

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
Dirección Regional Planicie Costera y Golfo de México



Tasa de Transformación del Hábitat del PN Cofre de Perote

Periodo 1995 - 2012



Ll. Herlinda Muñoz Delfín
Xalapa, Ver. Diciembre 2012

Contenido

1. Introducción.....	2
2. Objetivo General.....	3
3. Objetivos Específicos.....	3
4. Área de estudio.....	4
5. Antecedentes.....	6
6. Metodología.....	8
6.1 Integración de insumos.....	8
6.2 Ortorectificación de imágenes.....	9
6.3 Clasificación de imagen satelital base.....	10
6.4 Edición de cobertura de uso de suelo y vegetación.....	10
6.5 Recolección de muestras de campo.....	11
6.6 Identificación de cambios en los periodos de análisis.....	11
6.7 Cálculo de tasa de cambio.....	12
7. Resultados.....	14
7.1 Imágenes SPOT 2008 y 2012 híbridas.....	14
7.2 Cobertura de Uso de Suelo y Vegetación del año 2008.....	17
7.3 Coberturas de Uso de Suelo y Vegetación de los años 2004, 2000, 1995 y 2012.....	21
7.4 Matrices y Mapas de Transformación en los periodos analizados.....	31
7.5 Tasa de Transformación del Hábitat.....	39
8. Conclusión.....	42
9. Bibliografía citada.....	43

1. Introducción

Diversos estudios e investigaciones sobre la diversidad biológica del volcán Cofre de Perote o Naucampatépetl, señalan que en las últimas décadas, el panorama que se observa en esta región es la deforestación sistemática, la erosión de tierras y la escasez de agua.

Las causas de esta devastación son originadas por fenómenos naturales, pero en mayor proporción por las actividades antropogénicas desarrolladas de manera creciente en la región y la falta de planes y programas para controlar y reorientar la actividad humana hacia la sustentabilidad.

Ante esta problemática se promueven actualmente variadas acciones a fin de restablecer los ecosistemas a su estado natural, con la participación colectiva de centros de investigación, instancias de gobierno, académicos y sociedad civil, a manera de garantizar la continuidad de los planes para la recuperación de este espacio natural.

La finalidad del presente estudio, es apoyar en la toma de decisiones de quienes se encuentren involucrados en estos planes y acciones, considerando como premisa fundamental el conocimiento amplio del entorno que se pretende recuperar y/o conservar.

Parte importante de este conocimiento, es el análisis de las tendencias y las transformaciones que sufre el hábitat a través del tiempo y el estado actual de los usos de suelo y cubiertas forestales de la zona de estudio, con la precisión de su ubicación geográfica y cuantificación de cada tipo de superficie.

Este análisis es el que se pretende desarrollar con el presente trabajo, y para ello se utilizan técnicas de percepción remota y de sistemas de información geográfica con métodos actuales generados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), que permiten obtener resultados concretos sobre la dinámica de cambios de los ecosistemas del Parque Nacional Cofre de Perote.

2. Objetivo General

Calcular la Tasa de Transformación del Hábitat y los tipos de cambios en el Uso de Suelo y Vegetación del Parque Nacional Cofre de Perote durante el periodo 1995 – 2012, mediante técnicas de percepción remota y análisis geográfico.

3. Objetivos Específicos

- 3.1.** Identificar y cuantificar la superficie de los diferentes usos de suelo y coberturas vegetales actuales (2012) del Parque Nacional Cofre de Perote.
- 3.2.** Determinar los tipos de cambios del hábitat (deforestación, perturbación, revegetación, recuperación u otro) para los periodos 1995 – 2000 – 2004 – 2008 – 2012.
- 3.3.** Estimar y representar gráficamente la tasa de transformación del parque, para los periodos 1995 – 2000 – 2004 – 2008 – 2012.

4. Área de Estudio

El volcán Cofre de Perote, la séptima cumbre más alta de México (4,242 msnm), se ubica en la cordillera del Cinturón Volcánico Mexicano, en el Estado de Veracruz en las coordenadas 19°29' Norte y 97° 8' Oeste, aproximadamente a 90 km de la costa del Golfo de México. (García, *et. al.* 2009); a partir de la cota de los 3,000 msnm, se localiza el Área Natural Protegida con decreto de 1937, con categoría de Parque Nacional y con un superficie total de 11,550 has. abarcando parcialmente los municipios de Perote, Xico, Ixhuacán de los Reyes y Ayahualulco (Figura 1).

El Cofre de Perote o *Naucampatépetl* (cerro de cuatro lados), es un volcán apagado que se originó durante el Mioceno, hace 20 millones de años, en un periodo de erupciones que contemplaron un solo foco volcánico importante. Aunque en la actualidad no existe un cráter, se cree que los precipicios al sur y sureste de la Peña (parte más elevada del volcán), constituyen su pared occidental, y que las restantes se perdieron a causa de las explosiones. (Montero, 2012).

Es el único volcán en México a cuya parte más elevada se puede llegar en vehículo; su acceso principal es por la carretera núm. 140 México – Veracruz, pasando por la ciudad de Perote, al occidente del volcán, y por Xalapa, capital del estado, al oriente del mismo. Existen varios caminos de terracería y brechas que facilitan el acceso a los afloramientos del volcán, a partir de Perote, Las Vigas, Xico, etc. (Rodríguez, 2010).

Los ecosistemas relevantes de esta Área Natural Protegida son: los *pinares* cuyos componentes arbóreos están representados por 1 ó hasta 4 especies de *Pinus*: *Pinus Pátula*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus teocote*, *Pinus montezumae*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus oaxacana*; los Bosques de Oyameles caracterizado y dominado principalmente por la especie *Abies religiosa*, el Pinar de Pino Prieto (*Pinus hartwegii*), que cubre la parte más alta y fría de la montaña y constituye el límite superior de la vegetación arbolada; los Zacatonales, con dominancia de los pastos amacollados, ásperos y densos que son producto de la intervención humana sobre los bosques; y el Páramo de Altura o

Pradera de Alta Montaña, caracterizado por su conformación típica herbácea asentada a partir de los 4,000 msnm. hasta la parte más elevada del parque, con abundancia en especies de *Calamagrostis tolucensis*, *C. schiedeana*, *Festuca tolucensis*, *F. amplissima*, *F. livida*, *Stipa ichu* y *Trisetum spicatum*. (Vázquez, 2012).

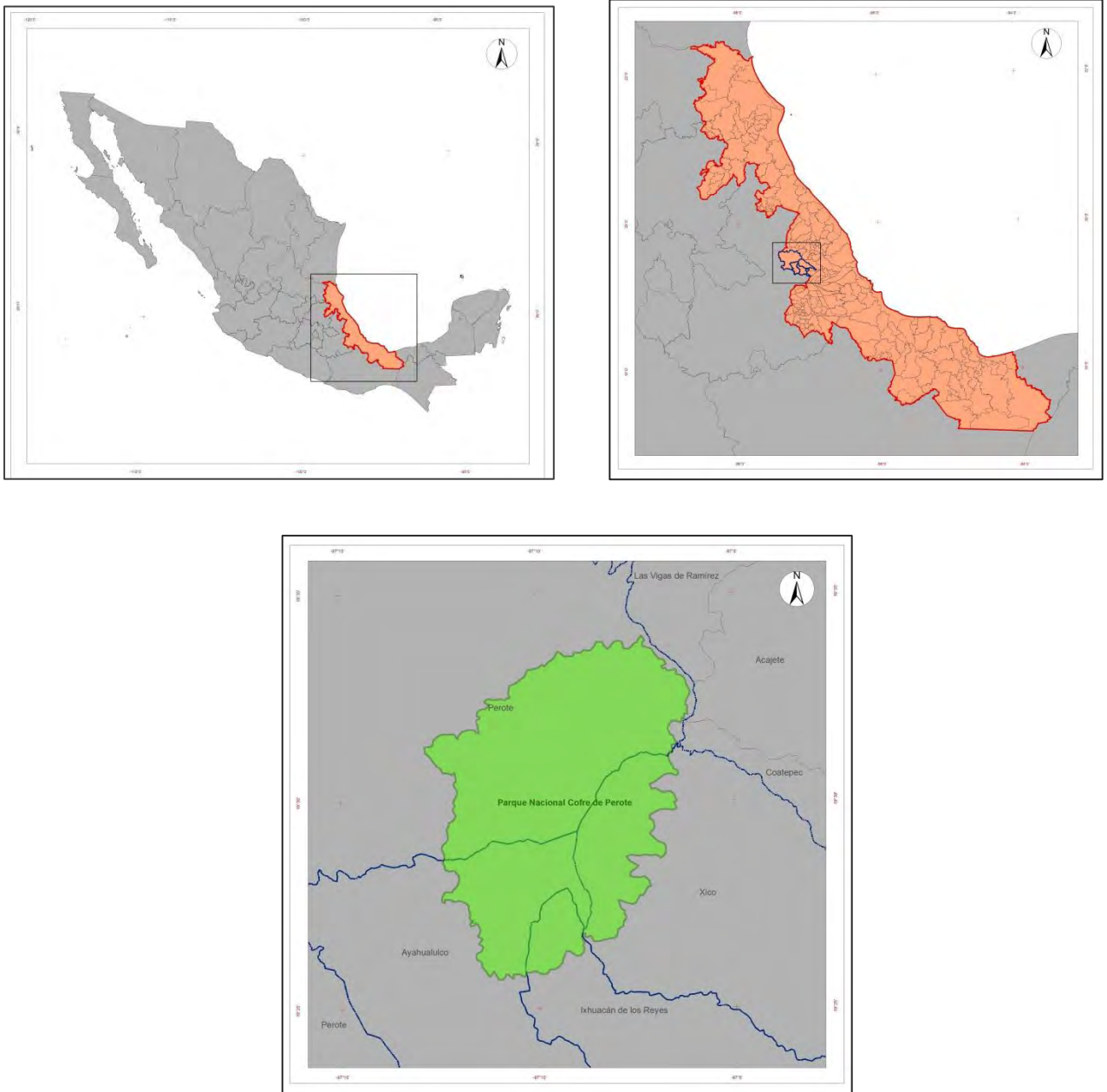


Figura. 1. Ubicación del PN Cofre de Perote.

5. Antecedentes

Uno de los objetivos del Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2007 – 2012 en su línea estratégica de *CONOCIMIENTO* es *“Contar con información sistematizada, disponible y actualizada, para fortalecer el bagaje de conocimientos sobre el medio físico, la biodiversidad, los ecosistemas, la sociedad y sus interacciones, que sirvan como fundamento para la planeación, toma de decisiones, seguimiento y evaluación de la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en las Áreas Protegidas Federales y otras modalidades de Conservación”* (SEMARNAT / CONANP, 2007), y para contribuir a su cumplimiento, se definen una serie de actividades estratégicas tales como: el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para Áreas Protegidas Federales que contemple la generación de mapas multitemporales que permitan evaluar entre otros aspectos, el cambio en la cobertura vegetal y usos de suelo.

Para ello, la CONANP a través de la Subdirección de Geomática adscrita a la Dirección de Evaluación y Seguimiento, inicia diversos proyectos para la evaluación de la Tasa de Transformación del Hábitat en Áreas Naturales Protegidas (ANP’s) utilizando imágenes satelitales de baja resolución (Landsat MSS, TM y ETM), de alta resolución (SPOT) y datos del Inventario Nacional Forestal de CONAFOR y de la carta de Uso de Suelo y Vegetación de la serie III del INEGI.

La Subdirección de Geomática elabora también un protocolo para la generación de los estudios de la dinámica de Transformación del Hábitat en Áreas Naturales Protegidas, utilizando técnicas de percepción remota y sistemas de información geográfica, con la finalidad de que sirvan como guía en las Direcciones Regionales y Direcciones de Áreas de la CONANP. Durante el año 2009, la Dirección Regional Planicie Costera y Golfo de México inicia la elaboración del Estudio de la Tasa de Cambio en Uso de Suelo y Vegetación del parque Nacional Cofre de Perote con el análisis y estimación de los periodos 1995 – 2000 – 2004 – 2008 y durante el presente año, el estudio es actualizado con el uso de imágenes del sensor SPOT 5 del mes de febrero de 2012.

En la bibliografía consultada destacan algunos trabajos que pudieran señalarse como antecedente del presente estudio:

Uso del suelo, fragmentación y degradación de los bosques templados del centro de México de García Romero & Montoya del Instituto de Geografía de la UNAM y de Corona M.C. de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en el cual, los autores analizan la correlación entre la fragmentación, la composición, la estructura y la productividad de los bosques templados del volcán Cofre de Perote, encontrando que esta zona está formada por una mayor abundancia de fragmentos boscosos pequeños, regulares y aislados y que la mayor superficie corresponde a escasos y extensos fragmentos de forma irregular y próximos entre sí.

Cambio de uso de suelo en la vertiente oriental del Parque Nacional Cofre de Perote y sus áreas circunvecinas de Pedraza Pérez del Instituto de Genética Forestal de la Universidad Veracruzana y de Hoyos Ramírez & Álvarez Ocegüera & Inzunza Vera de la consultora CEDRO, S.A., con la elaboración de un diagnóstico para el desarrollo y conservación de los ecosistemas de la zona de estudio con un espacio importante para el análisis del cambio de uso de suelo y a las tendencias que ha tenido la superficie de los bosques utilizando datos del Inventario Nacional Forestal 1991, 1994 y 2000 y de los mapas de vegetación y uso del suelo generados con técnicas de percepción remota con el uso de fotografía aérea de 1976 e imágenes de satélite de 1993 y 2000, comparándolas con volúmenes de madera que se extraen según datos documentados en censos oficiales y encuesta formal del 2006.

Disco Compacto con la descripción del Sistema de Información Geográfica generado para el Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Cofre de Perote. Elaborado por el Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO) de la Universidad Veracruzana. Con la presentación de un estudio de cambio de uso de suelo y vegetación del Parque en el periodo 1989 – 2006, mediante el uso de imágenes satelitales Landsat y SPOT 5, reportando una tasa de transformación anual de 2.3 % para este periodo.

6. Metodología

La metodología empleada para realizar el presente estudio está basada en el “Protocolo para la Evaluación del Uso del Suelo y Vegetación en Áreas Naturales Protegidas Federales de México” elaborado por la Subdirección de Geomática de la CONANP, y a continuación se describen de manera general los pasos del proceso:

6.1. Integración de insumos

Por ser considerado el Parque Nacional Cofre de Perote como un Área Natural Protegida relativamente pequeña (11,550 has.) comparada con el resto de las ANP’s del país, para este estudio se optó por utilizar en primera instancia fotografías aéreas, con el fin de visualizar mayor detalle en el análisis de los usos de suelo y la vegetación; no obstante, no de todas las fechas se obtuvo la ortofoto, pero si al menos para los años 1995 y 2004.

Para el análisis del año 1995, se trabajó con tres fotografías aéreas pancromáticas con 2 mts. de resolución, con cubrimiento de toda el ANP, y para el año 2004 se utilizaron 8 fotografías pancromáticas con 1 metro de resolución y con ello se obtuvo un detalle bastante fino de los ecosistemas que existen en el ANP y de su dinámica en estas fechas.

Dado que era lo disponible en su momento, el análisis de año 2000 se realizó con una imagen Landsat TM de septiembre del 2000 con una resolución de 28.5 mts y notables desventajas (alto porcentaje de nubosidad y muy baja resolución para el tamaño del ANP), sin embargo, fue posible identificar cambios notorios en el periodo 1995-2000, debido a que en ese lapso de tiempo se registró en la zona un incendio de grandes dimensiones que afectó gran parte de la cobertura boscosa y en la imagen de satélite se puede visualizar con claridad la parte afectada por este fenómeno.

Para el año 2008 se utilizó una imagen satelital SPOT 5 multiespectral de 10 mts. de resolución y una de imagen pancromática de 2.5 mts. de resolución, ambas del mes de diciembre del 2008, las cuales fueron fusionadas a fin de obtener una imagen híbrida de 2.5 mts. en color.

Y de igual manera, para el año 2012 se usaron 2 imágenes SPOT 5, multiespectral de 10 mts, y pancromática de 2.5 mts, y se generó la imagen híbrida para integrar las propiedades del color y la alta resolución.

Además de las imágenes de satélite y fotos aéreas, se utilizó cartografía vectorial topográfica a escala 1:50,000 y la carta de Uso de Suelo y Vegetación de la Serie IV del INEGI, así como el Modelo de Elevación del Terreno con 30 mts. de resolución, para el proceso de ortorectificación de las imágenes.

6.2. Ortorectificación de imágenes

Las imágenes de satélite que la CONANP adquiere a través de la Estación de Recepción México de la constelación SPOT (ERMEX) cuentan con un nivel de procesamiento 1A en el cual, solo están corregidos los errores radiométricos originados en las diferencias de sensibilidad entre los detectores elementales del instrumento de captura de la imagen, no poseen corrección geométrica, su nivel de pre-procesamiento es cuasi-grueso (Spot Imagine, 2005), lo que significa que deben someterse a un proceso denominado Ortorectificación para poder ser utilizadas; este proceso consiste en eliminar los errores geométricos de la imagen, ocasionados por las variaciones topográficas en la superficie terrestre y la inclinación del satélite al momento de la toma.

Con el módulo Leica Photogrammetry Suite 9.1 de ERDAS Imagine se ortorectificaron las imágenes SPOT 2008 pancromática y multiespectral y para realizar este proceso se utilizó como base una imagen satelital Landsat TM de la zona con una resolución de 28.5 mts., ya rectificadas y un modelo de elevación de terreno de 30 mts. ambos descargados gratuitamente de las páginas de la NASA y de INEGI respectivamente. Para la ortorectificación de las imágenes del 2012 se usó de base la

imagen del 2008 previamente ortorectificada. Para todos los casos se usó un mínimo de 35 puntos de control y el error medio cuadrático siempre fue inferior a 1.

6.3. Clasificación de imagen satelital base

El proceso de identificación de clases, se realizó únicamente para la imagen SPOT del año 2008, debido a que como se mencionó anteriormente, este estudio se inició en el año 2009 y la imagen más reciente disponible era la del 2008. En el presente año se realizó solo la actualización, identificando en la cobertura de Uso de Suelo y Vegetación del 2008, los sitios en donde hubo transformación del hábitat, usando de fondo la imagen del 2012, es decir, ya no se realizó clasificación de esta última imagen.

El proceso se efectuó con el software ERDAS Imagine 9.1 con el método de clasificación supervisada que consiste en identificar en la imagen clases o categorías representativas de los distintos ecosistemas y usos del suelo, tomando una muestra de cada clase identificada, mediante el trazo de un polígono cuyos píxeles sean representativos de la clase que se pretende identificar; en una segunda fase la herramienta utiliza esta muestra para agrupar en el resto de la imagen, todos los píxeles que satisfagan el conjunto de criterios relacionados a la muestra; de esta manera quedan definidas tantas clases o categorías, como sean identificadas.

Para el Parque Nacional Cofre de Perote se identificaron 4 categorías forestales: Bosque de Oyamel, Bosque de Pino, Bosque de Pino-Encino y Pradera de Alta Montaña y 5 categorías No forestales: Área Impactada por Incendio, Pastizales, Asentamientos Humanos, Zonas Agrícolas y Cuerpos de Agua.

6.4. Edición de cobertura de uso de suelo y vegetación base

Una vez clasificada y vectorizada la escena de la imagen del año 2008, se procedió a la edición de la cobertura de USV; este proceso se realizó con el software ArcInfo, considerado el más

apropiado para este proceso, ya que permite la edición de topologías por separado y el control de las tolerancias de ajuste.

Inicialmente se realizó una interpretación visual para redefinir las fronteras entre clases en donde aparecían mezcladas erróneamente con otras clases; las etiquetas se validaron a fin de que no existieran duplicadas ni faltantes y que correspondieran a la clase que representaban.

De esta manera, se delimitaron claramente los macizos forestales, los pastizales, asentamientos humanos y zonas agrícolas.

6.5. Recolección de muestras de campo

Se realizaron recorridos para la toma de muestras en el parque, identificando los diversos tipos de vegetación presentes en cada zona, colectando además la coordenada geográfica y fotografía de cada sitio visitado, estas muestras se utilizaron para realizar ajustes a la edición de cobertura USV del 2008 en zonas en donde hubo confusión o duda a la hora de etiquetar la clase o zonas con presencia de nubes en la imagen de satélite. Con este proceso se logró mejorar la calidad del producto generado en escritorio.

6.6. Identificación de cambios en los periodos de análisis

De acuerdo al Protocolo para la evaluación del Uso de Suelo y Vegetación de ANP's de la CONANP, para la identificación de cambios en las fechas analizadas, se recomienda utilizar el método de interpretación interdependiente de la FAO (1996,2000), el cual indica que se deben marcar en su totalidad todos los polígonos de la primera fecha, para utilizarlos como base de interpretación de las siguientes fechas, únicamente modificando los polígonos en los cuales se detecten transformaciones. Por tal razón, para la edición de las coberturas de los años 1995, 2000, 2004 y 2012, se usó como base la cobertura generada del 2008 y utilizando de fondo las ortofotos o imágenes de satélite correspondientes a cada fecha de análisis, se redefinieron los límites de los polígonos en aquellos sitios en donde se detectó visualmente un cambio.

Una vez que se obtuvieron las coberturas de todas las fechas analizadas, el paso siguiente fue sobreponer la cobertura del 1995 con la del 2000, la del 2000 con la del 2004, la del 2004 con la del 2008 y la del 2008 con la del 2012, para obtener las coberturas de cambios entre estos periodos. Con este proceso se generaron polígonos que definen los tipos de transformación ocurridos en el área en cada periodo, que de acuerdo con (Ramírez y Zubieta, 2005) citado en (SIG-CONANP, 2007) se clasifican de la siguiente manera:

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

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

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

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

6.7. Cálculo de tasa de cambio

El desglose de superficies de categorías forestales y no forestales para cada fecha analizada, fue integrado en una tabla de excell y con estos datos se elaboraron las matrices de transición propuestas por (Ramírez y Zubieta, 2005) citado en (SIG-CONANP, 2007) en las cuales los datos se ordenan de mayor a menor grado de antropización de la cubierta, excepto los cuerpos de agua, colocando en filas las categorías de la fecha 1 y en columnas las categorías de la fecha 2, simbolizando las celdas en color gris para representar la superficie que permanece sin cambio, en color verde oscuro la superficie forestal recuperada, en verde claro la superficie en procesos de revegetación, en color amarillo la superficie forestal con algún grado de perturbación, en color naranja la superficie deforestada y en color azul la superficie de los cuerpos de agua (Figura 2).

		Fecha 2										
		V1	V2	V...n	Vs1	Vs2	Vs...n	Nf1	Nf2	Nf...n	Cuerpo de Agua	Total Fecha 1
Fecha 1	V1	Grey			Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Blue	0.00
	V2		Grey		Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Blue	0.00
	V...n			Grey	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Blue	0.00
	Vs1	Green	Green	Green	Grey			Orange	Orange	Orange	Blue	0.00
	Vs2	Green	Green	Green		Grey		Orange	Orange	Orange	Blue	0.00
	Vs...n	Green	Green	Green			Grey	Orange	Orange	Orange	Blue	0.00
	Nf1	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Grey			Blue	0.00
	Nf2	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green		Grey		Blue	0.00
	Nf...n	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green			Grey	Blue	0.00
	Cuerpo de Agua	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Grey	0.00
	Total Fecha 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

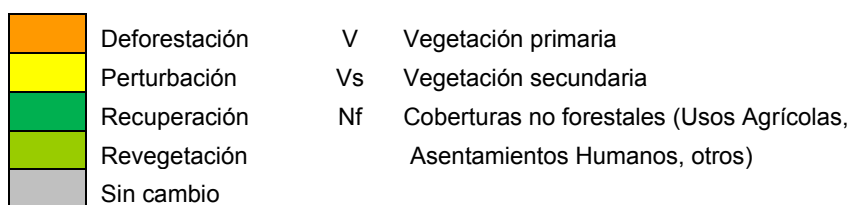


Figura 2. Matriz de transición.

Posteriormente, se calculó la tasa de transformación del hábitat o tasa de cambio de acuerdo a la fórmula propuesta por la FAO (1996) citada en (SIG-CONANP, 2007):

$$\delta n = (S2/S1)^{1/n} - 1$$

Donde:

δ = tasa de cambio (para expresar en %, multiplicar por 100)

S1 = superficie en la fecha 1

S2 = superficie en la fecha 2

n = número de años entre las dos fechas

Esta fórmula fue aplicada para los cuatro periodos analizados (1995-2000), (2000-2004), (2004-2008), (2008-2012) y para el periodo completo (1995-2012).

7. Resultados

7.1. Imágenes SPOT 2008 y 2012 híbridas

A partir de la fusión de las imágenes SPOT 5 multiespectral de 10 m. de resolución, con fecha del 26 de diciembre de 2008 y pancromática de 2.5 m. de la misma fecha, previamente ortorectificadas y ambas con un error medio cuadrático de 0.001, se obtuvo la imagen híbrida a color, con resolución de 2.5 m. con cubrimiento total de Parque Nacional Cofre de Perote cuya superficie (11,550 has.) se encuentra por arriba de la cota de los 3,000 msnm y cuyo límite es representado por esta misma cota. En general la imagen híbrida resultante del proceso de fusión (Figura 3) es de suficiente nitidez para distinguir con claridad los tipos de vegetación y usos del suelo presentes en el ANP a excepción de una zona con presencia de nubes de aproximadamente 140 has. que representa un 1.2 % de la superficie del ANP, ubicado al extremo Este del Parque, sobre las localidades de Plan de la Guinda y Paso Panal; este porcentaje de nubosidad no se consideró alto y por las características de alta calidad de la imagen, se eligió para generar a partir de ésta, mediante el proceso de clasificación supervisada, la cobertura de Uso de Suelo y Vegetación del año 2008, misma que sirvió de base para generar las coberturas de las demás fechas analizadas.

Esta imagen híbrida del 2008 fue generada como se mencionó anteriormente, en el año 2009 y durante el presente año, se generó la imagen híbrida del 2012 a partir de dos imágenes multiespectral y pancromática de 10 m. y 2.5 m. de resolución respectivamente con fecha de 28 de febrero del presente, con el mismo método descrito con anterioridad; en la ortorectificación de las imágenes del 2012 se obtuvo un error medio cuadrático de 0.002 en ambos casos y en cuanto a la calidad de la imagen resultante, se consideró buena y sin presencia de nubes, suficiente para identificar los cambios en el periodo 2008 – 2012. (Figura 4).

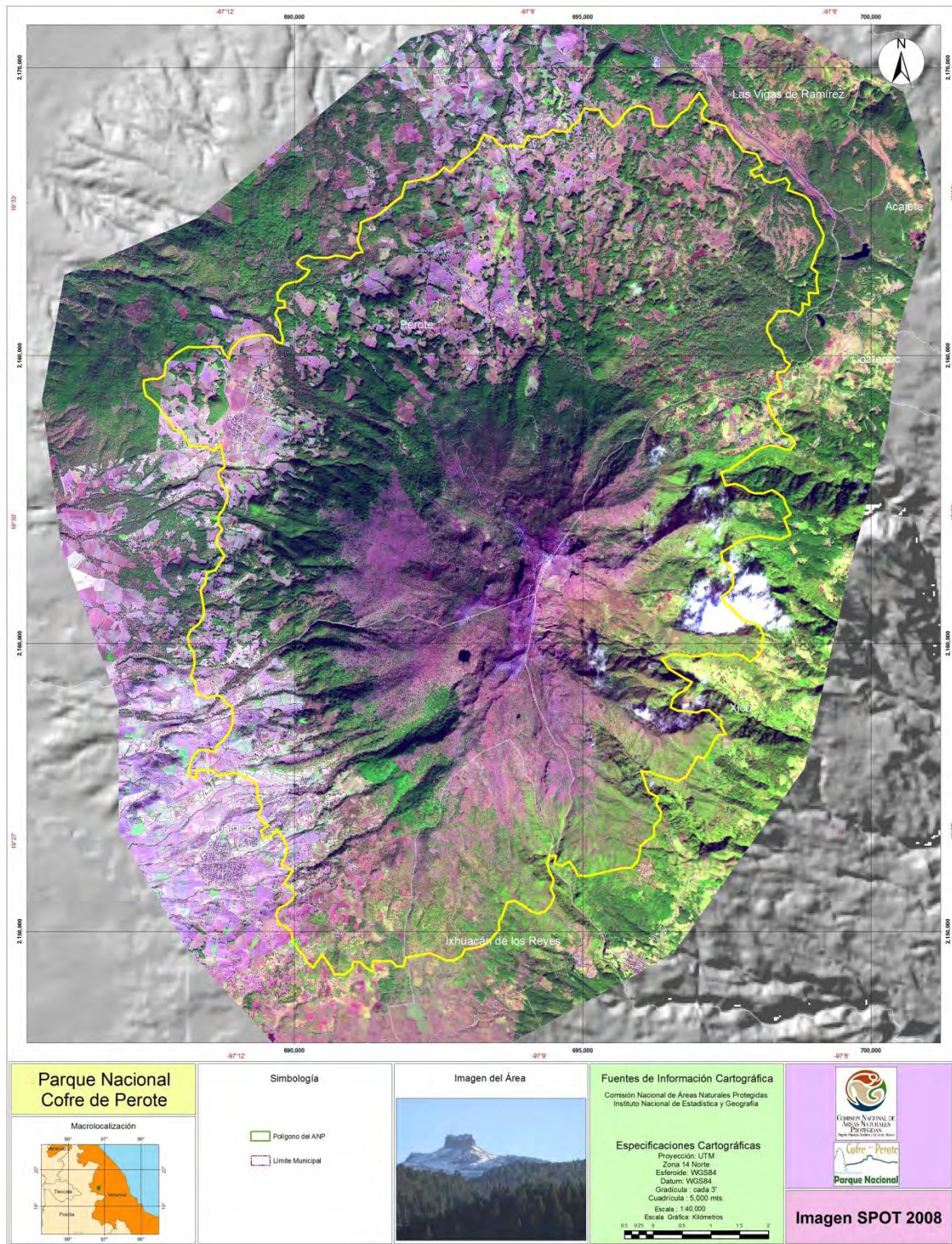


Figura 3. Imagen SPOT 5 Híbrida del año 2008 con combinación de bandas 4,1,2 del PN Cofre de Perote.

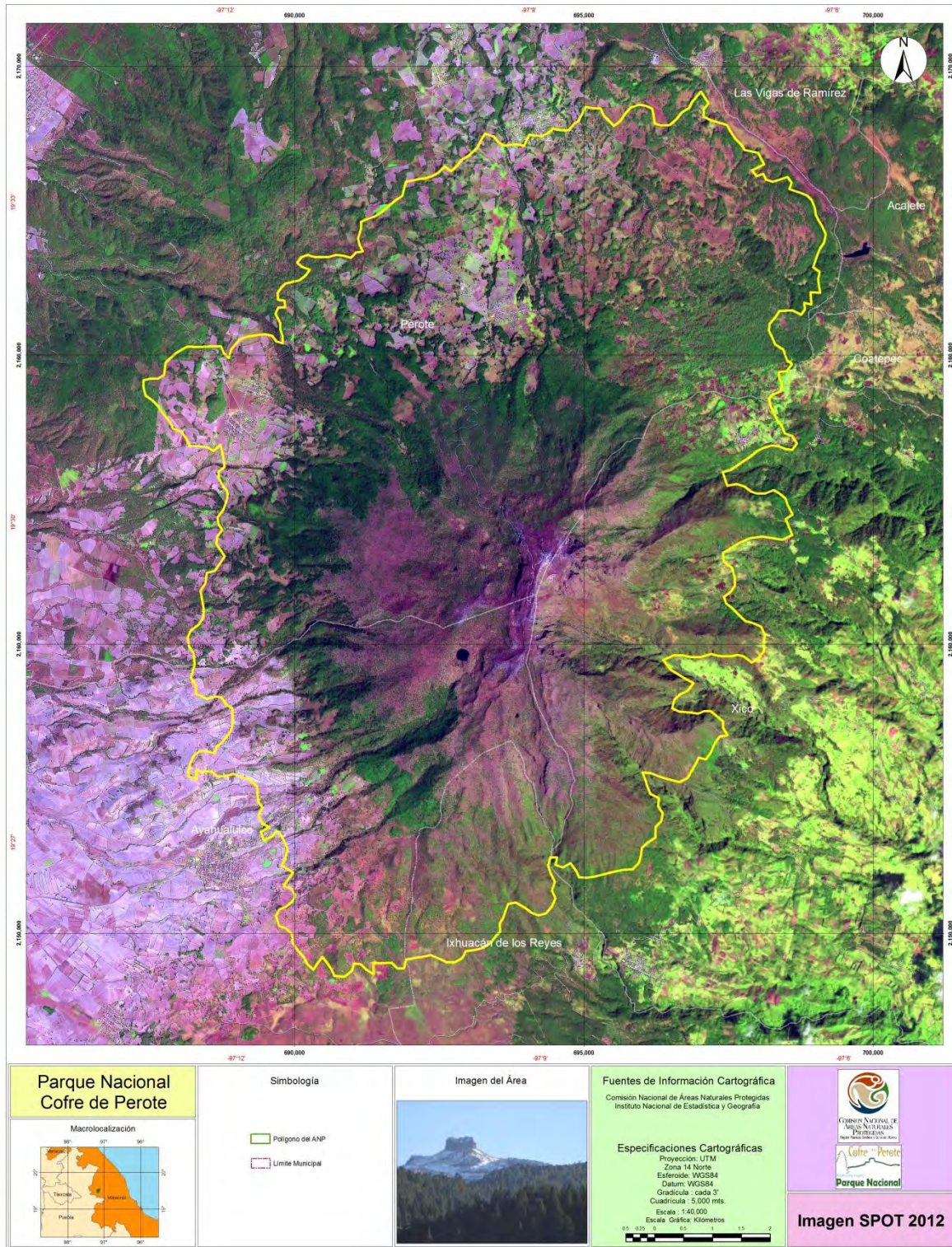


Figura 4. Imagen SPOT 5 Híbrida del año 2012 con combinación de bandas 4,1,2 del PN Cofre de Perote.

7.2. Cobertura de Uso de Suelo y Vegetación del año 2008

La imagen híbrida del 2008, fue clasificada y vectorizada para obtener la cobertura de Uso de Suelo y Vegetación de esta fecha, y con base a la consulta de diversas fuentes como son: la carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV del INEGI, el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004 – 2009 de CONAFOR y con los puntos de control levantados en campo, se identificaron las siguientes categorías de USV:

Uso de Suelo 2008					
Forestal			No forestal		
Forestal	Ha.	%	No forestal	Ha.	%
Bosque de Oyamel	1932.39	16.73	Área Impactada por incendio	0.00	0.00
Bosque de Pino	2612.15	22.62	Pastizales	2169.74	18.79
Bosque de Pino-Encino	759.32	6.57	Zona Agrícola	3708.29	32.11
Pradera de Alta Montaña	275.87	2.39	Asentamiento Humano	87.80	0.76
Subtotal	5,579.73	48.31	Subtotal	5,965.83	51.65

Otros Usos	Ha.	%
Cuerpo de Agua	4.19	0.04
Subtotal	4.19	0.04
TOTAL	11,549.75	

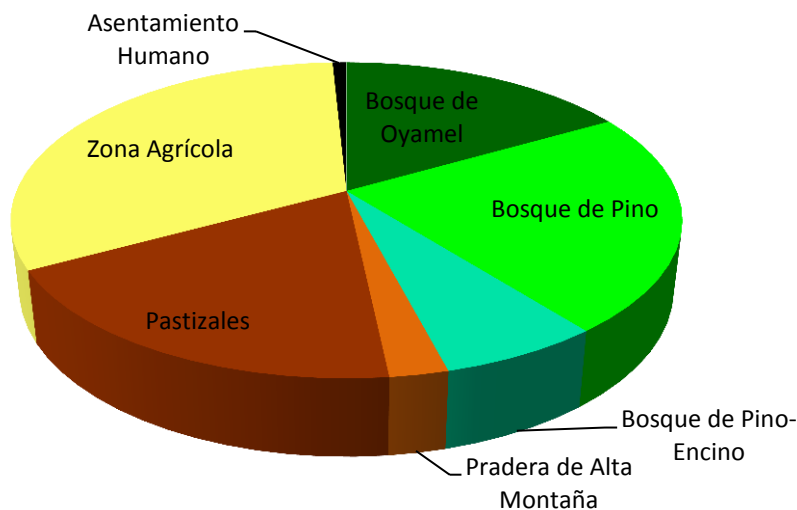


Tabla y gráfica 1. Distribución de superficie de USV de 2008 del PN Cofre de Perote.

Esta distribución de superficies muestra que el mayor porcentaje de la cobertura de Uso de Suelo en el ANP, lo ocupan las categorías no forestales con un 51.65%, mientras que las forestales ocupan un 48.31%, predominando los bosques de Pinos (22.62%), Oyameles (16.73%) y en menor proporción los bosques de Pino-Encino (6.57%) y la Pradera de Alta Montaña (2.39%).

La montaña Cofre de Perote destaca por su belleza escénica y por la riqueza y diversidad de sus ecosistemas, la distribución de la vegetación está determinada por las diferentes condiciones de altitud, clima y suelo (Pedraza, *et al.* 2009); en la parte más elevada de la montaña sobre los 4,000 msnm, zona conocida como “La Peña” se encuentra la Pradera de Alta Montaña o pastizales alpinos, con dominio de las gramíneas; el suelo es preferentemente arenoso y rocoso y las bajas temperaturas que se registran en esta zona, no permiten el desarrollo de otras especies, solo se encuentran algunos ejemplares aislados de *Pinus hartwegii*, *Juniperus montícula* y *Berberis schiedeana* que crecen como arbustos en sitios rocosos. (UV, 2008).

El Bosque de Pino tiene la mayor distribución en el ANP y se puede encontrar desde los 3,000 hasta los 4,000 msnm, sus especies se distribuyen en diferentes regiones según condiciones ecológicas existentes, las especies más comunes son el *Pinus montezumae*, *Pinus pseudostrobus*, y *Pinus Teocote* y en las partes de mayor humedad hacia el este del ANP, se encuentran comunidades de *Pinus patula*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus nubícola*; en la parte más elevada, entre los 3,500 y 4,000 msnm. que limita con la pradera de alta montaña, se encuentra el bosque de *Pinus hartwegii*.

El Bosque de Pino-Encino se ubica principalmente hacia la parte noreste del ANP, a una altitud de 3,000 – 3,350 msnm. donde se observan *Pinus montezumae*, *Quercus laurina* y en zonas más secas se encuentra el *Quercus crassifolia*.

El Bosque de Oyamel, caracterizado por la presencia de la especie *Abies religiosa* que originalmente su distribución formaba una franja alrededor de la montaña, aprox. entre los 3,000 y 3,500 msnm. actualmente, por la presión de actividades humanas, se ha visto reducido a escasos manchones discontinuos, quedando los mejor conservados en las barrancas y áreas de difícil acceso por la topografía accidentada. (Narave, 1985) citado en (UV., 2008).

Los pastizales o zacatonales, son comunidades de pastos amacollados, ásperos y densos llamados zacatones, producto de la intervención humana sobre los bosques mixtos de pinos, abetos y pino – encino, ubicados entre la cota de los 2,200 y los 3,800 msnm. por esta razón, se le considera como vegetación propiamente no establecida o secundaria. Destacan especies como *Muhlenbergia macroura* y *Muhlenbergia spp.* entre otros., estas especies son aprovechadas principalmente para el pastoreo y las raíces como materia prima para la elaboración de escobas, cepillos, escobetas y otros artículos. (UV, 2008).

En cuanto a las cubiertas no forestales, en donde predominan las áreas agrícolas y de pastoreo, cabe mencionar que la población asentada dentro del Parque se dedica principalmente al cultivo de la papa, avena, haba y maíz y se han introducido especies de forraje como la veza de invierno. Y en cuanto a la ganadería según (Colegio de Biólogos, 2000) citado en (UV, 2008), el ganado ovino-caprino se encuentra a libre pastoreo con un coeficiente de agostadero de 9 cabezas por hectárea, lo que representa una presión alarmante sobre los bosques, sobre todo en los municipios de Xico y Ayahualulco (Téllez, 1994) citado en (UV, 2008).

Los cuerpos de agua identificados en el mapa de Uso de Suelo y Vegetación, por la escala se reducen únicamente a la conocida Laguna de Tilapa del municipio de Ayahualulco, y dos cuerpos de agua ubicados, el primero aprox. a 1,500 m. al noroeste de la Laguna Tilapa en el municipio de Perote y el segundo aprox. a 1,400 m. hacia el sureste de la mencionada Laguna. (Figura 5).

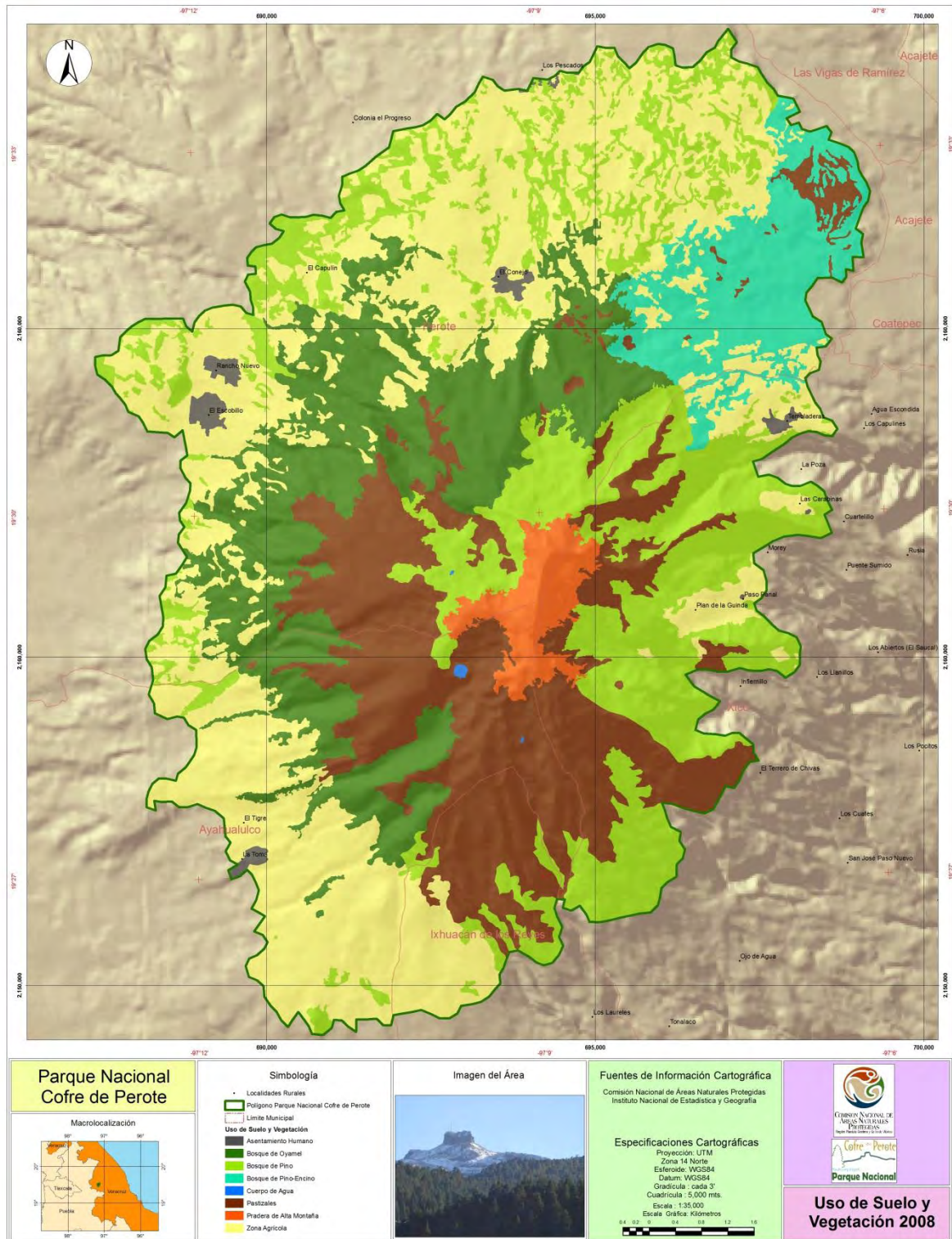


Figura 5. Mapa de Uso de Suelo y Vegetación del año 2008 del PN Cofre de Perote.

7.3. Coberturas de Uso de Suelo y Vegetación de los años 2004, 2000, 1995 y 2012

Mediante el método de interpretación interdependiente, descrito en la metodología, y tomando como base la cobertura de 2008 y las fotografías aéreas del 2004 con cubrimiento total del ANP, se generó la cobertura del año 2004 (Figura 6) con los siguientes resultados:

Uso de Suelo 2004					
Forestal			No forestal		
	Ha.	%		Ha.	%
Bosque de Oyamel	1,855.61	16.07	Área Impactada por incendio	0.00	0.00
Bosque de Pino	2,611.14	22.61	Pastizales	2,222.32	19.24
Bosque de Pino-Encino	758.77	6.57	Zona Agrícola	3,734.05	32.33
Pradera de Alta Montaña	275.87	2.39	Asentamiento Humano	87.80	0.76
Subtotal	5,501.39	47.63	Subtotal	6,044.17	52.33

Otros Usos	Ha.	%
Cuerpo de Agua	4.19	0.04
Subtotal	4.19	0.04
TOTAL	11,549.75	

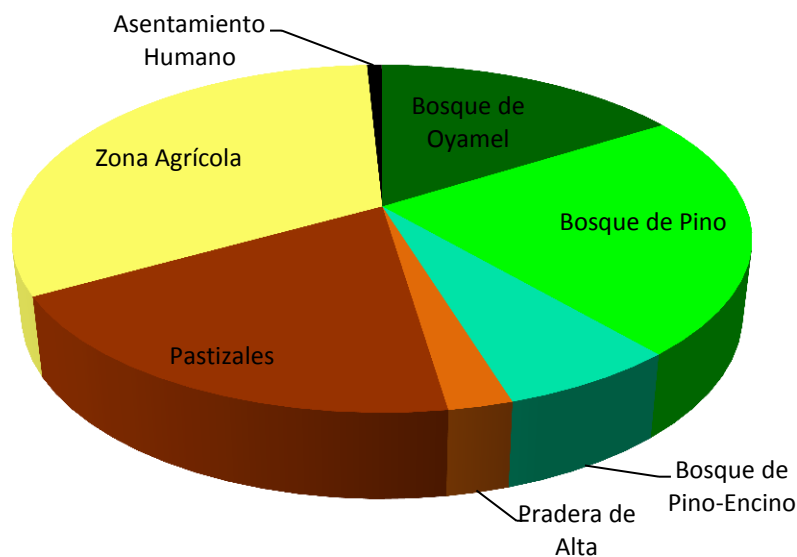


Tabla y gráfica 2. Distribución de superficie de USV de 2004 del PN Cofre de Perote.

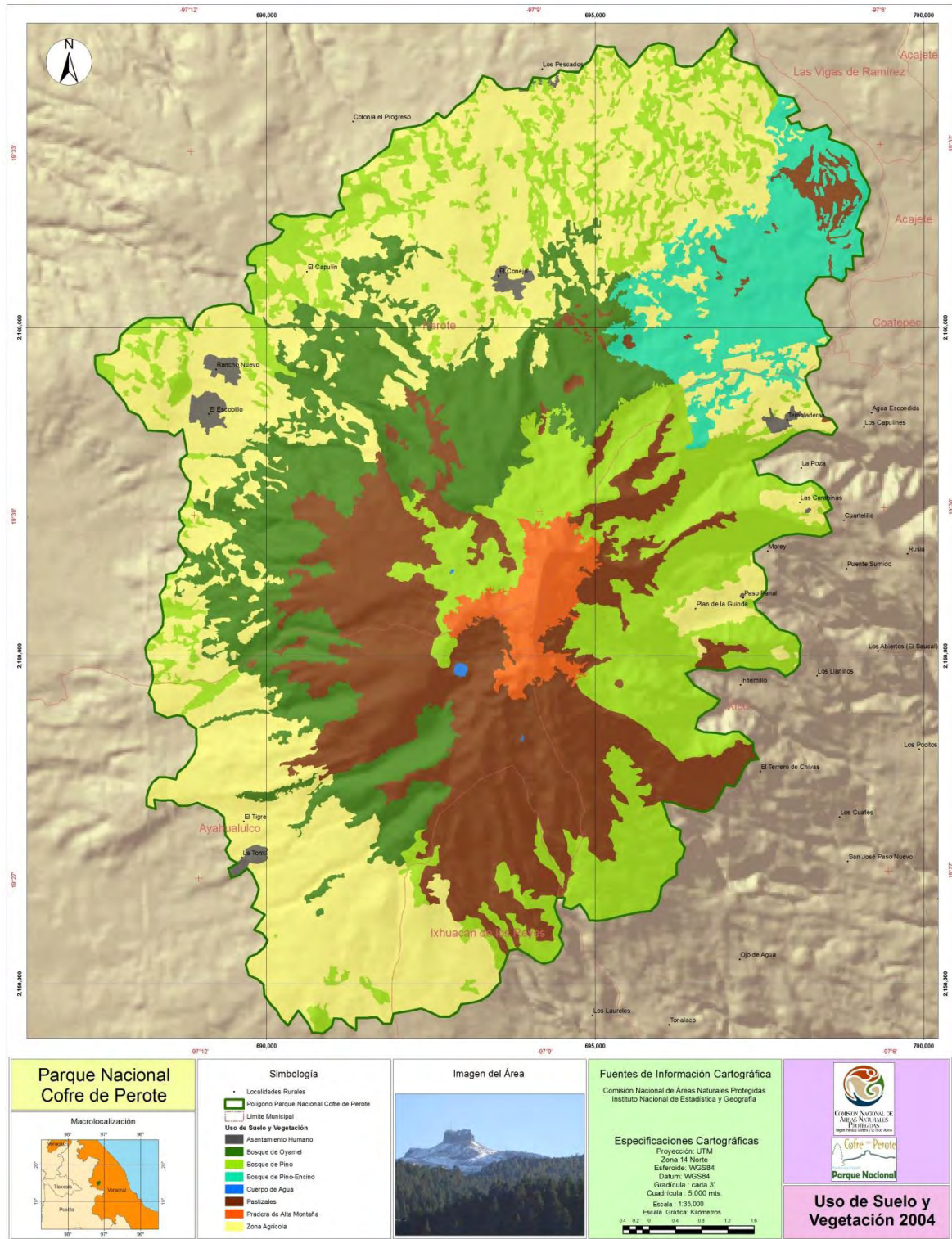


Figura 6. Mapa de Uso de Suelo y Vegetación del año 2004 del PN Cofre de Perote.

Con base a la cobertura de 2004 y con el uso de la imagen Landsat TM del año 2000, se generó la cobertura de Uso de Suelo y Vegetación del año 2000 (Figura 7), así como el cálculo de superficies con los siguientes resultados:

Uso de Suelo 2000					
Forestal			No forestal		
	Ha.	%		Ha.	%
Bosque de Oyamel	1,611.17	13.95	Área Impactada por incendio	1,089.29	9.43
Bosque de Pino	2,740.42	23.73	Pastizales	1,149.50	9.95
Bosque de Pino-Encino	749.19	6.49	Zona Agrícola	3,842.31	33.27
Pradera de Alta Montaña	275.87	2.39	Asentamiento Humano	87.80	0.76
Subtotal	5,376.65	46.55	Subtotal	6,168.91	53.41

Otros Usos	Ha.	%
Cuerpo de Agua	4.19	0.04
Subtotal	4.19	0.04
TOTAL	11,549.75	

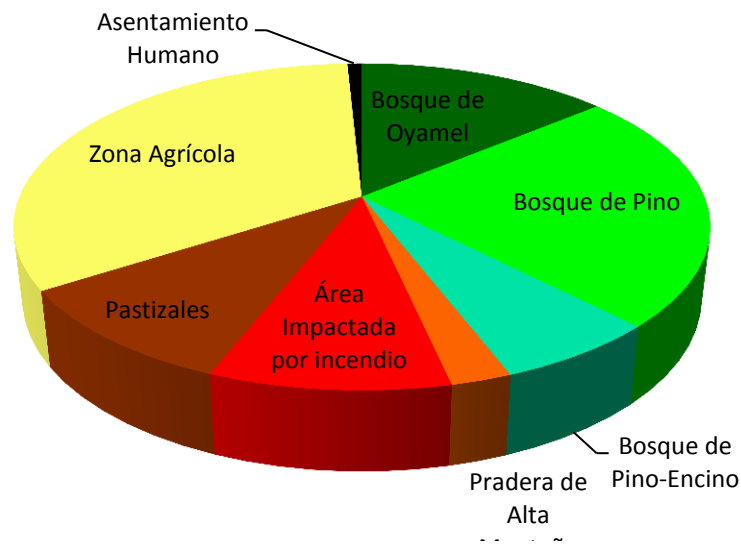


Tabla y gráfica 3. Distribución de superficie de USV de 2000 del PN Cofre de Perote.

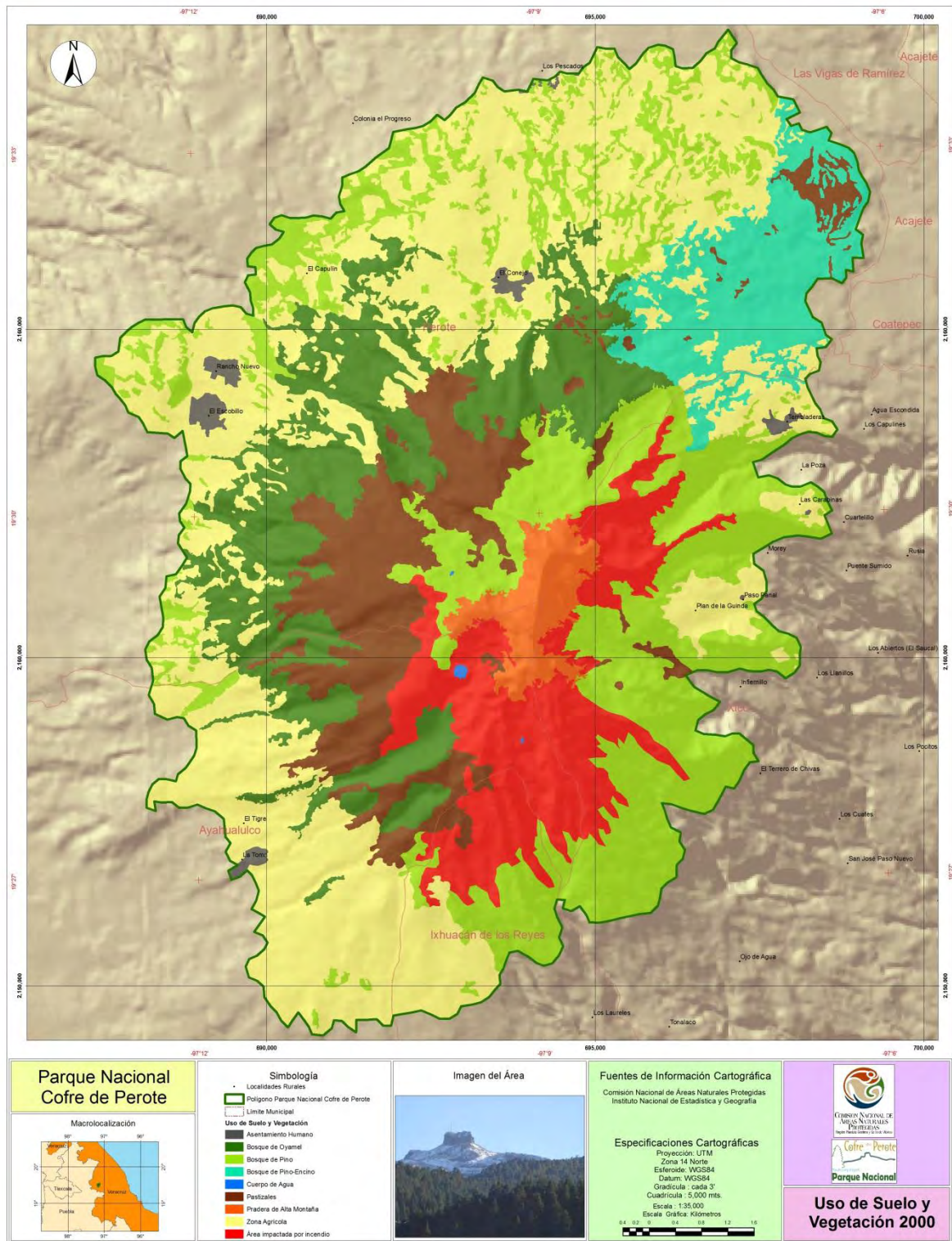


Figura 7. Mapa de Uso de Suelo y Vegetación del año 2000 del PN Cofre de Perote.

Para la generación de la cobertura de Uso de Suelo y Vegetación del año 1995 (Figura 8), fecha más antigua analizada, se utilizó como base el mapa del 2000 y las fotografías aéreas de 1995, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Uso de Suelo 1995					
Forestal			No forestal		
	Ha.	%		Ha.	%
Bosque de Oyamel	1,611.17	13.95	Área Impactada por incendio	0.00	0.00
Bosque de Pino	3,837.61	33.23	Pastizales	1,135.85	9.83
Bosque de Pino-Encino	751.39	6.51	Zona Agrícola	3,845.86	33.30
Pradera de Alta Montaña	275.87	2.39	Asentamiento Humano	87.80	0.76
Subtotal	6,476.04	56.07	Subtotal	5,069.52	43.89

Otros Usos	Ha.	%
Cuerpo de Agua	4.19	0.04
Subtotal	4.19	0.04
TOTAL	11,549.75	

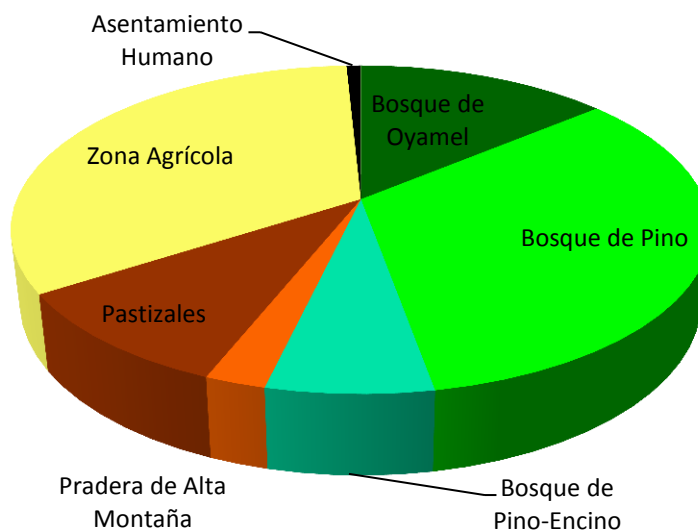


Tabla y gráfica 4. Distribución de superficie de USV de 1995 del PN Cofre de Perote.

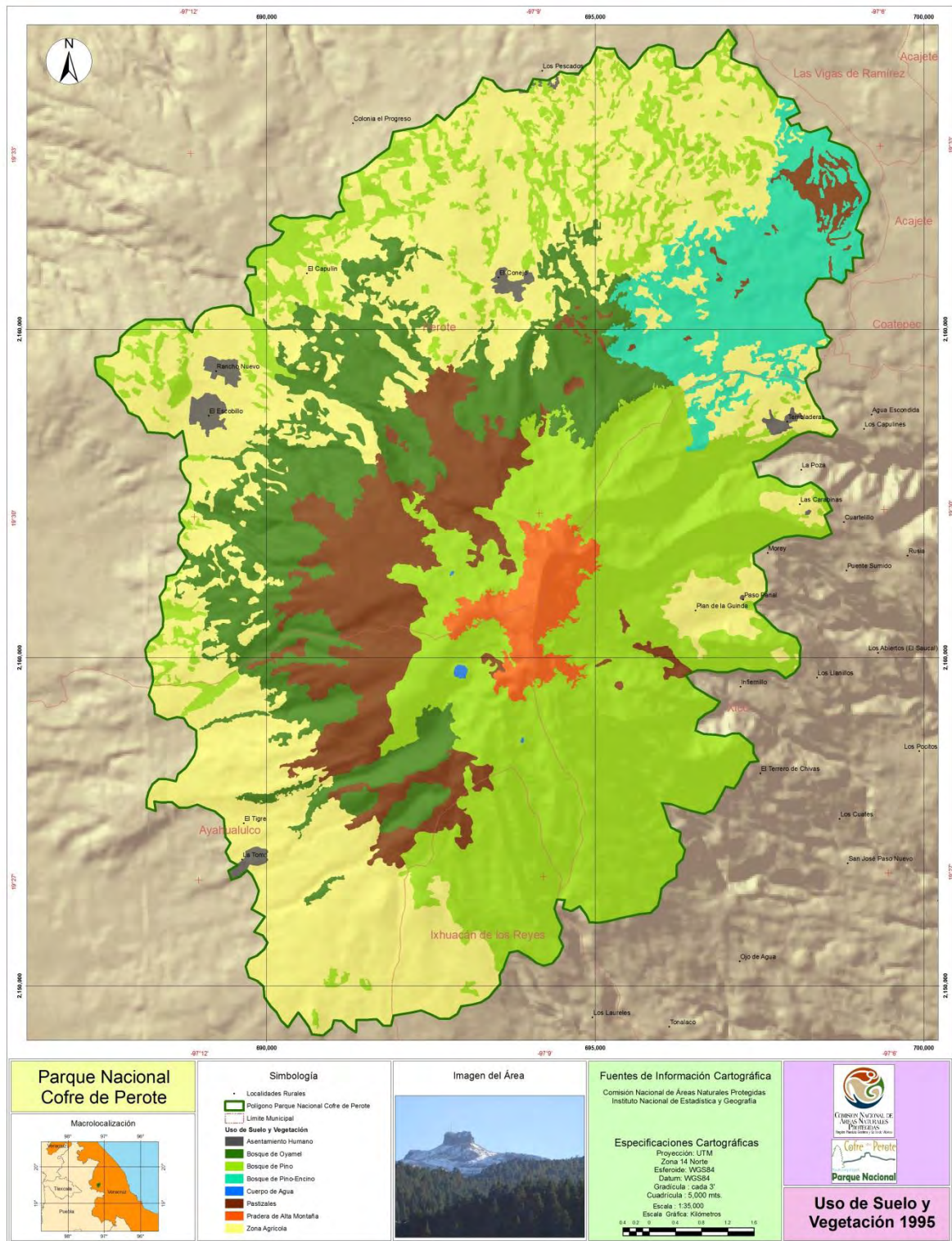


Figura 8. Mapa de Uso de Suelo y Vegetación del año 1995 del PN Cofre de Perote.

Al concluir el análisis retrospectivo de los años 2008 – 2004 - 2000 – 1995, finalmente se procedió a la generación de la cobertura de Uso de Suelo y Vegetación de la fecha más reciente (2012) (Figura 9), tomando como base la cobertura de 2008 y la imagen SPOT híbrida del año 2012, obteniendo los siguientes resultados:

Uso de Suelo 2012					
Forestal			No forestal		
	Ha.	%		Ha.	%
Bosque de Oyamel	1925.73	16.67	Área Impactada por incendio	0.00	0.00
Bosque de Pino	2586.85	22.40	Pastizales	2,177.00	18.85
Bosque de Pino-Encino	759.32	6.57	Zona Agrícola	3,732.99	32.32
Pradera de Alta Montaña	275.87	2.39	Asentamiento Humano	87.80	0.76
Subtotal	5,547.77	48.03	Subtotal	5,997.79	51.93

Otros Usos	Ha.	%
Cuerpo de Agua	4.19	0.04
Subtotal	4.19	0.04
TOTAL	11,549.75	

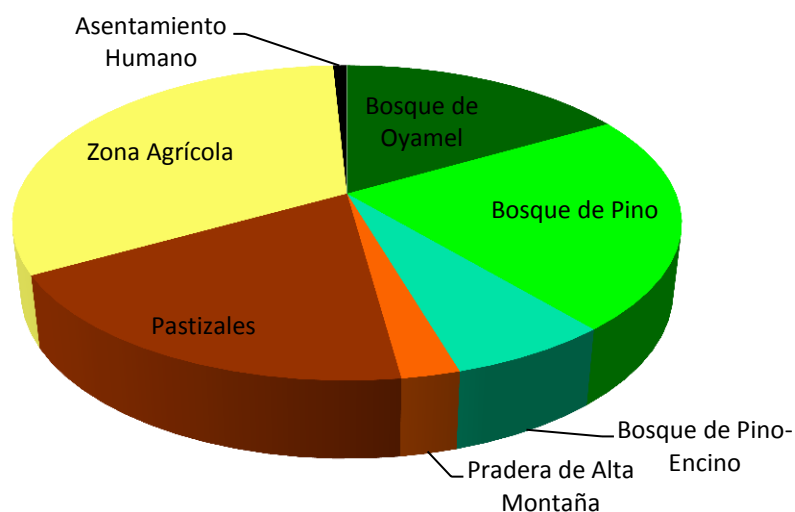


Tabla y gráfica 5. Distribución de superficie de USV de 2012 del PN Cofre de Perote.

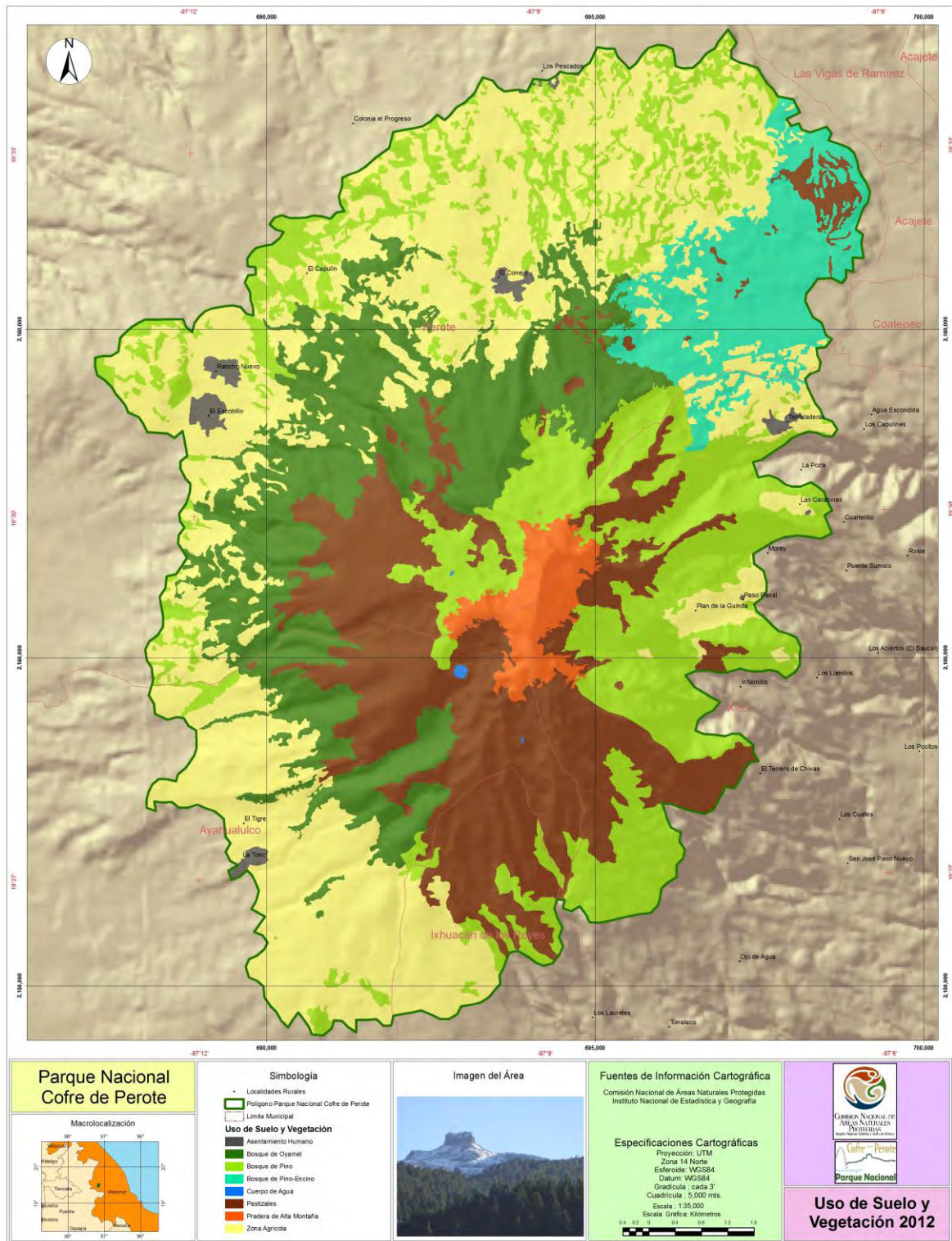


Figura 9. Mapa de Uso de Suelo y Vegetación del año 2012 del PN Cofre de Perote.

A manera de resumen, se presenta la tabla y gráfica 6 que concentran las 5 fechas analizadas, en donde se puede apreciar claramente los cambios significativos en estos periodos; como muestra la gráfica, la cobertura mayormente transformada fue el Bosque de Pino, disminuido drásticamente en el año 2000, mientras que el Bosque de Oyamel presenta un ligero aumento en su superficie, y los pastizales con un aumento considerable en el 2004; para las zonas agrícolas se ve una ligera disminución en el año 2004, mientras que para la cobertura de Bosque de Pino – Encino los cambios son mínimos en el 2008 y la Pradera de Alta Montaña, los Asentamientos Humanos y Cuerpos de Agua, permanecen sin cambio. La cuantificación de hectáreas y ubicación geográfica de estos cambios, se presenta en el siguiente apartado.

Uso de Suelo	1995		2000		2004		2008		2012	
	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%
Forestal										
Bosque de Oyamel	1,611.17	13.95	1,611.17	13.95	1,855.61	16.07	1,932.39	16.73	1,925.73	16.67
Bosque de Pino	3,837.61	33.23	2,740.42	23.73	2,611.14	22.61	2,612.15	22.62	2,586.85	22.40
Bosque de Pino-Encino	751.39	6.51	749.19	6.49	758.77	6.57	759.32	6.57	759.32	6.57
Pradera de Alta Montaña	275.87	2.39	275.87	2.39	275.87	2.39	275.87	2.39	275.87	2.39
Subtotal	6,476.04	56.07	5,376.65	46.55	5,501.39	47.63	5,579.73	48.31	5,547.77	48.03

No forestal	Ha.		%		Ha.		%		Ha.		%	
	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%		
Área Impactada por incendio	0.00	0.00	1,089.29	9.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Pastizales	1,135.85	9.83	1,149.50	9.95	2,222.32	19.24	2,169.74	18.79	2,177.54	18.85		
Zona Agrícola	3,845.86	33.30	3,842.31	33.27	3,734.05	32.33	3,708.29	32.11	3,732.99	32.32		
Asentamiento Humano	87.80	0.76	87.80	0.76	87.80	0.76	87.80	0.76	87.80	0.76		
Subtotal	5,069.52	43.89	6,168.91	53.41	6,044.17	52.33	5,965.83	51.65	5,997.79	51.93		

Otros Usos	Ha.		%		Ha.		%		Ha.		%	
	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%		
Cuerpo de Agua	4.19	0.04	4.19	0.04	4.19	0.04	4.19	0.04	4.19	0.04		
Subtotal	4.19	0.04	4.19	0.04	4.19	0.04	4.19	0.04	4.19	0.04		
TOTAL	11,549.75		11,549.75		11,549.75		11,549.75		11,549.75			

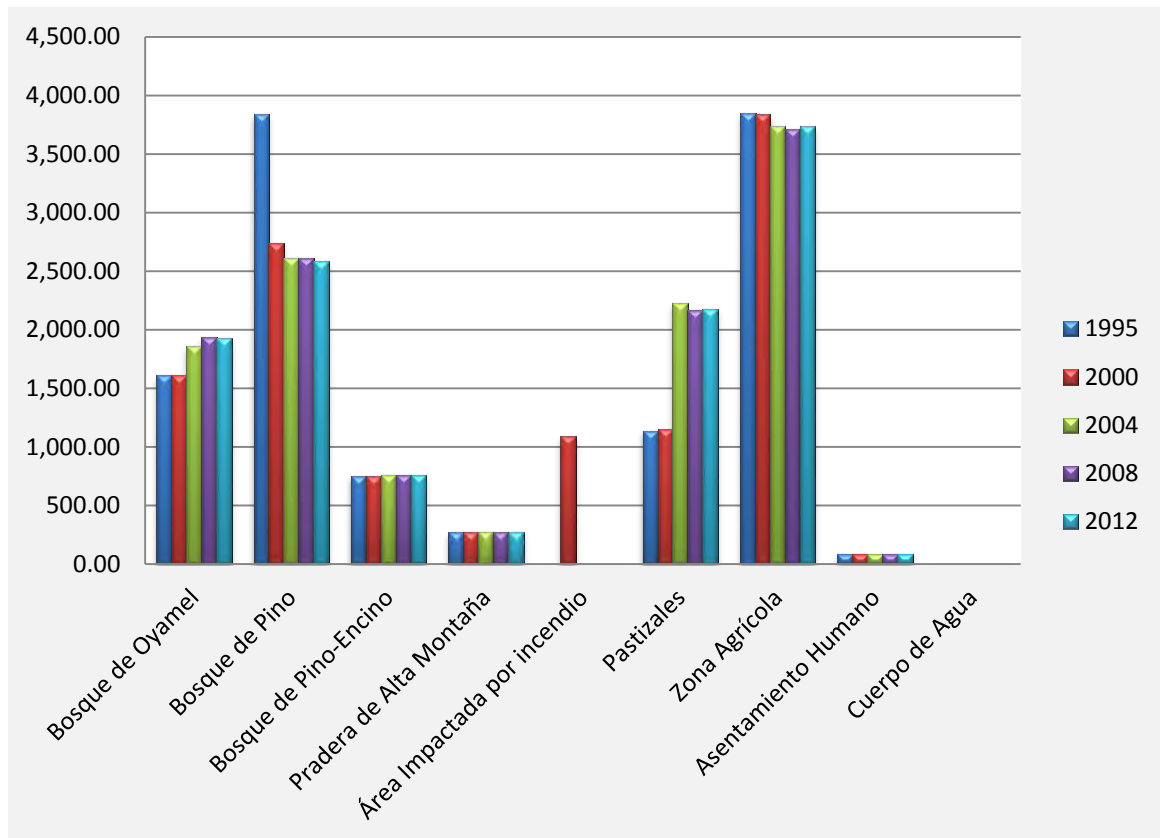


Tabla y gráfica 6. Distribución de superficie de USV del periodo 1995 - 2012 del PN Cofre de Perote.

7.4. Matrices y Mapas de Transformación en los periodos analizados

Los cambios detectados en el periodo 1995 – 2000 (Figura 10) son los más altos de todos los periodos analizados en este estudio, esto se debe principalmente al incendio forestal acontecido en el año 1998, en el PN Cofre de Perote, con una considerable pérdida de superficie forestal.

Como se muestra en la matriz de transición (tabla 7), se tuvo una pérdida de 1,101.45 has. de Bosque de Pino, de las cuales 11.45 se transformaron en pastizales, 1,089.29 fueron áreas impactadas por incendios y 0.72 se convirtieron en zonas agrícolas; de igual manera se tuvo pérdida de Bosque de Pino-Encino de 2.20 has. transformadas en Pastizales y para la Zona Agrícola se reporta una transformación de 4.26 has. a Bosque de Pino. El Bosque de Oyamel, la Pradera de Alta Montaña, los Asentamientos Humanos y Cuerpos de Agua permanecen sin cambio.

Clases	2000										
	Bosque de Oyamel	Bosque de Pino	Bosque de Pino Encino	Pradera de Alta Montaña	Pastizales	Área impactada por incendio	Zona Agrícola	Asentamiento Humano	Cuerpo de Agua	Total general 1995	
1995	Bosque de Oyamel	1,611.17								1,611.17	
	Bosque de Pino		2,736.16		11.45	1,089.29	0.72			3,837.61	
	Bosque de Pino-Encino			749.19	2.20					751.39	
	Pradera de Alta Montaña				275.87					275.87	
	Pastizales					1,135.85				1,135.85	
	Área Impactada por incendio						0.00			0.00	
	Zona Agrícola							3,841.60		3,845.86	
	Asentamiento Humano								87.80	87.80	
	Cuerpo de Agua									4.19	
	Total General 2000	1,611.17	2,740.42	749.19	275.87	1,149.50	1,089.29	3,842.31	87.80	4.19	11,549.74

Tabla 7. Matriz de Transición del periodo 1995 - 2000 del PN Cofre de Perote.

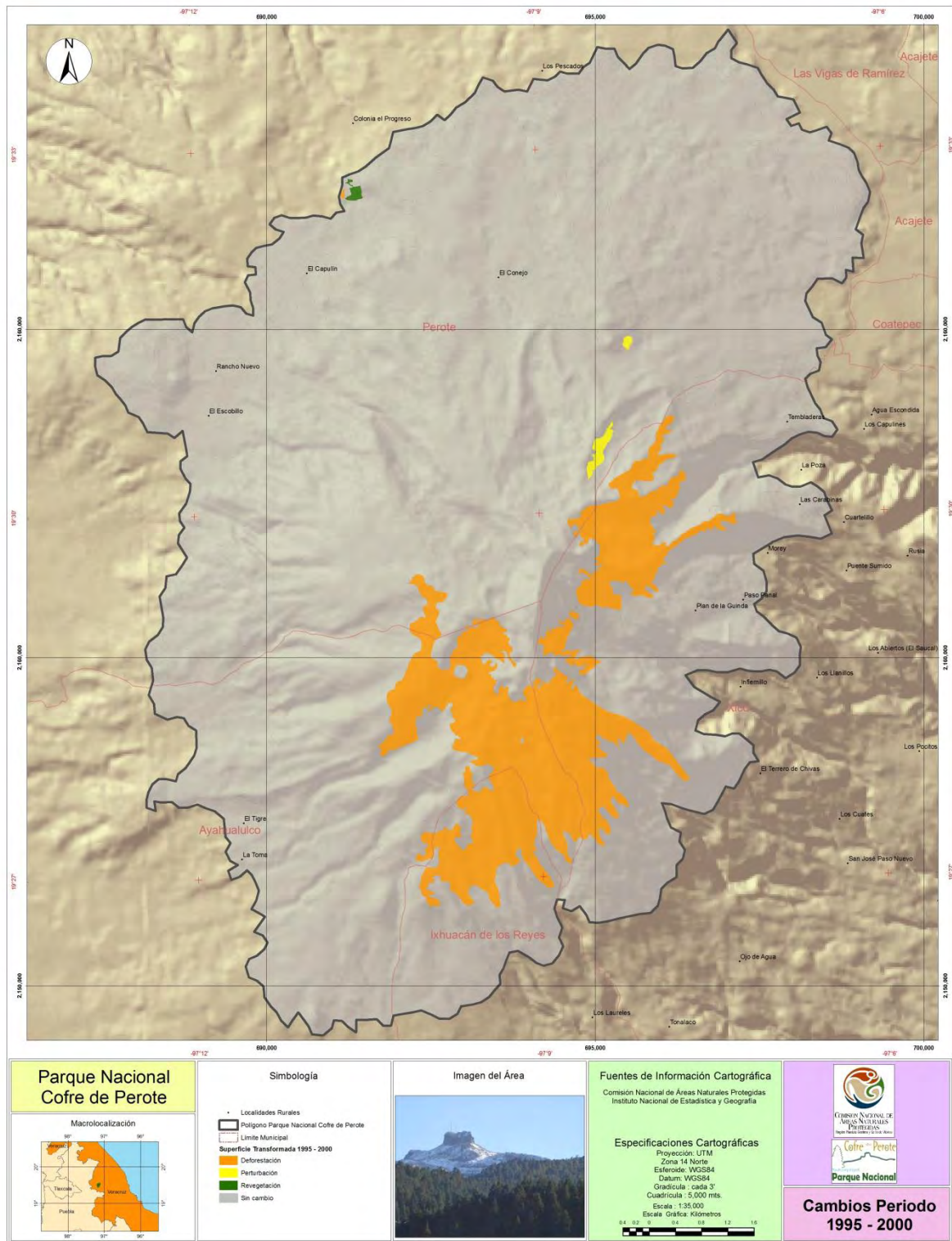


Figura 10. Mapa de cambios del periodo 1995 - 2000 del PN Cofre de Perote.

Para el periodo 2000 – 2004 los cambios identificados (Figura 11) en su mayoría son positivos, esto debido principalmente a la revegetación de pastizales en la zona impactada por incendios y por el abandono de tierras agrícolas y de pastoreo en algunos sitios, propiciando la regeneración de bosques.

La matriz de transición (Tabla 8) para este periodo, indica una transformación de 248.29 has. de pastizales, de las cuales, 227.81 cambiaron a Bosque de Oyamel, 19.86 se transformaron a Bosque de Pino y 0.62 a Bosque de Pino-Encino. Se presenta también una revegetación de 40.94 has. de área impactada por incendio a Bosque de Pino y de 1,048.35 a Pastizales; En la zona agrícola ocurre una revegetación de 109.94 has de las cuales 16.63 cambiaron a Bosque de Oyamel, 84.35 a Bosque de Pino y 8.96 a Bosque de Pino-Encino.

Los cambios negativos ocurren en algunas zonas de Bosque de Pino con 272.76 has. transformadas a Pastizales y 1.68 a zonas agrícolas.

Clases	2004									
	Bosque de Oyamel	Bosque de Pino	Bosque de Pino Encino	Pradera de Alta Montaña	Pastizales	Área impactada por incendio	Zona Agrícola	Asentamiento Humano	Cuerpo de Agua	Total general 2000
2000	Bosque de Oyamel	1,611.17								1,611.17
	Bosque de Pino		2,465.99			272.76	1.68			2,740.42
	Bosque de Pino-Encino			749.19						749.19
	Pradera de Alta Montaña				275.87					275.87
	Pastizales	227.81	19.86	0.62		901.21				1,149.49
	Área Impactada por incendio		40.94			1,048.35	0.00			1,089.29
	Zona Agrícola	16.63	84.35	8.96				3,732.37		3,842.31
	Asentamiento Humano								87.80	87.80
	Cuerpo de Agua									4.19
	Total General 2004	1,855.61	2,611.14	758.77	275.87	2,222.32	0.00	3,734.05	87.80	4.19

Tabla 8. Matriz de Transición del periodo 2000 - 2004 del PN Cofre de Perote.

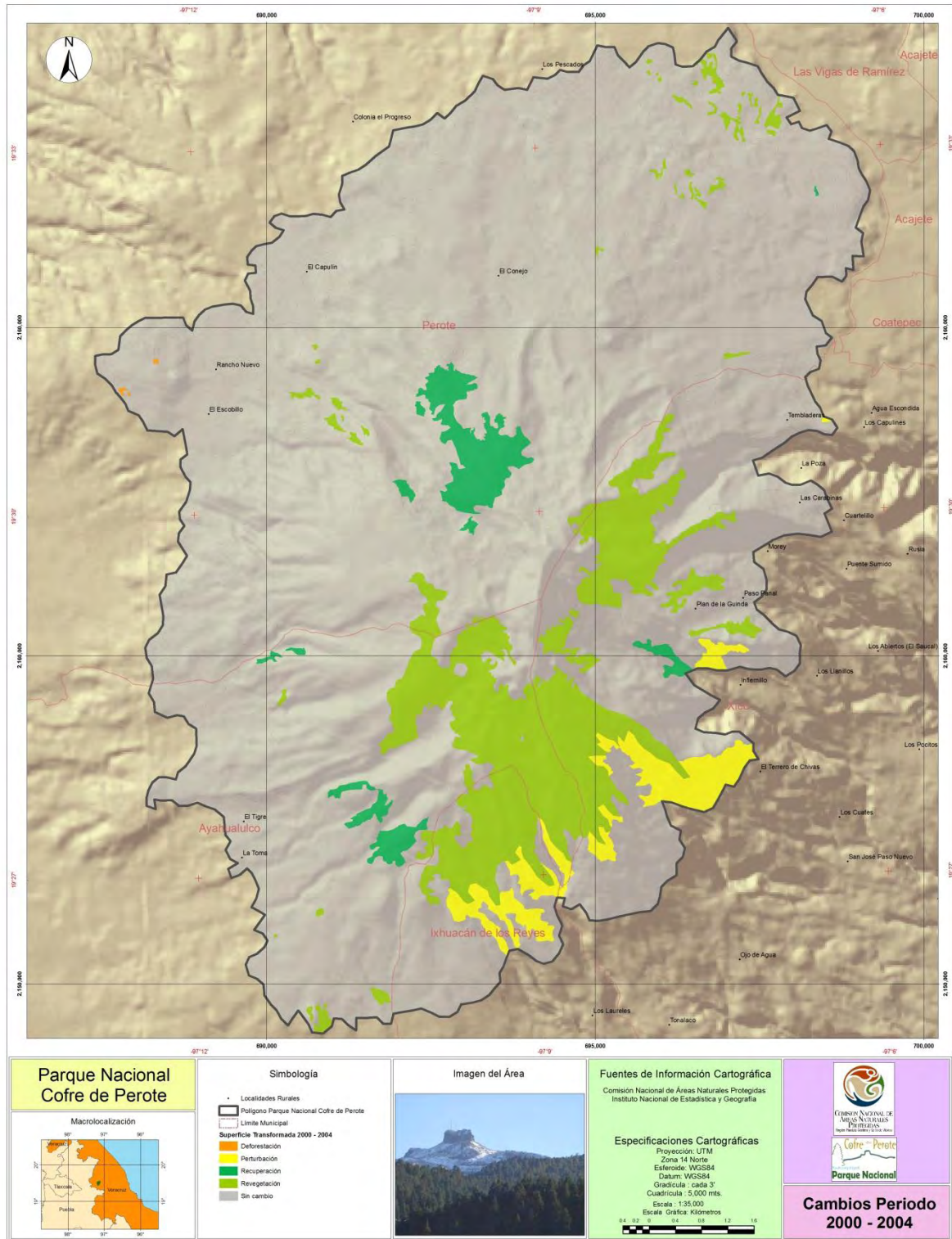


Figura 11. Mapa de cambios del periodo 2000 - 2004 del PN Cofre de Perote.

Durante el periodo 2004 – 2008 la mayor parte de los cambios son igualmente positivos (Figura 12), debido también a la disminución del pastoreo y actividad agrícola en algunos sitios.

Los cambios negativos se reportan en porciones de 2.96 has. de Bosque de Oyamel transformados a pastizales, 10.52 has. de Bosque de Pino transformadas a zonas agrícolas y 0.94 has. de Bosque de Pino-Encino cambiaron a agricultura.

Los cambios positivos fueron 54.43 has. de Pastizales recuperadas a Bosque de Oyamel y 1.12 de pastos a Bosque de Pino; 37.22 has. de agricultura con revegetación de 25.32 a Bosque de Oyamel, 10.41 a Bosque de Pino y 1.49 a Bosque de Pino-Encino.

	2008									Total general 2004	
	Bosque de Oyamel	Bosque de Pino	Bosque de Pino Encino	Pradera de Alta Montaña	Pastizales	Área impactada por incendio	Zona Agrícola	Asentamiento Humano	Cuerpo de Agua		
2004	Bosque de Oyamel	1,852.65				2.96					1,855.61
	Bosque de Pino		2,600.62				10.52				2,611.14
	Bosque de Pino-Encino			757.83			0.94				758.77
	Pradera de Alta Montaña				275.87						275.87
	Pastizales	54.43	1.12			2,166.78					2,222.32
	Área Impactada por incendio						0.00				0.00
	Zona Agrícola	25.32	10.41	1.49				3,696.83			3,734.05
	Asentamiento Humano								87.80		87.80
	Cuerpo de Agua									4.19	4.19
	Total General 2008	1,932.39	2,612.15	759.32	275.87	2,169.74	0.00	3,708.29	87.80	4.19	11,549.75

Tabla 9. Matriz de Transición del periodo 2004 - 2008 del PN Cofre de Perote.

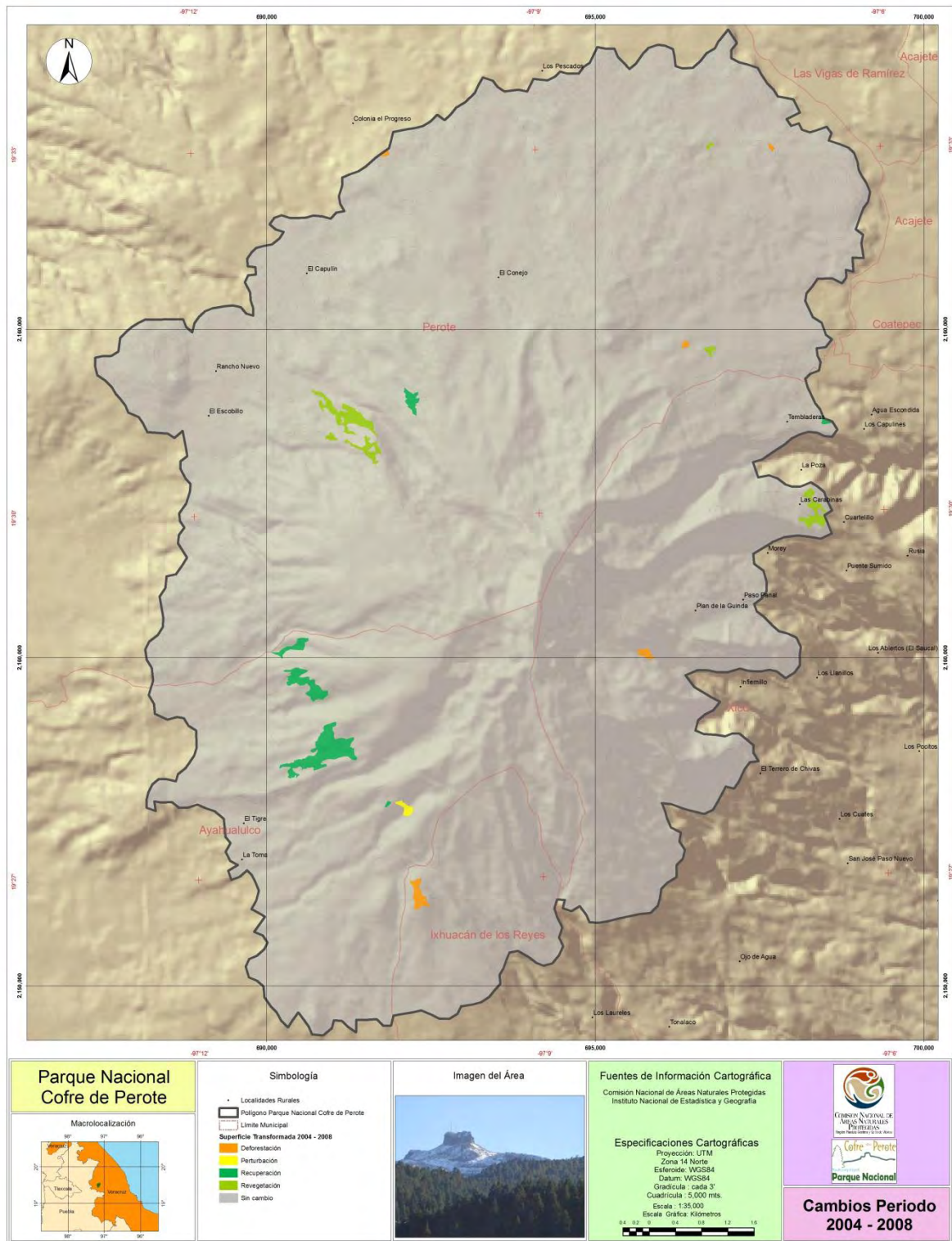


Figura 12. Mapa de cambios del periodo 2004 - 2008 del PN Cofre de Perote.

Los cambios del periodo 2008 – 2012, (Figura 13) son en mayor proporción negativos, ocasionados por la tala ilegal y por el establecimiento de nuevas áreas agrícolas.

La matriz de transición de este periodo (Tabla 10) nos indica que se perdieron 6.66 has. de Bosque de Oyamel transformadas a zonas agrícolas, 7.26 has. de Bosque de Pino cambiaron a Pastizales y 18.52 has. de Bosque de Pino se transformaron en zonas agrícolas.

Para los cambios positivos solo se identificaron 0.48 has. de zonas agrícolas con revegetación a Bosque de Pino.

Clases	2012									
	Bosque de Oyamel	Bosque de Pino	Bosque de Pino Encino	Pradera de Alta Montaña	Pastizales	Área impactada por incendio	Zona Agrícola	Asentamiento Humano	Cuerpo de Agua	Total general 2008
2008	Bosque de Oyamel	1,925.73					6.66			1,932.39
	Bosque de Pino		2,586.37			7.26	18.52			2,612.15
	Bosque de Pino-Encino			759.32						759.32
	Pradera de Alta Montaña				275.87					275.87
	Pastizales					2,169.74				2,169.74
	Área Impactada por incendio						0.00			0.00
	Zona Agrícola		0.48					3,707.81		3,708.29
	Asentamiento Humano								87.80	87.80
	Cuerpo de Agua									4.19
	Total General 2012	1,925.73	2,586.85	759.32	275.87	2,177.00	0.00	3,732.99	87.80	4.19

Tabla 10. Matriz de Transición del periodo 2008 - 2012 del PN Cofre de Perote.

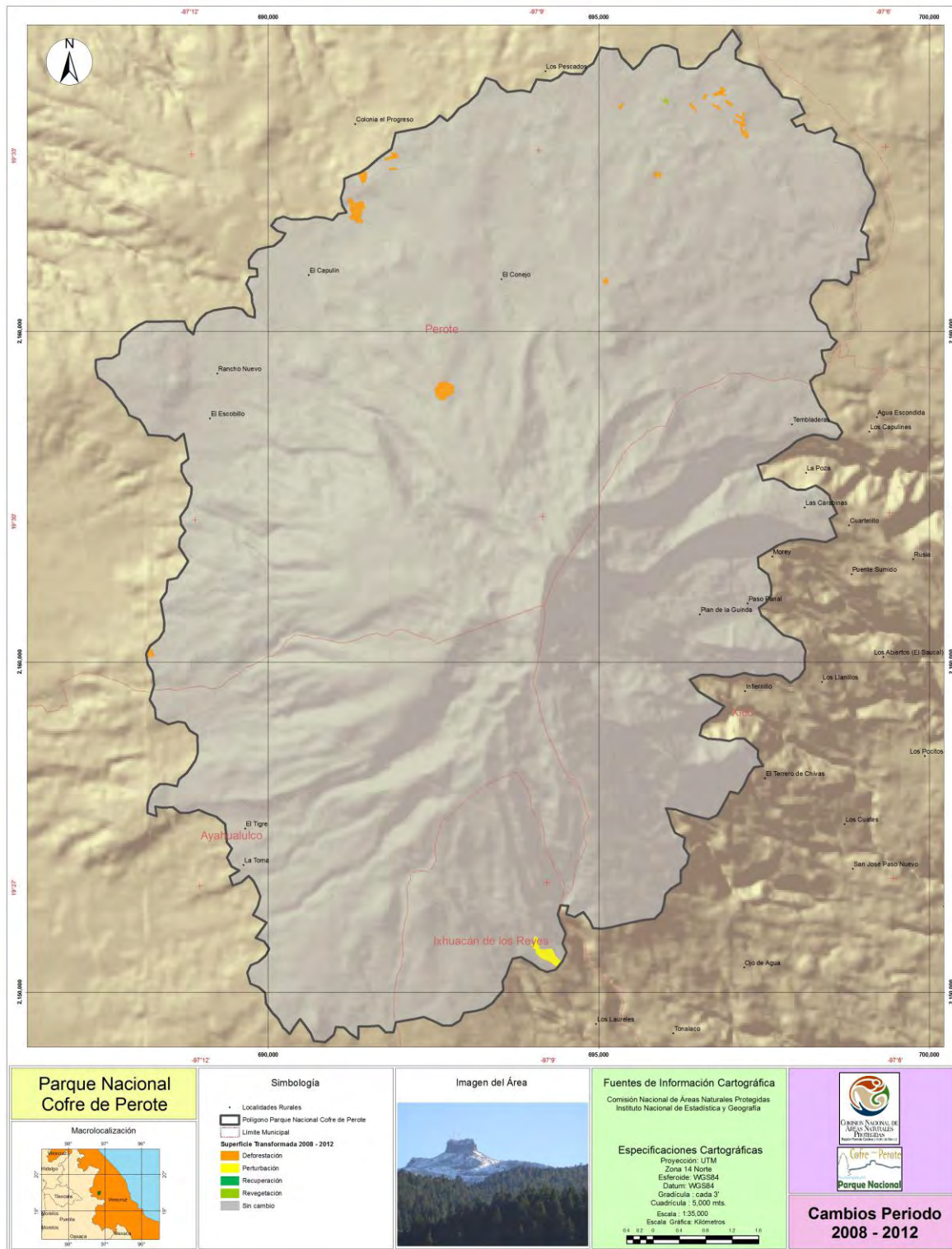


Figura 13. Mapa de cambios del periodo 2008 - 2012 del PN Cofre de Perote.

7.5. Tasa de Transformación del Hábitat

La tasa de transformación del hábitat del Parque Nacional Cofre de Perote para el periodo 1995 – 2012 es de 0.91 % (tabla 11), con una disminución total de 928 has. de cobertura forestal, a lo largo de 17 años, con un promedio de 55 has. perdidas por año; lo cual, no representa una tasa muy elevada comparándola con otras ANP's del país; sin embargo, para el periodo 1995 – 2000 se reporta una tasa muy superior de 3.65%, con una pérdida de 1,099 has. de bosque y un promedio de 220 has. por año; lo cual rebasa considerablemente la tasa promedio nacional de 2%.

Para los periodos 2000 – 2004 y 2004 – 2008 las tasas se reportan negativas -0.58% y -0.35% con una ganancia de 125 has. y 78 has. de cobertura vegetal y un promedio de 31 y 20 has. por año respectivamente y finalmente para el periodo 2008 – 2012 la tasa es de 0.14 % con un pérdida de 32 has. de cubierta vegetal con un promedio de 8 has. perdidas por año.

Las figuras 14 y 15 nos muestran gráficamente la tendencia decreciente de la cubierta vegetal y ascendente para las coberturas no forestales y el comportamiento de las tasas de cambio de los periodos analizados y en el mapa de la figura 16 se muestra la ubicación geográfica de los cambios a través de las distintas fechas.

Periodo	Sup. fecha1	Sup. fecha2	Cambio (Ha)	Años	Tasa de cambio	Tasa de cambio anual (%)	Ha/Año	Cambio acumulado
1995 - 2000	6,476.04	5,376.65	-1,099	5	0.036525	3.65	-220	-1,099
2000 - 2004	5,376.65	5,501.39	125	4	-0.005750	-0.58	31	-975
2004 - 2008	5,501.39	5,579.73	78	4	-0.003541	-0.35	20	-896
2008 - 2012	5,579.73	5,547.77	-32	4	0.001435	0.14	-8	-928
1995 - 2012	6,476.04	5,547.77	-928	17	0.009060	0.91	-55	

Tabla 11. Tasa de Transformación del Hábitat del PN Cofre de Perote del periodo 1995 – 2012.

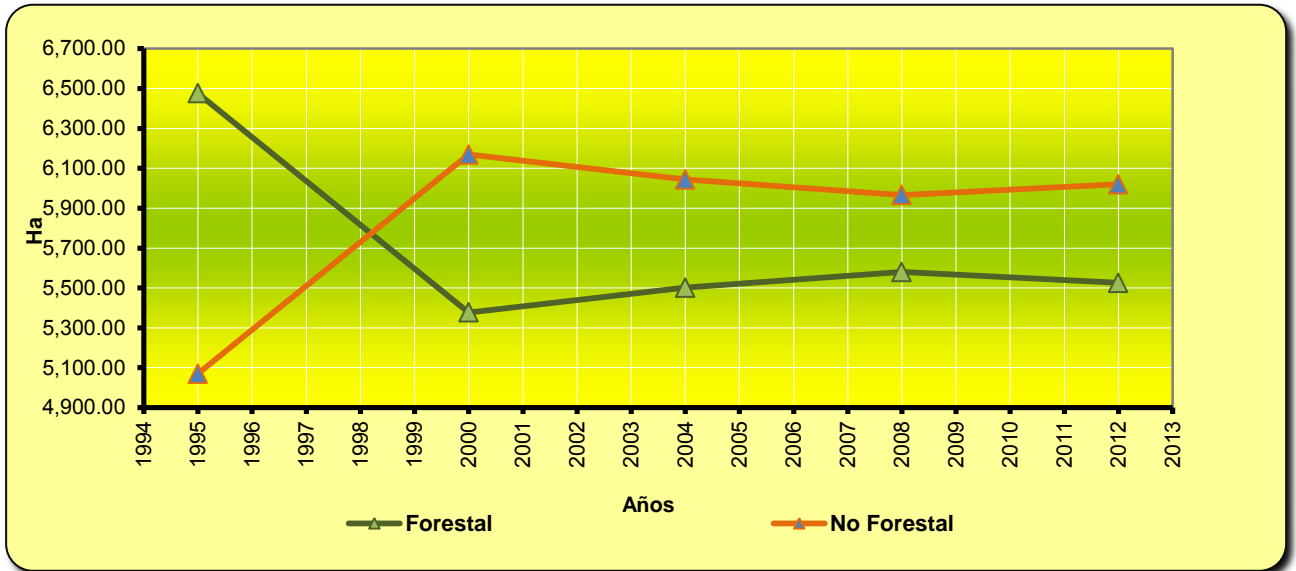


Figura 14. Gráfica de tendencia de coberturas forestales y no forestales de 1995 a 2012 en el PN Cofre de Perote.

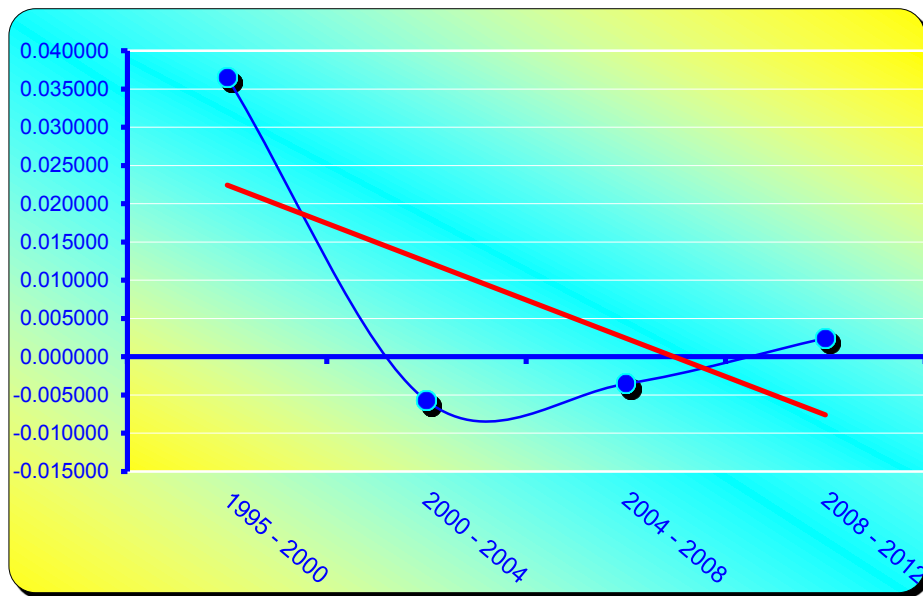


Figura 15. Gráfica de comportamiento de la tasa de transformación del hábitat de 1995 a 2012 en el PN Cofre de Perote.

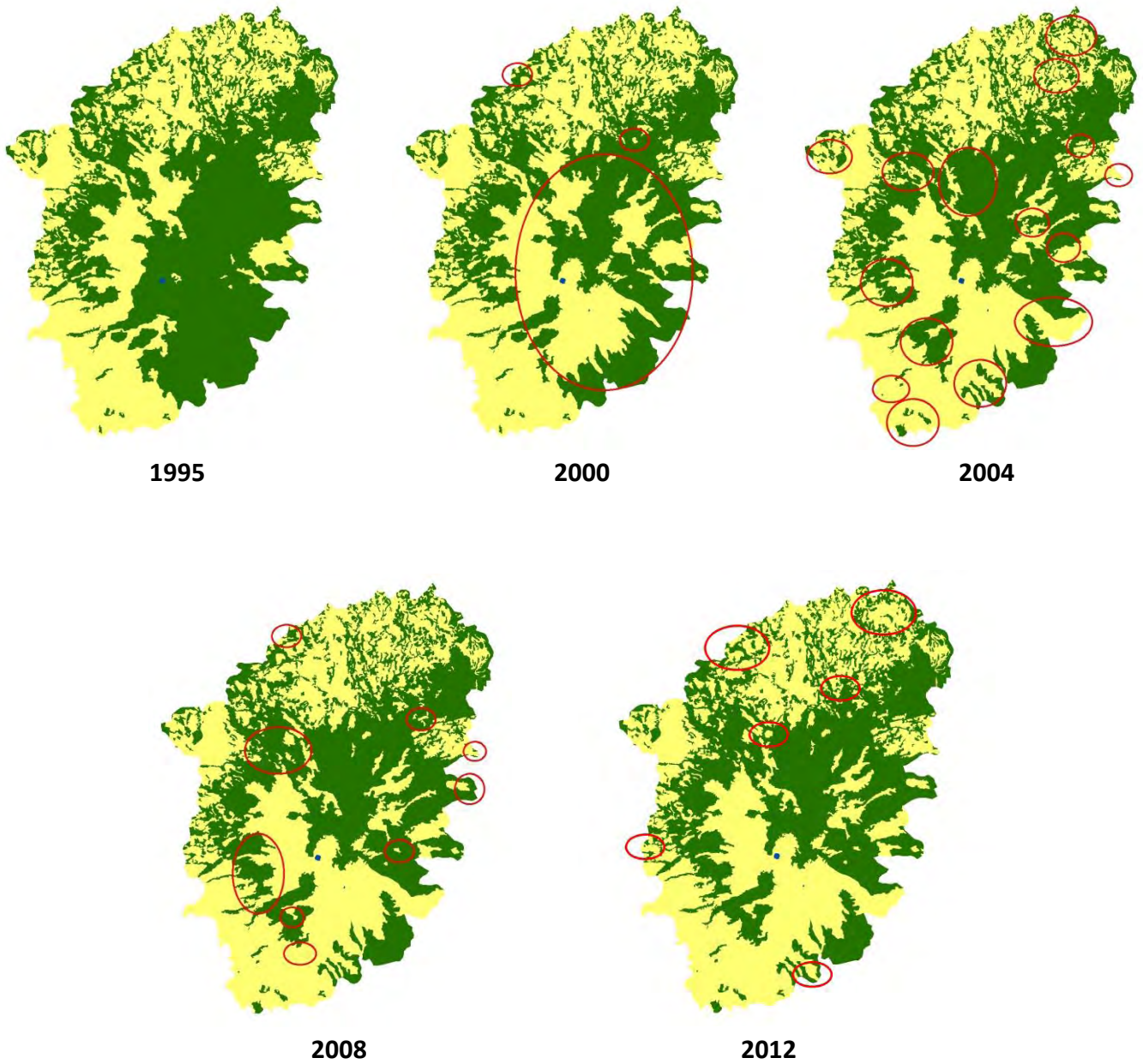


Figura 16. Cambios detectados en cada fecha analizada.

8. Conclusión

Los resultados de este estudio muestran que la mayor transformación ocurrida en los periodos de análisis, fue del año 1995 al año 2000, con una pérdida de cobertura boscosa que representa el 9.43% de la superficie total del Área Natural Protegida, ocasionada por un incendio forestal de grandes dimensiones registrado en el año 1998.

Con base a este resultado, se pudiera concluir que la causa principal de la transformación negativa o pérdida de cobertura forestal en el Parque Nacional Cofre de Perote del periodo de 17 años que comprende este estudio (1995 -2012), son los incendios forestales.

Sin embargo, la perturbación que ha sufrido esta zona data de muchos años atrás del periodo analizado en este estudio, y de acuerdo a cifras y gráficas presentadas, la zona agrícola, junto con la superficie de pastizales inducidos y asentamientos humanos representan actualmente el 51.93% de la superficie total del ANP y con ello se puede concluir que la mayor afectación es propiciada por las actividades humanas, principalmente por la agricultura y el pastoreo, extendidos a gran escala en la región circunvecina, rebasando los límites del Área Protegida y afectando severamente sus ecosistemas.

La tasa de transformación del Parque Nacional Cofre de Perote para el periodo completo analizado (1995 – 2012) de 0.91 %, resulta relativamente baja si se compara con la tasa promedio nacional de Áreas Naturales Protegida Federales (2%), sin embargo, como ya se mencionó, el mayor daño en esta región, proviene de tiempo atrás y si se ampliara el análisis a más de 40 años retrospectivos, seguramente la tasa resultaría mucho más elevada, rebasando incluso el promedio nacional.

Bibliografía citada

- García, A., Montoya, Y., y Corona, M.C., 2009. *Uso del suelo, fragmentación y degradación de los bosques templados del centro de México*. México, D.F., Puebla, Pue.
- Montero, I., 2012, *Ipan tepeme ihuan oztome - Cofre de Perote, Naucampatepetl*, México, D.F.
Consultado en: <http://montero.org.mx>
- Pedraza, R., Hoyos, A., Álvarez, R. e Inzunza, E. 2009. *Cambio de uso de suelo en la vertiente oriental del Parque Nacional Cofre de Perote y sus áreas circunvecinas*. Jalapa, Ver.
- Rodríguez, J.L., 2010. *Tesis: Edad y caracterización sedimentológica de los depósitos reciente de avalancha y flujo de escombros del volcán Cofre de Perote, Veracruz, México*. México, D.F.
- SEMARNAT/CONANP, 2007. *Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2007 – 2012*. México, D.F.
- SIG-CONANP, 2007. *Protocolo para la evaluación del Uso del Suelo y Vegetación en Áreas Naturales Protegidas Federales de México*. Morelia, Mich.
- Spot Imagine, 2005. *Niveles de preprocesamiento y precisión de localización* Consultado en: http://lpais.fii.gob.ve/files/Manual_niveles_procesamiento.pdf
- UV, 2008. *Borrador del Programa de Conservación y Manejo del PN Cofre de Perote*, Jalapa, Ver.
- Vázquez, M. 2012. *Diversidad vegetal y propuestas de aprovechamiento en el Parque Nacional Cofre de Perote*. Jalapa, Ver.