | 112,440 | 100   | 112,440 | 100   |



En el año 1990, la Selva baja caducifolia es la cobertura dominante ocupando el 60.05% de la extensión total del área, seguida del Bosque de Encino con el 10.13%, lo que en conjunto ambas coberturas representaron una presencia de poco mas del 70% de la zona. Por otro lado, las coberturas No Forestales presentaron una presencia muy baja para este año, siendo los pastizales los que mayor extensión exhibían con el 0.39% de extensión dentro del área de estudio (Tabla 19).

Para el año 2000 la Selva baja caducifolia continuó predominando en el área junto con el Bosque de encino, aunque ambas disminuyeron un poco al presentarse con el 59.73% y 10.08% respectivamente (Tabla 19). Para este año las coberturas No Forestales siguieron presentándose en un porcentaje muy bajo, con un ligero crecimiento en los pastizales en 0.40%. En el año 2005 esta proporción de áreas se mantuvo, ya que los cambios en las coberturas fueron casi imperceptibles (Tabla 19, Figura 8)

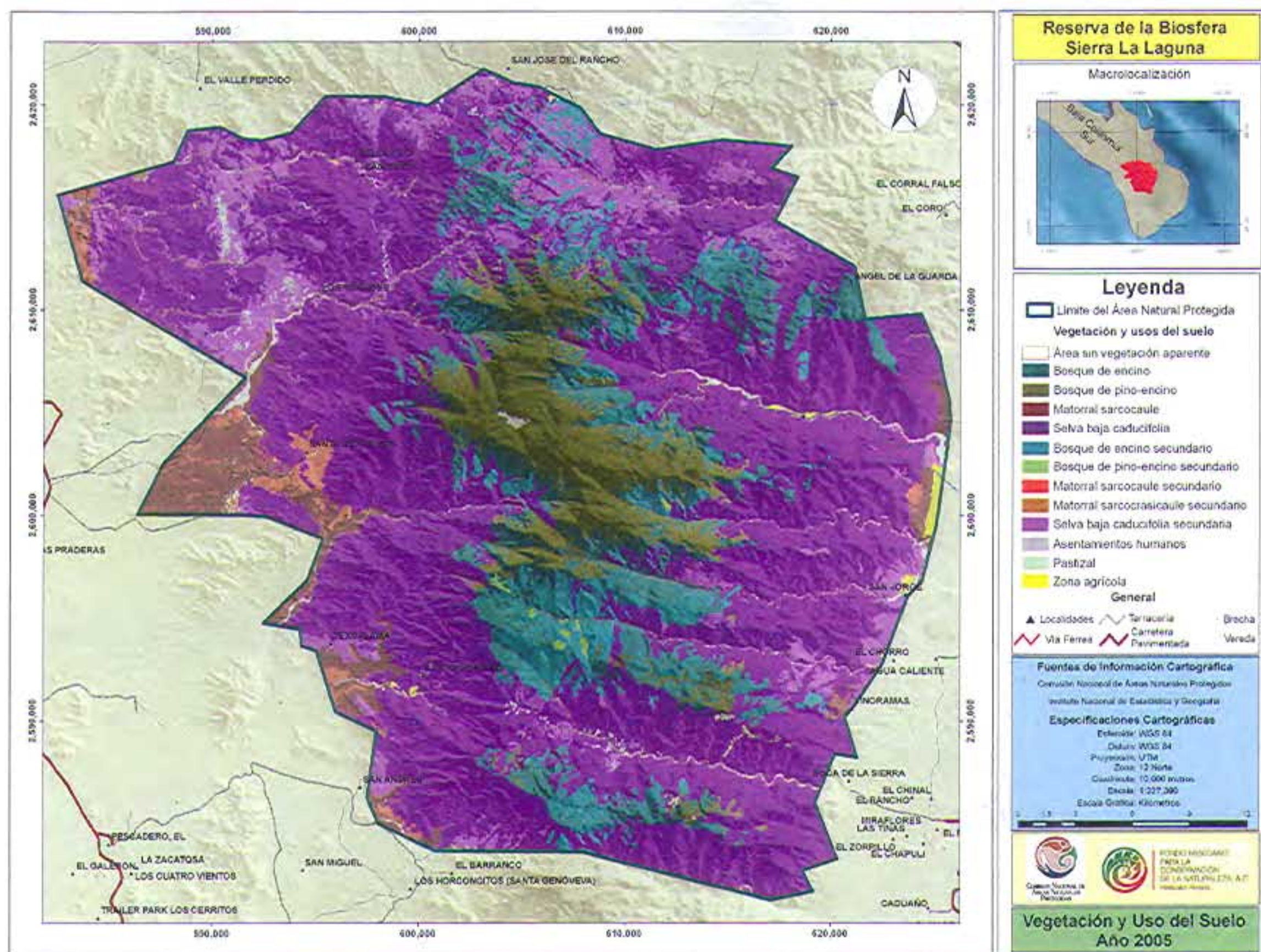


Figura 8. Vegetación y usos del suelo de la RB Sierra La Laguna año 2005.



La matriz de transición para el periodo 1990-2000 mostró una actividad en la zona que corresponde a Perturbación y Deforestación principalmente, los cambios en el primer caso afectaron 461 Ha de vegetación primaria. De estas últimas, 307 Ha eran coberturas primarias de Selva baja caducifolia que en el año 2000 pasaron a un estado secundario (Tabla 20). La Deforestación fue un proceso de cambio que no repercutió de manera importante en esta zona, ocurriendo principalmente sobre la Selva baja caducifolia secundaria. Estos dos procesos en conjunto representaron el 0.42% de la extensión total del área

**Tabla 20.** Matriz de transición de la RB Sierra La Laguna, periodo 1990 - 2000.

| <div>1990</div> <div>2000</div>     |  | Matriz de Transición (Hectáreas) 1990 - 2000 |                  |                       |                     |                        |                             |                                  |                                |                                     |                                   |                     |          |               |            |
|-------------------------------------|--|----------------------------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------|---------------|------------|
|                                     |  | Area sin vegetación aparente                 | Bosque de encino | Bosque de pino-encino | Matorral sarcocaulé | Selva baja caducifolia | Bosque de encino secundario | Bosque de pino-encino secundario | Matorral sarcocaulé secundario | Matorral sarcocrasicaule secundario | Selva baja caducifolia secundaria | Asentamiento humano | Pastizal | Zona agrícola | Total 1990 |
| Area sin vegetación aparente        |  | 1,695                                        |                  |                       |                     |                        |                             |                                  |                                |                                     |                                   |                     |          |               | 1,695      |
| Bosque de encino                    |  |                                              | 11,332           |                       |                     |                        | 62                          |                                  |                                |                                     |                                   |                     |          |               | 11,394     |
| Bosque de pino-encino               |  |                                              |                  | 9,238                 |                     |                        |                             | 31                               |                                |                                     |                                   |                     |          |               | 9,270      |
| Matorral sarcocaulé                 |  |                                              |                  |                       | 4,388               |                        |                             |                                  | 10                             |                                     | 3                                 |                     | 1        |               | 4,402      |
| Selva baja caducifolia              |  |                                              |                  |                       |                     | 67,161                 | 47                          |                                  | 0                              |                                     | 307                               |                     | 3        | 1             | 67,518     |
| Bosque de encino secundario         |  |                                              |                  |                       |                     |                        | 6,568                       |                                  |                                |                                     |                                   |                     |          |               | 6,568      |
| Bosque de pino-encino secundario    |  |                                              |                  |                       |                     |                        |                             | 104                              |                                |                                     |                                   |                     |          |               | 104        |
| Matorral sarcocaulé secundario      |  |                                              |                  |                       |                     |                        |                             |                                  | 1,247                          |                                     |                                   |                     |          |               | 1,247      |
| Matorral sarcocrasicaule secundario |  |                                              |                  |                       |                     |                        |                             |                                  |                                | 18                                  |                                   |                     |          |               | 18         |
| Selva baja caducifolia secundaria   |  |                                              |                  |                       |                     |                        |                             |                                  |                                |                                     | 9,482                             |                     | 12       |               | 9,495      |
| Asentamiento humano                 |  |                                              |                  |                       |                     |                        |                             |                                  |                                |                                     |                                   | 2                   |          |               | 2          |
| Pastizal                            |  |                                              |                  |                       |                     |                        |                             |                                  |                                |                                     |                                   |                     | 433      |               | 435        |
| Zona agrícola                       |  |                                              |                  |                       |                     |                        |                             |                                  |                                |                                     |                                   |                     |          | 292           | 292        |
| Total 2000                          |  | 1,695                                        | 11,332           | 9,238                 | 4,388               | 67,161                 | 6,677                       | 135                              | 1,258                          | 18                                  | 9,794                             | 2                   | 448      | 292           | 112,440    |

El tipo de vegetación que presentó mayor afectación en el periodo 1990-2000 fue la Selva baja caducifolia secundaria, el cual se transformó a Pastizal. Los otros tipos de vegetación que también están siendo transformados, tienen un mayor impacto por el avance de los pastizales sobre estos. En total es este periodo se transformaron 14 Ha (Tabla 21)



**Tabla 21.** Transformación de vegetación a Usos del Suelo en la RB Sierra La Laguna, periodo 1990 - 2000.

| Procesos de Cambio 1990-2000      |          |               |     |
|-----------------------------------|----------|---------------|-----|
| Vegetación \ Uso del Suelo        | Pastizal | Zona agrícola |     |
| Matorral sarcocaulé               | -1       |               |     |
| Selva baja caducifolia            | -3       | -1            |     |
| Selva baja caducifolia secundaria | -12      |               |     |
| Selva baja caducifolia secundaria | 1.87     |               |     |
| Total                             | -13      | -1            |     |
| Total de Hectáreas Transformadas  |          |               | -14 |

La matriz de transformación para el periodo 2000-2005 mostró una actividad en la zona de Deforestación, donde se transformaron 21 Ha de vegetación Forestal, lo que representa tan solo una transformación del 0.019% de la extensión total del área (Tabla 22).

**Tabla 22.** Matriz de transición de la RB Sierra La Laguna, periodo 2000-2005.

| 2000 \ 2005                         |  | Matriz de Transición (Hectáreas) 2000 - 2005 |                  |                       |                     |                        |                             |                                  |                                |                                     |                                   |                     |          |               |            |
|-------------------------------------|--|----------------------------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------|---------------|------------|
|                                     |  | Area sin vegetación aparente                 | Bosque de encino | Bosque de pino-encino | Matorral sarcocaulé | Selva baja caducifolia | Bosque de encino secundario | Bosque de pino-encino secundario | Matorral sarcocaulé secundario | Matorral sarcocrasicaule secundario | Selva baja caducifolia secundaria | Asentamiento humano | Pastizal | Zona agrícola | Total 2000 |
| Area sin vegetación aparente        |  | 1,695                                        |                  |                       |                     |                        |                             |                                  |                                |                                     |                                   |                     |          |               | 1,695      |
| Bosque de encino                    |  |                                              | 11,321           |                       |                     |                        | 9                           |                                  |                                |                                     | 2                                 |                     |          |               | 11,332     |
| Bosque de pino-encino               |  |                                              |                  | 9,233                 |                     |                        | 5                           |                                  |                                |                                     |                                   |                     |          |               | 9,238      |
| Matorral sarcocaulé                 |  |                                              |                  |                       | 4,369               |                        |                             |                                  | 17                             |                                     |                                   |                     |          | 3             | 4,388      |
| Selva baja caducifolia              |  |                                              |                  |                       |                     | 67,014                 | 5                           | 3                                | 5                              |                                     | 129                               |                     | 1        | 5             | 67,161     |
| Bosque de encino secundario         |  |                                              | 2                |                       |                     |                        | 6,675                       |                                  |                                |                                     |                                   |                     |          |               | 6,677      |
| Bosque de pino-encino secundario    |  |                                              |                  |                       |                     |                        |                             | 135                              |                                |                                     |                                   |                     |          |               | 135        |
| Matorral sarcocaulé secundario      |  |                                              |                  |                       |                     | 1                      |                             |                                  | 1,257                          |                                     |                                   |                     |          |               | 1,258      |
| Matorral sarcocrasicaule secundario |  |                                              |                  |                       |                     |                        |                             |                                  |                                | 18                                  |                                   |                     |          |               | 18         |
| Selva baja caducifolia secundaria   |  |                                              |                  |                       |                     | 10                     |                             |                                  |                                |                                     | 9,772                             |                     | 11       | 1             | 9,794      |
| Asentamiento humano                 |  |                                              |                  |                       |                     |                        |                             |                                  |                                |                                     |                                   | 2                   |          |               | 2          |
| Pastizal                            |  |                                              |                  |                       |                     | 0                      |                             |                                  |                                |                                     |                                   |                     | 448      |               | 448        |
| Zona agrícola                       |  |                                              |                  |                       |                     |                        |                             |                                  |                                |                                     |                                   |                     |          | 292           | 292        |
| Total 2005                          |  | 1,695                                        | 11,323           | 9,233                 | 4,369               | 67,024                 | 6,695                       | 138                              | 1,278                          | 18                                  | 9,904                             | 2                   | 460      | 301           | 112,440    |



El tipo de vegetación que presenta mayor afectación en el periodo 2000-2005 fue la Selva baja caducifolia secundaria que se transformó hacia Pastizal y Zonas agrícolas. Los otros tipos de vegetación que también están siendo transformados, tienen un mayor impacto por el avance de la frontera agrícola. En total en este periodo se transformaron 20 Ha (Tabla 23)

**Tabla 23.** Transformación de vegetación a Usos del Suelo en la RB Sierra La Laguna, periodo 2000-2005.

| Procesos de Cambio 2000-2005      |                |          |               |
|-----------------------------------|----------------|----------|---------------|
| Vegetación                        | Usos del Suelo | Pastizal | Zona agrícola |
| Matorral sarcocaulé               |                |          | -3            |
| Selva baja caducifolia            |                | -1       | -5            |
| Selva baja caducifolia secundaria |                | -11      | -1            |
| Total                             |                | -12      | -9            |
| Total de Hectáreas Transformadas  |                |          | -20           |

En total en el periodo comprendido entre 1990-2005 se registró una transformación de 34 Ha, donde el tipo de vegetación más afectado fue la Selva baja caducifolia secundaria que es perjudicado por el incremento de los pastizales. De la misma manera, el Pastizal es el que mayor impacto tiene en la zona con 25 Ha (Tabla 24).

**Tabla 24.** Transformación de vegetación a Usos del Suelo en la RB Sierra la Laguna, periodo 1990-2005.

| Procesos de Cambio 1990-2005      |                |          |               |
|-----------------------------------|----------------|----------|---------------|
| Vegetación                        | Usos del Suelo | Pastizal | Zona agrícola |
| Matorral sarcocaulé               |                | -1       | -3            |
| Selva baja caducifolia            |                | -4       | -5            |
| Selva baja caducifolia secundaria |                | -22      | -1            |
| Selva baja caducifolia secundaria |                | 1.87     |               |
| Total                             |                | -25      | -9            |
| Total de Hectáreas Transformadas  |                |          | -34           |



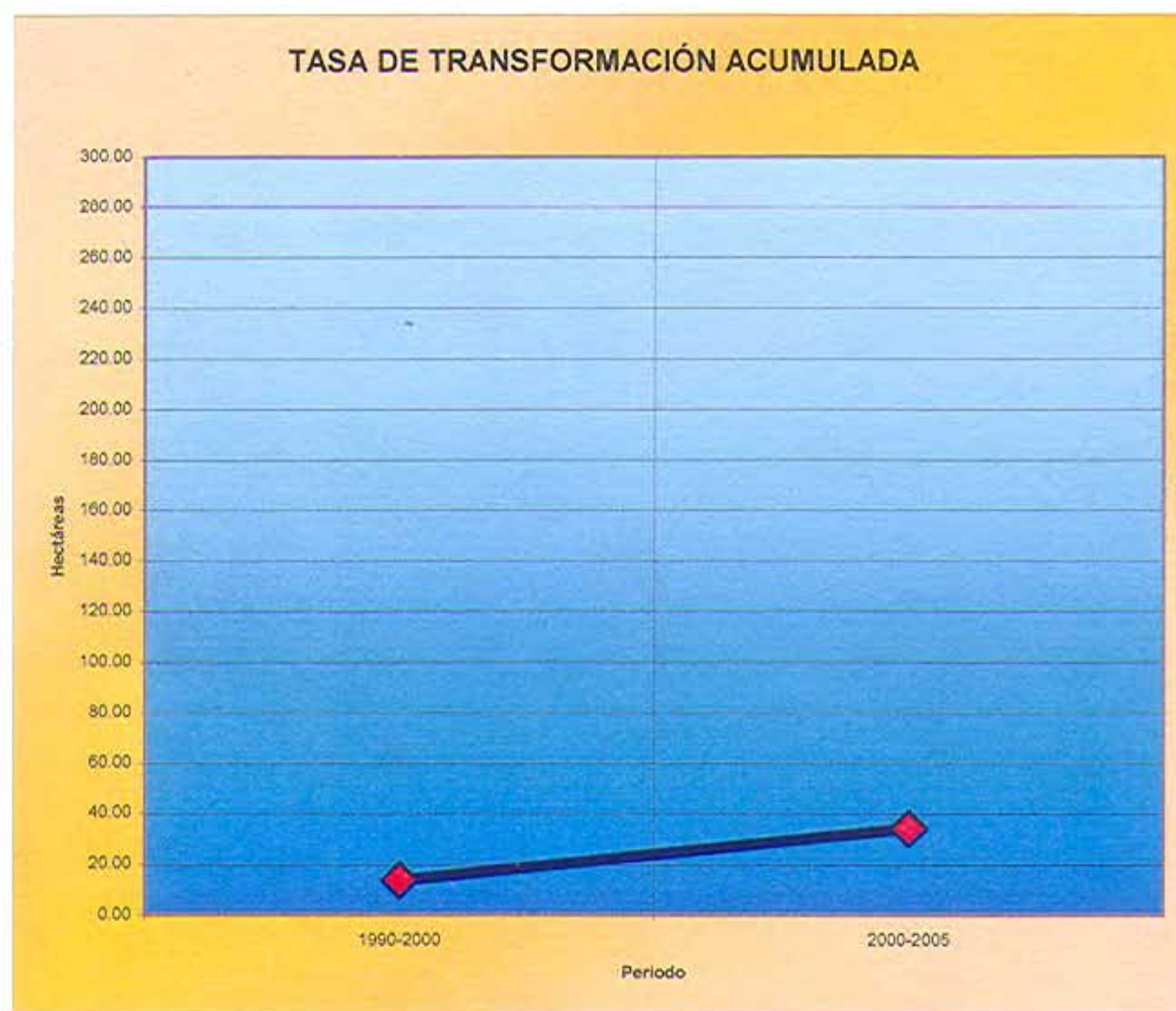
En la RB Sierra La Laguna en el periodo 1990-2000 se transformaron un total de 14 Ha con una tasa de transformación de 0.0012% que corresponde a 1.36 Ha/Año. Mientras que en el periodo 2000-2005 se transformaron 20 Ha con una tasa de transformación de 0.0036% que corresponde a 4.05 Ha/Año. En total en el periodo comprendido entre 1990-2005 se registró una transformación de 34 Ha con una tasa de transformación de 0.002% que corresponde a 2.26 Ha/Año (Tabla 25). La gráfica muestra una tendencia a incrementarse la transformación del hábitat (Figura 9 y 10).

**Tabla 25** Tasa de transformación de la RB Sierra La Laguna, periodo 1990 - 2005.

| Tasa de Transformación RB Sierra La Laguna (Ha) |          |         |             |      |                                                           |                                |        |                     |
|-------------------------------------------------|----------|---------|-------------|------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|--------|---------------------|
| Años                                            | Forestal | %       | No Forestal | %    | Transformación en el período de<br>vegetación no forestal | Ha/año en el<br>período        |        |                     |
| SUPERFICIE                                      | ORIGINAL | 112,440 |             |      |                                                           |                                |        |                     |
| 1990                                            | 111,711  | 99.35   | 729.14      | 0.65 |                                                           |                                |        |                     |
| 2000                                            | 111,697  | 99.34   | 742.74      | 0.66 | 14                                                        | 1.36                           |        |                     |
| 2005                                            | 111,677  | 99.32   | 763.00      | 0.68 | 20                                                        | 4.05                           |        |                     |
|                                                 |          |         |             |      | 34                                                        | 2.26                           |        |                     |
| Período                                         | s1       | s2      | Cambio(HA)  | Año  | Tasa de cambio                                            | (%) Tasa de<br>cambio<br>anual | HA/año | Cambio<br>Acumulado |
| 1990-2000                                       | 111,711  | 111,697 | -13.61      | 10   | 0.00001                                                   | 0.0012                         | 1.36   | 14                  |
| 2000-2005                                       | 111,697  | 111,677 | -19.97      | 5    | 0.00004                                                   | 0.0036                         | 4.05   | 34                  |
| 1990-2005                                       | 111,711  | 111,677 | -33.58      | 15   | 0.00002                                                   | 0.0020                         | 2.26   | 34                  |

**Tabla 24** Tasa de transformación de la RB Sierra La Laguna durante el periodo 1990 - 2005.





**Figura 9.** Tasa de transformación acumulada de la RB Sierra La Laguna, periodo 1990 - 2005



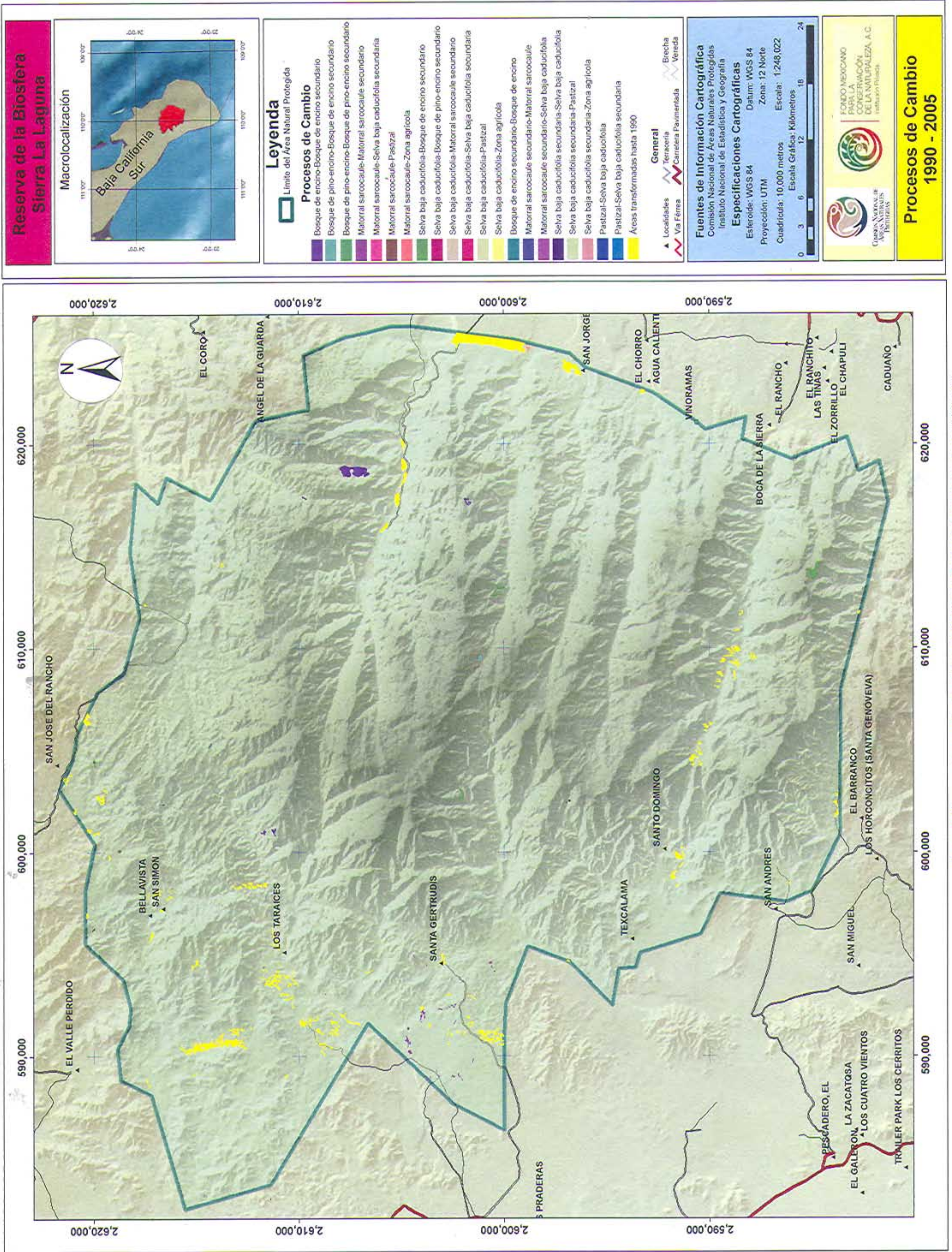


Figura 10: Procesos de cambio ocurridos en la RB Sierra La Laguna durante el periodo 1990 - 2005.



## **8 CONCLUSIONES**

La utilización y combinación de los programas de computo ERDAS, ArcInfo y ArcGis durante la realización del presente trabajo, ayudó a analizar y organizar de manera más eficaz datos geográficos, a diferentes escalas y de diferentes periodos de tiempo. Es así que, el uso de estas herramientas computacionales benefició considerablemente el obtener resultados con relativa rapidez, con un grado aceptable de precisión e interpretación de la realidad y que redujo, en gran medida, recursos materiales y económicos.

Por otro lado, la utilización de imágenes de satélite demostró que son una fuente importante de obtención de información espacial y temporal, con lo que se logró conseguir mapas preliminares de buena precisión para las áreas que conformaron el presente estudio y las cuales requerían evaluaciones rápidas y con un mínimo control de campo. En particular, la utilización de imágenes SPOT para obtener la línea base del estudio de estas ANP, nos permitió tener una resolución espacial óptima, logrando la identificación y discriminación detallada y exhaustiva de entre las coberturas de vegetación y los usos del suelo de las áreas de una forma más real y actualizada.

El presente trabajo muestra que las tres ANP estudiadas presentan un buen estado de cobertura Forestal, variando de entre un 96% a un 99% en el periodo 1990 – 2005. El cálculo de las tasa de transformación permitió explorar los cambios netos debidos al uso del suelo. De esta manera se obtuvo que, los cambios de vegetación y usos de suelo, de manera general, se vieron englobados dentro del proceso de deforestación, el cual se presentó, principalmente, con la disminución de las áreas Forestales y el aumento de zonas de Pastizal.

En el APFyF Cañón de Santa Elena, las coberturas Forestales están dominadas por el Matorral desértico micrófilo cerca de un 50% de la extensión total del área. Este último redujo su extensión en un 0.05% durante el periodo 1990 -2005 debido al cambio hacia Pastizal inducido principalmente. Las zonas agrícolas y pastizales se preferentemente a los costados de cuerpos de agua, como los que se encuentran a un lado del Río Bravo, o de vías de comunicación



principales, como carreteras pavimentadas. Si bien se presentan procesos de cambio que se dirigen principalmente hacia la Deforestación, es evidente que éstos no suceden de manera extraordinaria. La tasa de transformación a lo largo del periodo de estudio fue de 0.005% lo que corresponde a 38.8 Ha/Año. Es importante hacer notar que el decreto de la ANP se estableció en 1994 y, a pesar de ello, se observa una tendencia al incremento de las coberturas No Forestales en el área.

Para el APFyF Sierra de Álamos, las coberturas Forestales están dominadas por la Selva baja caducifolia en un 38% y el Bosque de Encino en un 22% aproximadamente. La Selva baja caducifolia se redujo en 1.82% y el Bosque de encino en 0.14% al transformarse en el lapso de 15 años hacia Pastizales principalmente. La Deforestación, si bien no ocurre de manera importante, es el tipo de transformación que más sucede en el área, presentándose principalmente en el cambio de coberturas Forestales hacia Pastizales. Esta última cobertura se ubicó principalmente cerca de los cuerpos de agua, en la parte baja de la ANP, desarrollándose en las zonas de Selva baja caducifolia y, en mucho menor grado, en las partes correspondientes a los Bosques de encino. La tasa de transformación a lo largo del periodo de estudio fue de 0.14% lo que corresponde a 130.67Ha/Año, mostrando una tendencia al incremento de las coberturas No Forestales.

La RB Sierra La Laguna es la que mejor estado de coberturas Forestales guarda en comparación con las otras dos ANP analizadas anteriormente (99% de coberturas Forestales contra 97% del APFyF Cañón de Santa Elena y del APFyF Sierra de Álamos). La cobertura Forestal que predomina en la zona es Selva baja caducifolia con cerca del 60% y el Bosque de encino con el 10% de la extensión total del área aproximadamente. Los principales cambios que ocurrieron en estas dos últimas coberturas fue el de verse modificadas hacia un estado secundario durante el periodo 1990-2005. Así, los principales procesos de transformación que ocurrieron en el área se englobaron en la Perturbación, en el cual, y como se mencionó previamente, la Selva baja caducifolia fue la que más se vio afectada. Si



bien la Deforestación se presentó de manera muy discreta, el principal cambio de coberturas Forestales ocurrió hacia los Pastizales. En general, estos últimos, se ubicaron principalmente en las partes bajas y en las zonas limítrofes de la ANP. La tasa de transformación para esta ANP fue de 0.0020% lo que corresponde a 2.26Ha/Año, sin embargo mostró una ligera tendencia al incremento de las coberturas No Forestales en el área.



## 9 BIBLIOGRAFÍA

Brundtland, G. H. (1990). *Salud Mundial*. Revista Ilustrada de la Organización Mundial de la Salud. Enero-Febrero de 1990, pp 4

Challenger, A. (1998). Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. México, D.F.: CONABIO.

Chuvieco, E. (2002). *Teledetección ambiental* (1 ed.). Barcelona, España: Ariel.

CONANP. (2003). Programa de manejo Reserva de la Biósfera Sierra la Laguna. México, D.F. 209 pp.

CONANP. (2007a). Historia. <http://www.conanp.gob.mx/historia.html>

CONANP. (2007b). Protocolo para la evaluación del uso del suelo y vegetación en áreas naturales protegidas federales de México. 53 pp.

CONANP. (2007c). ¿Qué es la CONANP?.

<http://www.conanp.gob.mx/qienes.html>

CONANP. (2008). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. De <http://www.conanp.gob.mx/>

CONANP-FMCN. (2007). Sistema de monitoreo y evaluación del fondo para áreas naturales protegidas. México, D.F. 88 pp.

FAO. (1996). Introduction to remote sensing. 2ª. Ed. New York.

FAO. (2000). FAO, the strategic framework for FAO 2000 – 2015. Roma.

FMCN. (2008). Cómo operamos.

[http://www.fmcn.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=61&Itemid=95](http://www.fmcn.org/index.php?option=com_content&task=view&id=61&Itemid=95)



INE. (2005). Evolución y evaluación del desarrollo institucional en materia de prevención de riesgos de accidentes químicos.

<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/132/evolucion.html>

INE. (1997). Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena. México. D.F. 134 pp.

INEGI. (2009). Sistema de Descarga del Continuo de Elevaciones Mexicano.

<http://mapserver.inegi.org.mx/DescargaMDEWeb/?s=geo&c=977>

Ley Forestal. (2005). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

<http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/subsecciones/normateca/LGDFS.pdf>

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 de 2005.

Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México, D.F.: Limusa.

Servicio Meteorológico del Estado de Chihuahua (1991). Información climática.

SEMARNAT. (2007). Organismos financieros multilaterales.

<http://www.semarnat.gob.mx/presenciainternacional/mecanismosdecooperaciontecnicaycientifica/Pages/multilaterales.aspx>

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



## 10 Anexo 1

A continuación se muestran los datos de tasas de transformación de diversas ANP que están siendo apoyadas por el Fondo para Áreas Naturales Protegidas a través del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Dicha información fue obtenida gracias a la Subdirección (SIG) dependiente de la Dirección de Evaluación y Seguimiento de la CONANP. Los datos fueron generados por personal de la CONANP tanto del SIG central como de las diversas oficinas regionales. De ante mano un agradecimiento por la facilitación de dichas referencias.

| Nombre ANP                                             | Sensor                             | Periodos                                                      | Superficie Transformada                           | Tasa de Transformación (%)                  | Autor                                                              |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Reserva de la Biosfera Calakmul                        | Landsat<br>SPOT                    | 2000-2005                                                     | -8,522.66                                         | 0.24                                        | SIG Península de Yucatán y Caribe Mexicano.<br>Subdirección SIG    |
| Corredor Biológico Chichinautzin                       | Landsat<br>SPOT                    | 1989-2000<br>2000-2007<br>1989-2007                           | -565.39<br>-360.04<br>-925.43                     | 0.11<br>0.11<br>0.11                        | Subdirección SIG                                                   |
| Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas     | SPOT                               | 2003-2007                                                     | -203.31                                           | 0.06                                        | Mesomaya                                                           |
| Reserva de la Biosfera El Triunfo                      | SPOT                               | 2005                                                          | ---                                               | ---                                         | Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur                                 |
| Reserva de la Biosfera La Encrucijada                  | Landsat<br>SPOT                    | 1987-2000<br>2000-2005<br>1987-2005                           | -3,841.09<br>-2,569.95<br>-6,411.04               | 0.43<br>0.77<br>0.52                        | Subdirección SIG                                                   |
| Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen | SPOT                               | 2005-2006                                                     | -13.41                                            | 0.01                                        | Región Noreste y Sierra Madre Oriental.<br>Subdirección SIG        |
| Reserva de la Biosfera de Montes Azules                | Landsat TM<br>Landsat ETM+<br>SPOT | 1990-2000<br>2000-2005<br>2005-2007<br>1990-2007              | -1,676.56<br>-9,596.50<br>-1,349.37<br>-12,622.42 | 0.05<br>0.063<br>0.22<br>0.24               | Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur.<br>Subdirección SIG            |
| Reserva de la Biosfera "Sian Ka'an"                    | Landsat<br>SPOT                    | 1976-1986<br>1986-1992<br>1992-2000<br>2000-2005<br>1976-2005 | 781<br>1,184<br>17,445<br>84<br>-15,563           | -0.017<br>-0.043<br>0.481<br>0.004<br>0.119 | Región Península de Yucatán y Caribe Mexicano.<br>Subdirección SIG |



| Nombre ANP                                  | Sensor       | Periodos  | Superficie Transformada | Tasa de Transformación (%) | Autor            |
|---------------------------------------------|--------------|-----------|-------------------------|----------------------------|------------------|
| Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlan  | Landsat      | 1986-1992 | -3,186                  | 0.41                       | Subdirección SIG |
|                                             | Landsat ETM+ | 1992-2000 | 769                     | -0.08                      |                  |
|                                             | SPOT         | 2000-2003 | -166                    | 0.04                       |                  |
|                                             |              | 2003-2004 | -14                     | 0.01                       |                  |
| Reserva de la Biosfera Tehuacán - Cuicatlán | Landsat MSS  | 1986-1996 | -16,063.00              | 0.37                       | Subdirección SIG |
|                                             | Landsat TM   | 1996-2000 | -1,157.00               | 0.07                       |                  |
|                                             | Landsat ETM+ |           |                         |                            |                  |
|                                             | SPOT         | 2000-2003 | -34,042.00              | 2.79                       |                  |