

**TASA DE TRANSFORMACIÓN DEL HABITAT
DEL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA BALA'AN K'AAX
2000-2005**

BK

04/03/2005

608/311

13/02/2005

609/312

15/04/2005

609/311

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
Región Península de Yucatán

Gerardo Antonio Ríos Sais
Coordinador de SIG

Montserrat Trigo Mendoza
Técnico en Sistema de Información Geográfica

Liliana Herrera Anzures
Técnico en Sistema de Información Geográfica



COMISION NACIONAL DE
ÁREAS NATURALES
PROTEGIDAS

Uso de imágenes SPOT

© CNES 2005, producida por ACERCA-CONANP bajo licenciad e SPOT Image, S.A.
SEMAR-SAGARPA-ASERCA-CONANP2007.



El 19 de Febrero de 2004, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) firmó el documento denominado “Compromiso de confidencialidad y especificaciones de copyrigh y derechos de propiedad intelectual, para el uso de productos básicos (SPOT) extraídos en la ERMEXS (Estación de Recepción México de la Constelación SPOT)”.



Septiembre, 2007

Tabla de contenidos

1.	Introducción.....	1
2.	Antecedentes.....	1
3.	Objetivos.....	2
3.1.	Objetivo general.....	2
3.2.	Objetivos Particulares	2
4.	Justificación.....	2
5.	Descripción Del Área	3
6.	Materiales Y Métodos.....	7
6.1.	Selección de imágenes.....	7
6.2.	Clasificación de las imágenes.....	9
6.2.1.	Descripción de las clases obtenidas	9
6.3.	Verificación en campo.....	10
6.3.1.	Matriz de confusión	12
6.4.	Vectorización.....	12
6.5.	Generación de clasificación antigua.....	13
6.6.	Cruce de clasificaciones.....	15
6.7.	Tasa de transformación del hábitat	15
7.	Resultados Y Discusión	15
7.1.	Mapas de clasificación.....	15
7.2.	Superficies clasificadas.....	18
7.3.	Matriz de cambio.....	19
7.4.	Tasa de transformación del hábitat	23
8.	Conclusiones.....	23
9.	Comentarios finales.....	23
10.	Bibliografía.....	25
	ANEXO 1. Productos obtenidos	27
	ANEXO 2. Clases.....	28
	ANEXO 3. Muestras De Imágenes Satelitales	29
	ANEXO 4. Descripción de las matrices de confusión.....	30
	ANEXO 5. Glosario	32

Siglas empleadas en el documento

Sigla	Nombre completo
ANP	Área Natural Protegida
APFFBK	Área de Protección de Flora y Fauna Bala'an K'aax
CBGADS	Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable
CCAD	Comisión Centroamericana del Ambiente y Desarrollo
CEAGI	Cooperativa de Enseñanza y Aprendizaje Geográfico Integral
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONANP	Comisión Nacional De Áreas Naturales Protegidas
DOF	Diario Oficial De La Federación
FAO	Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación (United Nations' Food And Agriculture Organization)
FMCN	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C
INE	Instituto Nacional de Ecología.
MAB	Programa hombre y la biosfera, Naciones Unidas (Man and biosphere)
SEMAR	Secretaria De Marina
SPOT	Satélites para la observación de la tierra (Satellites D'observation De La Terre)

1. Introducción

En la actualidad, los bosques y selvas sufren la presión de la expansión demográfica que frecuentemente lleva a su conversión o degradación a estados insostenibles de uso de la tierra. Cuando se pierden los bosques o se degradan de forma irreparable, éstos pierden su capacidad funcional en el medio ambiente, lo que provoca un aumento de las posibilidades de inundaciones y erosión, reduciendo la fertilidad del suelo y contribuyendo a la pérdida de plantas y animales; entre otros efectos nocivos y no completamente estudiados. De esta manera, el suministro de bienes y servicios del bosque se ve en peligro (FRA., 2001).

El 10 por ciento de los bosques del mundo están situados en áreas protegidas, según las estimaciones de la evaluación de los recursos forestales mundiales 2000 de la FAO. En México, las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) representan el instrumento de política ambiental de la nación con mayor definición jurídica para la conservación de la biodiversidad. Son ambientes originales o representativos del territorio nacional con una alteración nula o poco significativa por parte del ser humano y requieren ser preservadas y restauradas; y estas están vinculadas al régimen previsto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). La creación de ANPs es parte de una estrategia para la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad de México a través de su aprovechamiento sustentable (LGEEPA, 1997).

Parte de los planes y estrategias de conservación de las ANPs es el estudio analítico de los cambios que sufren a lo largo del tiempo por diversos factores como la actividad humana o los fenómenos naturales. La vegetación constituye el elemento más importante para los ecosistemas y hábitats terrestres, albergando a todos los demás componentes de la biodiversidad es el sustento de la fauna y la biodiversidad en general, y además es un elemento clave para monitorear los impactos ambientales.

La percepción remota como herramienta para el análisis de los cambios de estos hábitats resulta la opción más eficiente debido a la inaccesibilidad de ciertas zonas de estudio y las extensiones de las superficies de las ANPs, entre otros motivos. En los últimos 40 años se han realizado numerosos estudios de evaluación de la deforestación en todos los niveles, sobre todo de los bosques tropicales, con utilización de sistemas de teledetección (Lanly 2003).

2. Antecedentes

En México, durante los últimos años se han realizado diversos trabajos para conocer la situación que guardan los recursos naturales del país y estimar la tasa de transformación a través de la generación de los inventarios forestales. La evaluación más reciente de la superficie ocupada por las diferentes formas de uso del suelo en México es la Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) la cual describe el estado de la cubierta vegetal del país hasta el año 2002 a escala 1:250,000.

Por su parte, la Subdirección de Información Espacial de la Dirección de Seguimiento y Evaluación de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) considera la necesidad de mejorar los mecanismos de evaluación y monitoreo para que sean más confiables y describan la dinámica del capital natural que resguarda México en sus diversos ecosistemas en las ANPs. Para tal fin es necesario contar con bases de datos multitemporales y multiescala, compatibles en sus categorías y calidad geográfica que permitan responder a estas demandas de manera eficaz. Asimismo, el establecer una línea de base para las ANPs permitirá hacer comparaciones a través del tiempo.

Para este fin se creó el “Protocolo para la evaluación del Uso del Suelo y Vegetación en Áreas Naturales Protegidas Federales de México”, que tiene como objetivo establecer una base conceptual y metodológica para la evaluación cuali-cuantitativa de los ecosistemas que componen las ANPs. El objetivo fundamental es estimar la Tasa de Transformación del Hábitat al interior de las ANPs terrestres a través del análisis multitemporal de la cobertura de Uso de Suelo y Vegetación. Esto se logra mediante el empleo de imágenes de satélite y el apoyo con información vectorial actualizada y trabajo de campo.

Para determinar un método de procedimiento estándar, la CONANP consideró los lineamientos establecidos por la FAO recomienda una fórmula determinada para el estudio mundial de la transformación de hábitats. El documento de la FAO estandariza el método de estudio y su uso generalizado permite la comparación entre diferentes estudios.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Estimar la tasa de transformación del hábitat en el Área de Protección de Flora y Fauna Bala'an K'aax para el periodo 2000-2005 mediante el análisis de imágenes de satélite y la aplicación de herramientas de geoprocésamiento.

3.2. Objetivos Particulares

- Conocer la distribución de tipos de vegetación y uso de suelo dentro del ANP
- Identificar y localizar los avances de la frontera entre las coberturas forestales y no forestales
- Generar una línea base de información geográfica para comparaciones futuras

4. Justificación

Tanto las actividades antropogénicas como los desastres naturales pueden afectar las comunidades naturales. Las ANPs no resultan ajenas a dichas situaciones, por tanto se vuelve prioritario conocer el tipo de impacto de dichas influencias, así como su magnitud y ubicación al interior de ellas. La deforestación, por ejemplo, afecta los aspectos biológicos y utilitarios de la integridad de los ecosistemas, traduciéndose negativamente en una baja o nula disponibilidad de bienes y servicios forestales, tales como pérdida de hábitat, nula fijación de bióxido de carbono, etc. La FAO ha establecido la necesidad de disponer de información confiable para la estimación de los cambios de cobertura forestal, tanto positiva como negativa. De acuerdo a lo anterior, cada vez se considera un asunto de mayor importancia a nivel mundial conocer el grado de perturbación del medio ambiente como una base indispensable para conocer la evolución de la cobertura forestal y planificar el manejo sostenido de los bosques y selvas (FRA, 2001).

Para apreciar estos cambios es necesario monitorear la cobertura forestal y no forestal a lo largo del tiempo. A través del monitoreo sistemático y periódico, partiendo de un línea base de información, se pueden conocer las tendencias en el comportamiento de los ecosistemas. Los resultados de estas evaluaciones permitirán saber como y donde ocurren cambios negativos con el fin de poder identificar y dirigir acciones específicas hacia ellos, y por tanto prevenir dichos cambios negativos.

Asimismo, el Programa de Manejo y Conservación propuesto para el APFFBK, contempla dentro del Subprograma de restauración se encuentran los siguientes componentes que hacen referencia a la necesidad de este proyecto:

- Componente conectividad e integridad del paisaje

Relativo a detectar, prevenir y detener toda actividad que fragmente los ecosistemas presentes en el APFFBK.

- Componente reforestación y restauración de ecosistemas
Incluye la Identificación a corto plazo y restaurar los ecosistemas que hayan sufrido algún impacto negativo derivado de las actividades antropogénicas o eventos naturales, así como, Fomentar la elaboración de estudios y mapas en los que se identifique el estado de conservación de las distintas zonas

Asimismo, en el Subprograma de conocimiento la necesidad de llevar a cabo el monitoreo dentro del ANP, tomando en cuenta los siguientes componentes:

- Componente sistemas de información
Que incluye en sus objetivos obtener imágenes de satélite y fotografía aérea del APFFBK y su área de influencia y
Asimismo, elaborar mapas de distribución de vegetación, fauna, edafología, ríos subterráneos, etc.
- Componente inventarios, líneas de base y monitoreo ambiental y socioeconómico
Aborda la integración, sistematización y seguimiento del conocimiento que se genere para el APFFBK será la base para la optimización de los recursos financieros y de las investigaciones en cuanto a sus alcances e impacto, tanto a los ecosistemas como a las comunidades presentes en la zona de influencia. Con estas herramientas se podrá dar seguimiento al estado de salud o condición de un ecosistema, recurso o comunidad, su situación previa y posterior de un evento ambiental (huracanes, incendios cambio climático, entre otros), así como a la situación de una actividad productiva o impacto antropogénico. Este tipo de información permitirá proyectar, por medio de planteamientos científicos, escenarios futuros de los recursos y ecosistemas.
- Componente planeación estratégica y actualización del programa de conservación y manejo
Destinado a identificar los cambios físicos, ambientales y socioeconómicos del APFFBK y su área de influencia que infieran en los objetivos planteados en el PCM

5. Descripción Del Área

Establecida mediante decreto presidencial publicado en el DOF el 03 de mayo de 2005, el Área de Protección de Flora y Fauna Bala'an K'aax (APFFBK) constituye un sitio cuyo hábitat requiere ser preservado para procurar el equilibrio ecológico y la protección de las especies de flora y fauna silvestres. El APFFBK alberga selva mediana subperennifolia y selva baja subperennifolia inundable (tipo de vegetación endémica de la península). Se encuentra en el estado de Quintana Roo en los municipios de José María Morelos y Othón P. Blanco, Quintana Roo. Es una zona muy despoblada, con algunos poblados muy pequeños a su alrededor. No se tiene registro de asentamientos históricos dentro de los límites del APFFBK.

Por otro lado, resulta un elemento importante para el desarrollo del Corredor Biológico Sian Ka'an – Calakmul, un componente del Corredor Biológico Mesoamericano. De esta forma se arma una cadena de protección y manejo forestal que garantiza la interconectividad de ecosistemas y la permanencia de la continuidad forestal de las selvas peninsulares en la denominada Selva Maya constituida. Con este objetivo surgió el Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), iniciativa a gran escala enfocada a la conservación de la diversidad biológica, el mantenimiento de los procesos ecológicos y el desarrollo sostenible. El APFFBK es parte de los vértices del CBM en México, junto con la Reserva de la Biosfera Calakmul, la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y las Zonas Sujetas a Conservación Ecológica Balam Kú y Balam Kin. El CBM juega un papel clave al evitar el aislamiento biológico de las ANP del sureste del país, garantizando el equilibrio de los ecosistemas terrestres y marinos presentes en ellas. El CBM enlaza gran parte de la selva maya, considerada como el macizo forestal más grande de México, que albergan una gran diversidad de especies

flora y fauna (endémicas, amenazadas o en peligro de extinción) y que es considerada una de las áreas prioritarias para la conservación de agua dulce.

A su vez, esta ANP en conjunto con la RB Calakmul forman parte de un macizo forestal que se extiende sobre el Petén Guatemalteco, Belice, los estados de Campeche, Chiapas y Quintana Roo, constituyendo la selva tropical más importante por su extensión en el Hemisferio Norte de América (CONANP).

Desde el 2 de febrero del 2004, el APFFBK se encuentra en el listado de la Convención de Ramsar. Esta convención considera que es necesario conservar los humedales pues figuran entre los ecosistemas más productivos de la tierra y son fuentes de diversidad biológica, ya que aportan el agua y la productividad primaria de la que innumerables especies vegetales y animales dependen para su supervivencia. Sus objetivos incluyen la conservación y el uso racional de los humedales, reconociendo que los humedales son ecosistemas extremadamente importantes para la conservación de la diversidad biológica en general y el bienestar de las comunidades humanas.

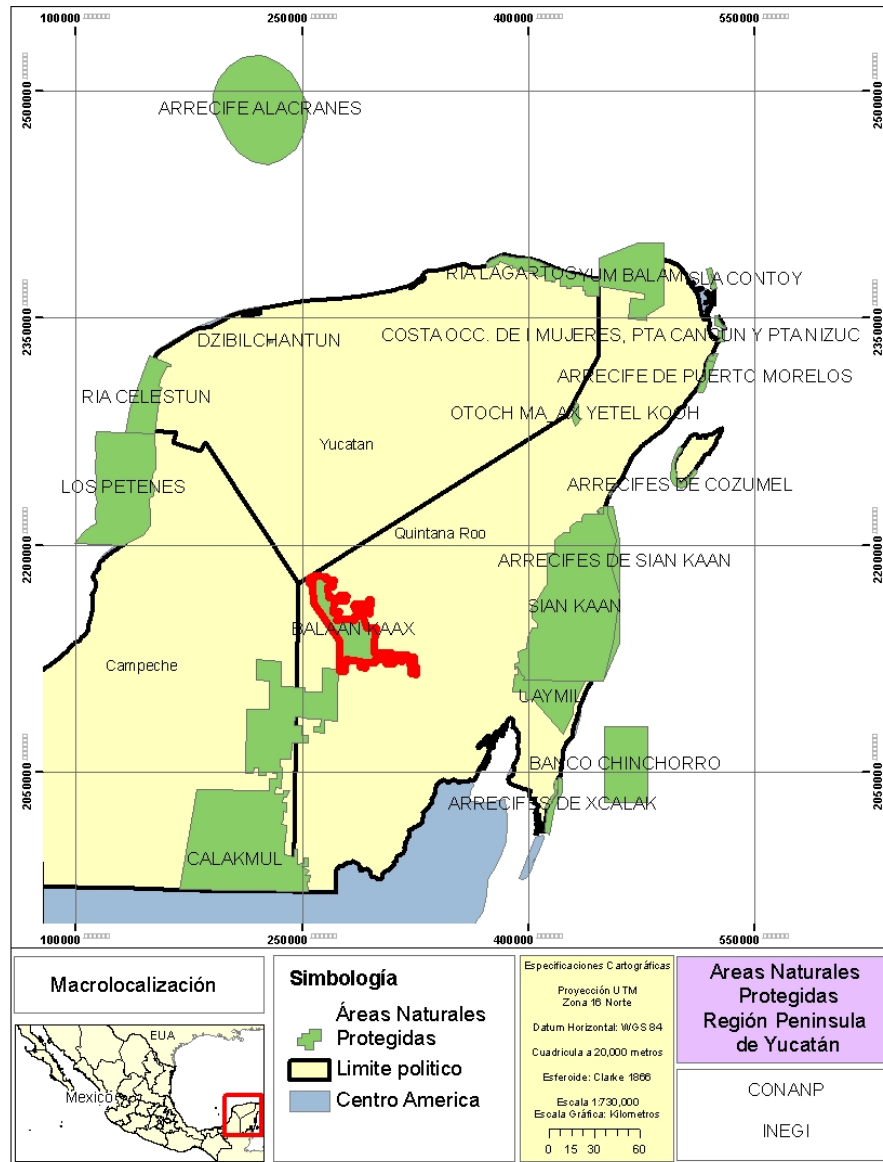


Figura 1. Red de Áreas naturales protegida sen la Región Península de Yucatán. El ANP del estudio esta delimitado en rojo

Dada la naturaleza kárstica del subsuelo de la península de Yucatán, la presencia de las superficies forestales del APFFBK y sus alrededores es crítica para mantener la captación del agua que alimenta al sistema hidrológico subterráneo, mismo que en su flujo hacia el mar alimenta a las comunidades de la región y a los humedales costeros, particularmente de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Los ecosistemas que conforman el APFFBK son fuente esencial para la captación de agua y la recarga de los mantos acuíferos en la región, proporcionan un importante servicio ambiental a las comunidades circundantes y permiten el adecuado desarrollo de los procesos ecológicos.

Desde tiempos remotos, en el centro de Quintana Roo se utilizó el sistema agrícola tradicional de roza-tumba-quema y se aprovechan selectivamente los recursos naturales. Posteriormente, se inició, con compañías extranjeras y nacionales, la explotación de maderas preciosas y de chicle. La ampliación de la frontera agrícola se implementó a través del empobrecimiento de la cobertura vegetal. De todo ello ha resultando un acelerado

proceso de destrucción de los bosques naturales del estado, poniendo en peligro no sólo la base de suministro de materia prima sino la propia estabilidad de los ecosistemas

El mes más seco recibe menos de 60 mm y la precipitación invernal respecto de la anual es superior a 10.2 %. La precipitación es de 800 a 1,000 mm entre mayo y octubre y de 150 a 300 mm desde noviembre hasta abril.

Clases de vegetación y uso de suelo

Existe una gran variedad de coberturas de vegetación, así como diferentes tipos de uso del suelo dentro del APFFBK, de los cuales podemos mencionar la descripción de los siguientes:

Acahual

Incluye la vegetación forestal terrenos que estuvieron en uso agrícola o pecuario en zonas tropicales y que cuentan con menos de veinte árboles por hectárea, con un diámetro mayor a 25 cm o bien, que teniendo árboles con diámetros normales de más de 15 cm, cuentan con un área basal por hectárea de menos de 40 m². Se trata de vegetación secundaria cuya característica depende del tiempo de formación y de las características propias de la región y sus alrededores (CBGADS, 2007).

Actividad agropecuaria

Esta categoría incluye todo tipo de agricultura en el que áreas relativamente pequeñas en zonas de bosque o selva son desmontadas y cultivadas durante uno o varios años y posteriormente son abandonadas al perder el suelo su fertilidad. Por lo general, la ganadería se practica en forma extensiva, con escasa tecnificación. Las cabezas de bovinos son destinadas principalmente a la producción de carne y leche. Se cuenta con granjas de cerdos y cría de traspatio. También se crían, a nivel familiar, borregos y aves destinados a la producción de carne.

Selva baja inundable subperennifolia

Áreas con vegetación arbórea de entre 4 y 15 m de altura, del 25% al 50% de los árboles pierden el follaje durante la época seca. Estas selvas suelen ser poco diversas y cuentan con unas 110 especies vegetales, dominando aquellas micrófilas, de troncos torcidos, copas estratificadas y espinas. Es conocida como *Ak'alche* en la terminología maya, proveniente de las palabras *akal*, pantano, estanque o aguada, y *che*, árbol o vegetación, refiriéndose a depresiones del terreno inundadas temporal o permanentemente, más o menos amplias y arboladas. las selvas bajas inundables son ecosistemas endémicos de la península de Yucatán.

Selva baja subperennifolia

Áreas con vegetación arbórea de entre 4 y 15 m de altura, del 25% al 50% de los árboles pierden el follaje durante la época seca. Se encuentra en suelos con drenaje deficiente. Su composición es parecida a la selva mediana subperennifolia, pero aparentemente por el efecto del viento y escaso desarrollo del suelo no alcanzan los árboles a desarrollarse plenamente.

Selva mediana subperennifolia

Áreas con vegetación arbórea con una altura de 15 a 20 m y con algunos individuos emergentes de más de 20 m. El diámetro predominante de los troncos es de entre 37 y 48 cm, aunque en algunos casos pueden llegar a 130 cm. Del 25 al 50% de los árboles pierden el follaje durante la época seca. Esta vegetación se

desarrolla en suelos rocosos, con pendientes y en hondonadas. El suelo donde se desarrolla esta selva es poco profundo, de color negro, con una capa de humus de 3 cm de espesor, en algunos sitios se inunda debido al deficiente drenaje; el porcentaje de suelo desnudo es bajo y la rocosidad menor del 2 %.

Sin vegetación aparente

Áreas desprovistas de vegetación o con una cobertura vegetal extremadamente baja.

Asentamiento humano

Comprende el área poblada donde existe infraestructura, de acuerdo con una traza urbana, a la que se le asocia un nombre.

6. Materiales Y Métodos

6.1. Selección de imágenes

Para cubrir la totalidad del Área De Protección De Flora Y Fauna, se seleccionaron tres escenas multiespectrales con una resolución espacial de 10 metros por píxel y una resolución espectral de 4 bandas, cuyas longitudes de onda se muestran en la siguiente tabla:

Banda	Longitud de onda (nanometros)	REGIÓN
1	50. a .59	Verde
2	61 a .68	Rojo
3	.79 a .89	IR cercano
4	1.58 a 1.78	IR onda corta

Las fechas de las escenas corresponden a los meses de febrero a abril de 2005, las imágenes tienen menos del 10% de nubosidad.

La línea base retrospectiva consiste en un mosaico de imágenes Landsat ETM+ ortorectificados circa 2000 que consiste en 2 bandas infrarrojas, y una banda (*Earth Satellite Corporation, 2004*).

La rectificación se hizo mediante el uso del programa ERDAS. Se manejó un RMS menor a 1.0 y se aplicó un modelo de transformación polinomial de 2° grado, obteniéndose finalmente imágenes con proyección en coordenadas UTM, esferoide WGS 1984 y datum horizontal WGS1984.

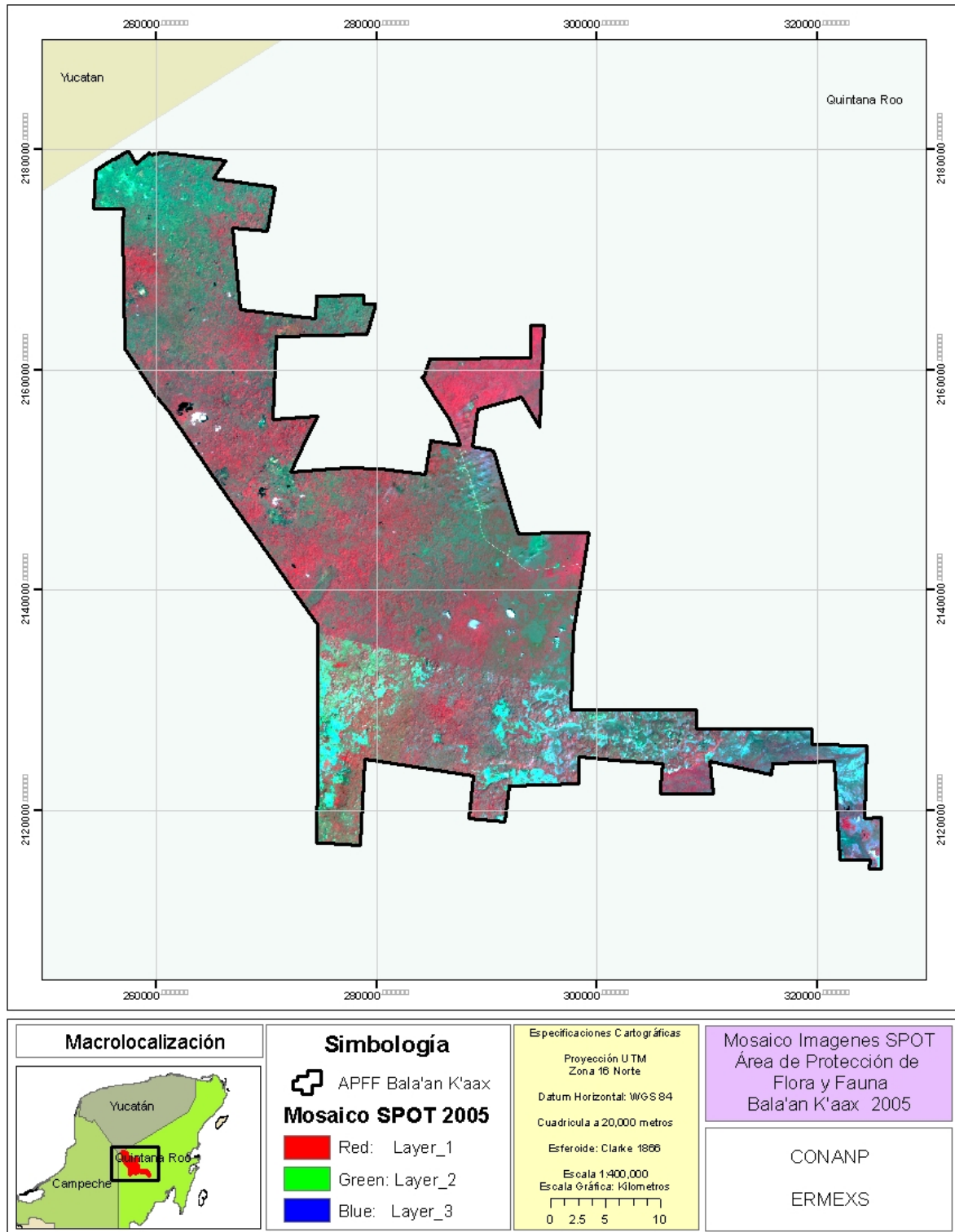


Figura 2. Imágenes SPOT utilizadas para la clasificación

6.2. Clasificación de las imágenes

Se realizaron 5 ensayos de clasificación supervisada y no supervisada comparándose los resultados obtenidos en cada caso, a fin de seleccionar el método que proporcionara mejores datos para el objetivo del análisis. Dado lo anterior, se optó por utilizar una clasificación no supervisada de 10 clases sobre un compuesto de falso color utilizando la combinación de banda 1:2:4. Posteriormente dichas clases fueron revisadas, valoradas y recodificadas obteniéndose 6 clases correspondientes a la vegetación y uso de suelo dentro de la reserva, añadiéndose una clase más para las zonas urbanas (Ver Tabla 1).

Cabe señalar que las áreas con nubosidad dentro de las imágenes fueron tratadas manualmente con el objeto de clasificarlas en función de las clases circundantes.

6.2.1. Descripción de las clases obtenidas

La escala de trabajo para el presente proyecto es 1:50,000, se revisaron las agrupaciones para corroborar su congruencia con la imagen multiespectral.

Las categorías resultantes del procedimiento de clasificación se nombraron en función del conocimiento previo del área y mediante el apoyo de información antecedente como la clasificación de la Serie III de INEGI (TABLA 1). La corroboración de esta nomenclatura quedó sujeta a los resultados de la verificación en campo. La correspondencia de las ocho clases de cobertura y uso de suelo para la RBC y la Serie III de INEGI se describe en la tabla 2.

Tabla 1. Clases obtenidas

Tipo de vegetación y uso de suelo
Achual
Actividad agropecuaria
Selva baja subperennifolia
Selva baja inundable subperennifolia
Selva mediana subperennifolia
Sin vegetación aparente
Asentamiento humano

Tabla 2. Clases obtenidas conforme nomenclatura INEGI

Formación	Tipo de vegetación y uso de suelo	Comunidad y otras coberturas
Cultivos	Agricultura (riego y humedad)	Agricultura de humedad
Selvas	Subperennifolia	Selva baja Selva mediana
Pastizal	Pastizal inducido	Pastizal inducido
Otros tipos de vegetación	Área sin vegetación aparente	Área sin vegetación aparente
Otras coberturas	Asentamiento humano	Asentamiento humano

6.3. Verificación en campo

Se eligieron puntos aleatorios de verificación a lo largo de las carreteras que se adentran en la reserva, los cuales se consideraron como representativos de la vegetación y uso de suelo y también de las firmas espectrales obtenidas y clasificadas. De esta manera, se recorrieron 150km haciendo pausas para registrar puntos de elegidos de manera sistemática a lo largo del camino. Se registro el tipo de vegetación al igual que el comportamiento de transición entre diferentes clases en 26 puntos. 18 de estos puntos se encuentran dentro del ANP, 16 de ellos en subzona de amortiguamiento y 2 dentro de subzona de preservación. Los 8 puntos restantes, aun estando fuera del ANP son representativos de los tipos de coberturas se encuentran protegidas (Figura 2).

Como resultado de esta verificación se hicieron algunas correcciones a la clasificación.

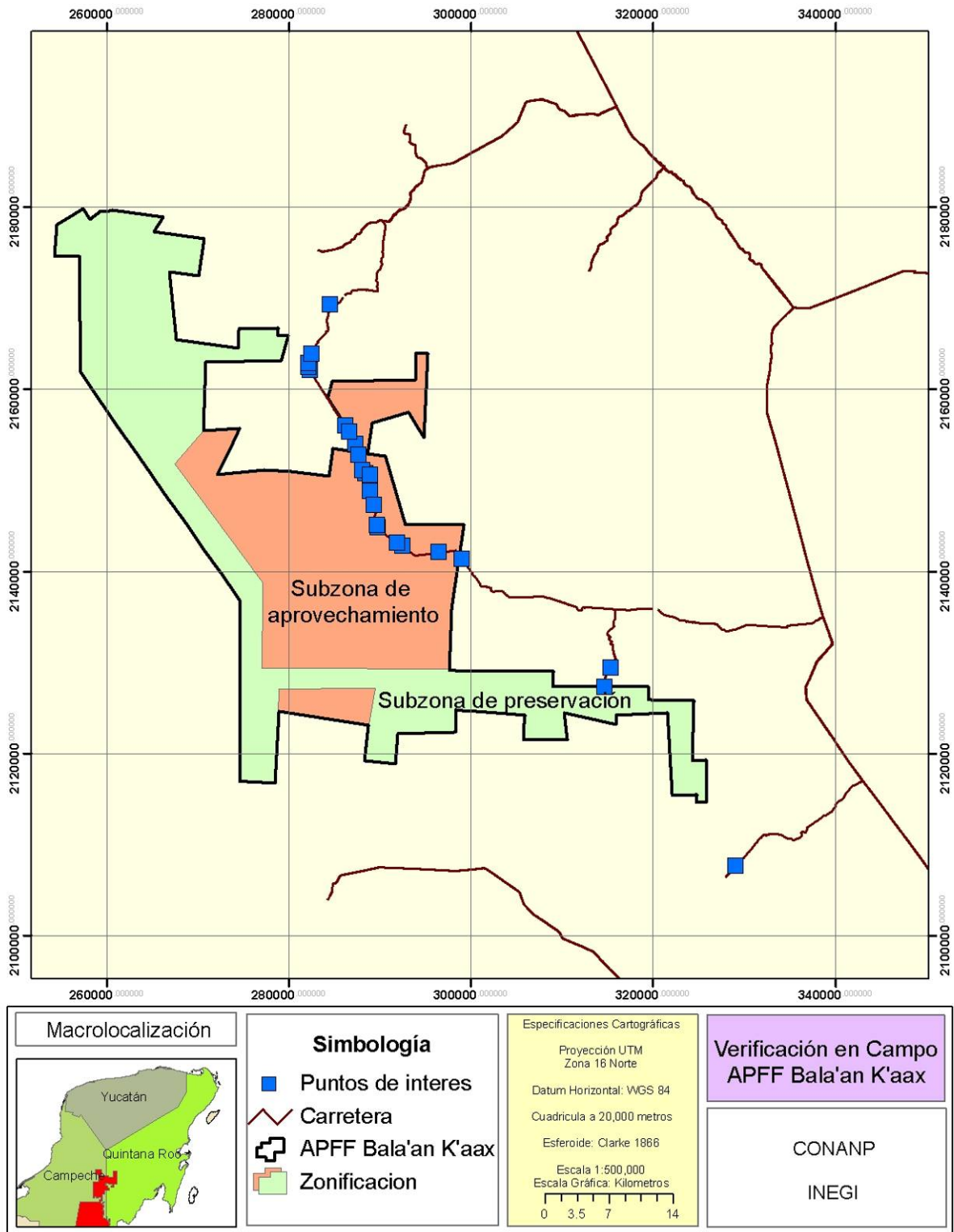


Figura 3. Mapa del recorrido de verificación

6.3.1. Matriz de confusión

Continuando con la evaluación de precisión de la clasificación, se generó la matriz de confusión mostrada en la Tabla 3, en la cual pueden evaluarse las muestras clasificadas correctamente (coloreadas de azul), así como los porcentajes de precisión del productor de la clasificación y la precisión esperada por el usuario para cada clase.

Tabla 3- Matriz de confusión.
Categoría de clasificación con percepción remota

Categoría en campo	Acahual	Agropecuario	Selva baja	Selva mediana	Asentamiento humano	Selva baja inundable	Sin vegetación aparente	Total general	Precisión del productor
Acahual	6	1						7	86%
Agropecuario	2	4					1	7	57%
Selva baja			5					5	100%
Selva mediana				3				3	100%
Asentamiento humano					3			3	100%
Selva baja inundable						1		1	100%
Total general	8	5	5	3	3	1	1	26	
Precisión del usuario	75%	80%	100%	100%	100%	100%	100%		

Como resultado de este análisis se considera que la clasificación tiene una precisión general del 85%.

Puntos verificados	26
Puntos clasificados correctamente	22
Precisión general	85%

De igual manera se aplicó a los datos de la tabla 3 otro indicador de precisión estadística denominado Coeficiente de Kappa, el cual evalúa la concordancia entre lo verificado en campo y lo clasificado a través de percepción remota. En el presente análisis, el coeficiente de Kappa arrojó un valor del 83%, lo cual lo sitúa en la categoría de muy buena concordancia. (Para más información sobre la matriz de confusión y el coeficiente Kappa, referirse al Anexo 4)

6.4. Vectorización

Tras finalizar la clasificación, y una vez incorporadas las observaciones derivadas de la verificación, se realizó la conversión de la capa temática de vegetación y uso de suelo en un vector suavizado. Este proceso se hizo de acorde al Protocolo CONANP 2007. Al mismo tiempo, se eliminaron aquellos polígonos inferiores a la Unidad Mínima Cartografiable, que para la escala manejada (1:50,000), es equivalente a 1ha.

6.5. Generación de clasificación antigua

El procedimiento para generar la clasificación antigua de vegetación y uso de suelo consistió en utilizar una imagen LANDSAT del año 2000 con una resolución espacial de 14.2m por píxel, la cual se comparó con la clasificación ya vectorizada, obtenida para el año 2005. De acuerdo a lo anterior, la clasificación base, se modificó en aquellos límites de áreas de vegetación y uso de suelo que mostraron cambio, es decir, se partió de la premisa de que la clasificación del año 2005 fue igual a la del año 2000 y por lo tanto, únicamente fue necesario alterar los polígonos que sufrieron modificaciones. Es importante señalar que existe un error implícito al comparar dos insumos de diferente resolución espacial y espectral.

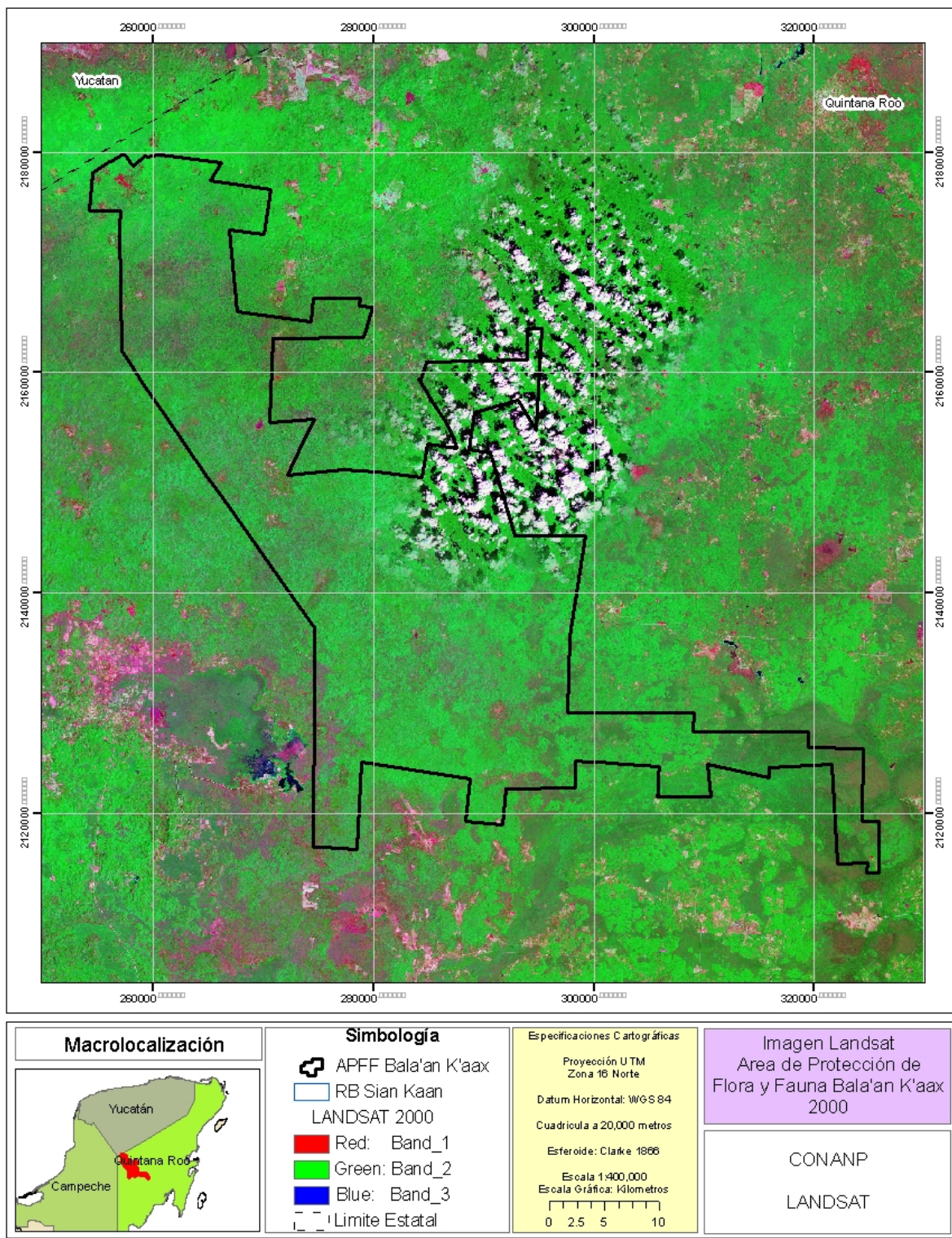


Figura 4. Imagen Landsat 2000

6.6. Cruce de clasificaciones

Una vez obtenidas las clasificaciones vectorizadas correspondientes al año 2005 y al año 2000, estas superficies se cruzaron mediante análisis de sobreposición con el objeto de identificar las zonas de cambio. Este proceso generó una nueva cobertura donde se indica la clasificación de cada polígono en ambas fechas logrando de esta forma determinar el tipo de cambio que se ha llevado a cabo en cada parte lugar.

Las problemáticas principales en el APFFBK consisten en el corte selectivo de los árboles mejor constituidos y de mayor valor económico, transformando la estructura original de la vegetación; desmonte de vegetación natural en las tierras destinadas a la producción de cultivos de temporal; incendios forestales, la tala clandestina, entre otros. Por ellos, los procesos de cambio a analizar en este proyecto son:

- Deforestación- vegetación natural forestal a no forestal (FAO,1996)
- Aforestación- vegetación no forestal a forestal (FAO,1996)
- Rotación - cuando se presentó cualquier tipo de cambio de una clase no forestales a otra clase no forestal.

Para poder visualizar de forma más efectiva los procesos, estos datos se presentan en una matriz de cambio esquematizada en la tabla 5. Esta matriz muestra en las filas, las superficies correspondientes a la clasificación del año 2005, y en las columnas, las correspondientes a la clasificación del año 2000.

6.7. Tasa de transformación del hábitat

Utilizando la siguiente formula, definida por la FAO en 1996 y simplificada en Ramírez y Zubieta (2005), se calculó la tasa de transformación del hábitat:

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

Donde: t = tasa de transformación
 S₁ = superficie en la fecha 1
 S₂ = superficie en la fecha 2
 n = número de años entre las dos fechas

Esta formula será aplicada al total de hectáreas de cobertura forestal para así conocer el grado en el que se ha transformado.

7. Resultados Y Discusión

7.1. Mapas de clasificación

A continuación se muestran las clasificaciones correspondientes al año 2005 y al año 2000.

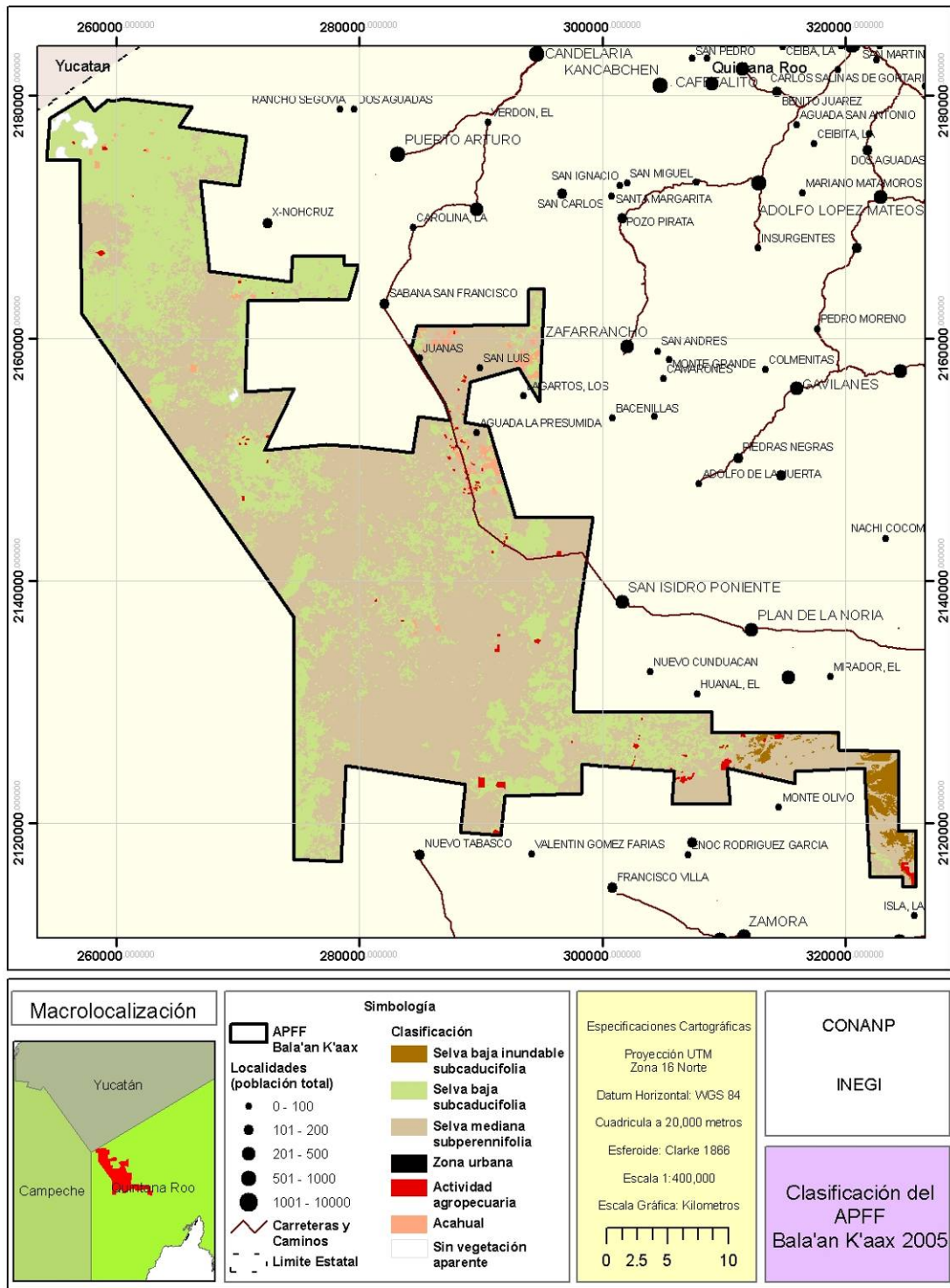


Figura 5. Mapa de Clasificación 2005

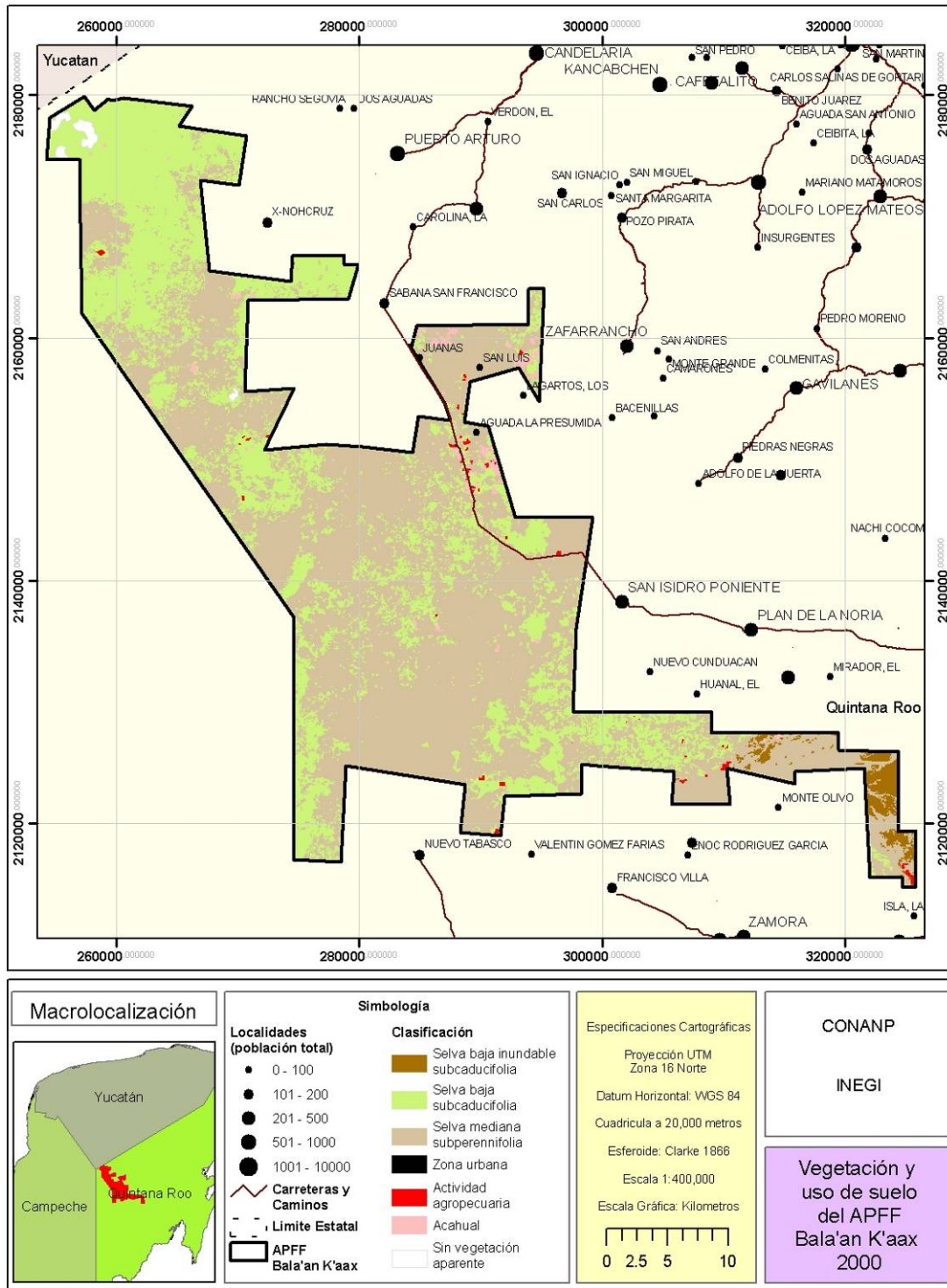


Figura 6. Mapa de Clasificación 2000

7.2. Superficies clasificadas

La tabla 4 describe comparativamente la superficie en el año 2005 y 2000 para cada clase.

Tabla 4. Superficie total correspondiente a cada clase de vegetación y uso de suelo para el 2005 y 2000

Grupos	Superficie Total (ha) 2005		Superficie Total (ha) 2000	
	ha	%	ha	%
Selva baja subcaducifolia	44,164.20	34.35	44,375.3	34.51
Selva baja inundable subcaducifolia	1,920.15	1.49	1,927.17	1.50
Selva mediana subperennifolia	80,018.38	62.23	80,201.98	62.37
SUBTOTAL FORESTAL	126,102.73	98.07	126,504.48	98.38
Actividad agropecuaria	713.85	0.56	399.77	0.31
Acahual	1,254.76	0.98	1,167.07	0.91
Asentamiento humano	2.95	0.00	2.95	0.00
Sin vegetación aparente	507.89	0.39	507.89	0.39
SUBTOTAL NO FORESTAL	2,479.45	1.93	2,077.69	1.62
TOTAL	128,582.18	100.00	128,582.18	100.00

Como se observa en la tabla 4, las clases obtenidas se agruparon en “Forestal”, “No forestal” y “Otras coberturas” respondiendo al objetivo de este documento. Para poder conocer el avance de la frontera entre lo forestal y no lo forestal, las clases que resultan de actividades humanas se recategorizaron como no forestales, dejando las diferentes tipos de selvas como forestales.

Las categorías resultantes, muestran en gran medida los tipos de vegetación y los procesos dominantes dentro del APFFBK. La vegetación está compuesta predominantemente por selva mediana subperennifolia, de acuerdo a la tabla 4, este tipo de cobertura representó el 62.37% del total en el 2000 y el 62.23% en 2005; por lo que existió una pérdida en ese periodo de 183.6 ha. Por su parte, la selva baja inundable tuvo un ligero cambio en el porcentaje apenas de 0.01% en parte por ser la cobertura forestal con menor representación dentro de la APFFBK y debido a que este tipo de terreno es no apto para actividades agropecuarias. El resto de la cobertura forestal está formado por selva baja subperennifolia, quien perdió un 0.16% de cobertura, pasando de 44,164.20 ha del total en el año 2000 a 44,375.3 ha en el año 2005, traduciéndose en la mayor pérdida dentro de este grupo con 211.1 ha.

En la cobertura no forestal se aprecia que los porcentajes respecto al total de la superficie son mínimos, no llegando a superar en el año 2005 el 2%. Las categorías “sin vegetación aparente” y “Asentamiento humano”, mantuvieron la superficie existente en el año 2000, que indica que los procesos de cambio en cobertura forestal fueron principalmente por deforestación y rotación de ésta hacia actividades agropecuarias y el abandono de esos terrenos para convertirse en acahuales, estos procesos significaron un crecimiento de 1.62% al 1.93% a lo largo de 5 años, lo que representó un 20% de incremento de la cubierta no forestal. Cabe destacar que la actividad agropecuaria tuvo un porcentaje de menos del 1% en ambos años analizados, a pesar de ello, dicha actividad aumentó en un 80%, pasando de 713.85 ha a 399.77 ha para el año 2005.

Asimismo, las cifras resultantes para el grupo no forestal, indican que en la APFFBK sigue presentando una ausencia general de asentamientos humanos, existiendo únicamente una pequeña comunidad en la parte Norte que, según los resultados no ha crecido en superficie. De igual manera, la cifras constantes para la categoría sin vegetación aparente, se debe a que dichas áreas corresponden principalmente a los bancos de material, donde en años pasados se extrajo sascab para la construcción de vías de comunicación, lo

que permite concluir que no se han trazado ni construido más caminos de los ya construidos hasta el año 2000.

7.3. Matriz de cambio

Tabla 5. Matriz de cambio

2005								Total general (ha)
2000	Selva baja inundable subcaducifolia	Selva baja subcaducifolia	Selva mediana subperennifolia	Actividad agropecuaria	Achual	Asentamiento humano	Sin vegetación aparente	
Selva baja inundable subcaducifolia	1,920.15			7.02				1,927.18
Selva baja subcaducifolia		44,119.55		136.44	119.33			44,375.32
Selva mediana subperennifolia			80,013.49	164.52	23.98			80,201.98
Actividad agropecuaria	31.15	4.89		253.69	110.04			399.77
Achual	13.51			152.16	1,001.41			1,167.08
Asentamiento humano						2.95		2.95
Sin vegetación aparente							507.89	507.89
Total general (ha)	1,920.15	44,164.20	80,018.38	713.85	1,254.76	2.95	507.89	128,582.18

Tabla 6. Leyenda de colores para la matriz de cambio (tabla 5) y superficies totales

	Deforestación	451.30
	Aforestación	49.54
	Rotación	262.21
	Sin cambios	127,819.14

Como se mencionó, la matriz mostrada en la tabla 5, ayuda a observar los procesos de cambio de manera más clara e identificar rápidamente las clases que perdieron o ganaron mayor cobertura, así como el tipo de cambios que sufrieron. La tabla ordena en la diagonal central mostrada en color gris, la superficie por año y clase que no cambió en el periodo manejado; posteriormente se indica de acuerdo a su posición, las superficie en hectáreas de cada clase que cambió a una clase distinta de la original; marcándose según el código de colores esquematizado en la tabla 6.

El total de hectáreas que permanecieron sin cambios durante el periodo de estudio fueron 127,819.14 (mostradas en gris sobre la diagonal central). La matriz de cambio muestra de color naranja las hectáreas que pasaron de ser cobertura forestal a no forestal donde se ve la mayoría del cambio. De color verde se muestra la superficie total que pasó de ser no forestal a forestal. Finalmente, el proceso de rotación se muestra en color azul.

El proceso predominante durante el periodo de estudio fue la deforestación, seguida por la rotación y finalmente muy poca aforestación. Dentro de la deforestación, más de la mitad se llevo acabo sobre la selva baja subcaducifolia, seguido por la selva mediana, y en menor medida la selva baja inundable. La poca aforestación resultó principalmente en el resurgimiento de selva baja subcaducifolia después de ser abandonados terrenos agrícolas.

Es interesante destacar que prácticamente la misma cantidad de hectáreas que paso de acahual a actividad agropecuaria sufrió la transformación inversa. Esto sugiere que las mismas parcelas que son abandonadas tras ser agotadas por la actividad agropecuaria, son utilizadas nuevamente después de pasar el tiempo necesario para su regeneración. Este tipo de rotación resulta ser más sustentable que el abandono definitivo de las parcelas y la continua búsqueda de nuevas superficies forestales para transformar en zonas agropecuarias.

El cambio de clase a clase de mayor superficie, fue el paso de selva mediana a actividad agropecuaria, en parte por ser la cobertura forestal con mayor presencia y en parte por su distribución cercana a las vías de comunicación y poblados dentro de la APFFBK. En menor medida, una porción de este tipo de selva pasó a ser acahual en el 2005. Esto podría reflejar que el establecimiento de zonas agropecuarias en la selva mediana es un proceso más reciente. En la selva baja, existe una superficie de 136 ha transformadas a actividad agropecuaria y una cantidad similar (119.33) a acahual, significando el abandono de estas parcelas. Esta alta superficie de abandono quizá haya funcionado como detonante del avance agrícola hacia zonas de selva mediana.

La baja aforestación pudiera implicar el bajo nivel de abandono definitivo de las parcelas agropecuarias.

La siguiente tabla muestra la deforestación neta de cada tipo de clase. Para ello se considera tanto la cobertura forestal que se ha convertido en otras clases no forestales, como las superficies recuperadas o aforestadas.

Tabla 7. Deforestación neta entre el periodo 2000 y 2005

No forestales 2005 Forestales 2000	Actividad agropecuaria	Acahual	Zona urbana	Sin vegetación aparente
Selva baja inundable subcaducifolia	7.02			
Selva baja subcaducifolia	105.30	105.83		
Selva mediana subperennifolia	159.63	23.98		
Transformado	271.95	129.80	-	-
Total deforestado del 2000 al 2005		401.75		

La siguiente figura muestra el cambio total que sufrió cada clase de vegetación y uso de suelo. Las barras que muestran cambio en cifras negativas (naranja) perdieron superficie durante el tiempo del presente estudio, mientras que las barras positivas (azul) incrementaron su cobertura.

Cambio por clase año 2000 a 2005

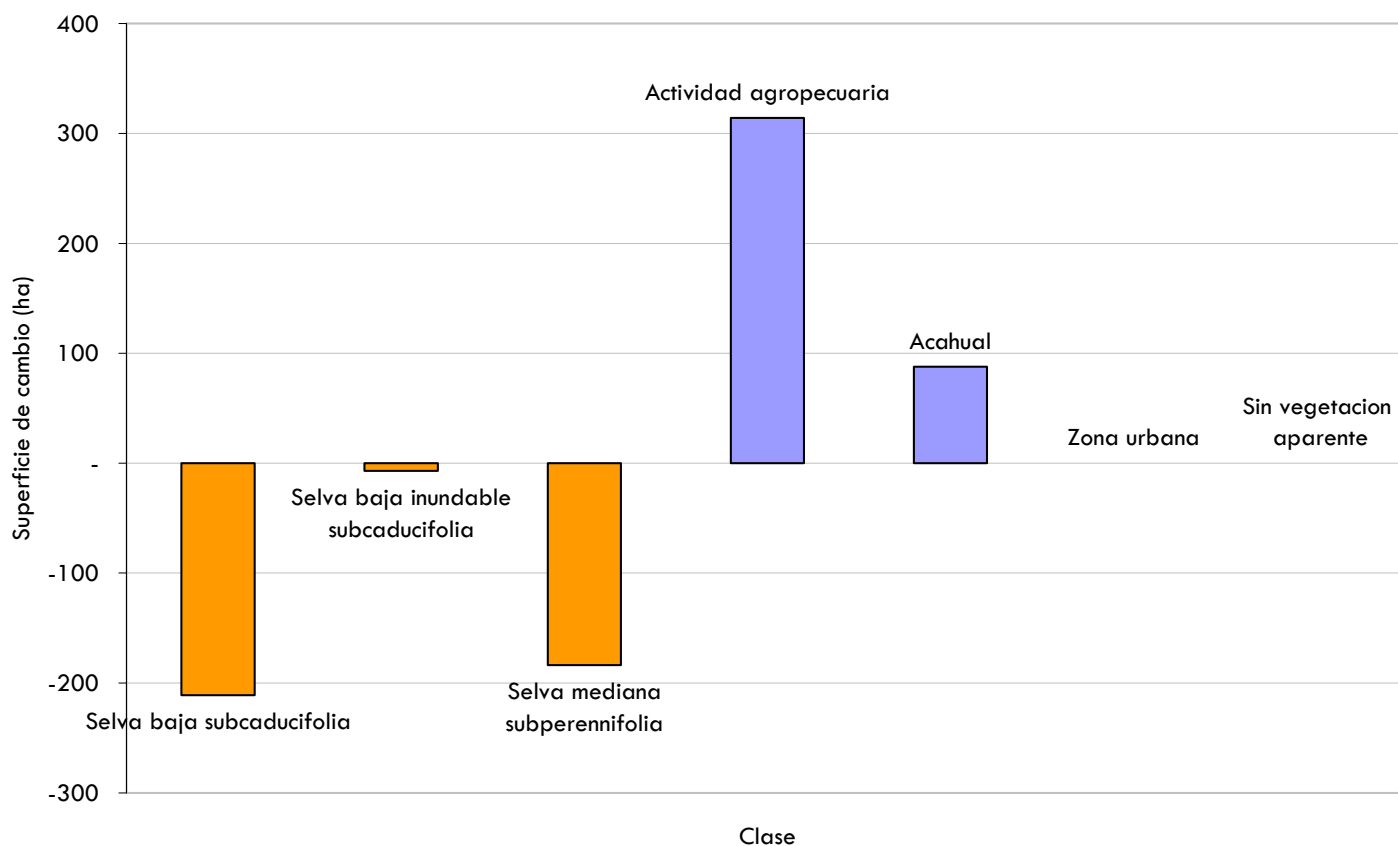


Figura 7. Hectáreas ganadas (azul) y perdidas (naranja) por clase

Se observa que la clase que sufrió mayor transformación es la selva baja subcaducifolia, con más de 200 hectáreas perdidas, seguido inmediatamente por la selva mediana subperennifolia, y finalmente la selva baja inundable subcaducifolia muestra una pérdida mucho menor. En cuanto a las barras positivas, las de mayor crecimiento son la actividad agropecuaria y el acahual. Las zonas urbanas y zonas sin vegetación aparente como se mencionó no mostraron ningún cambio.

A continuación se muestra la ubicación de los diferentes tipos de cambios que se llevaron a cabo durante el periodo de estudio.

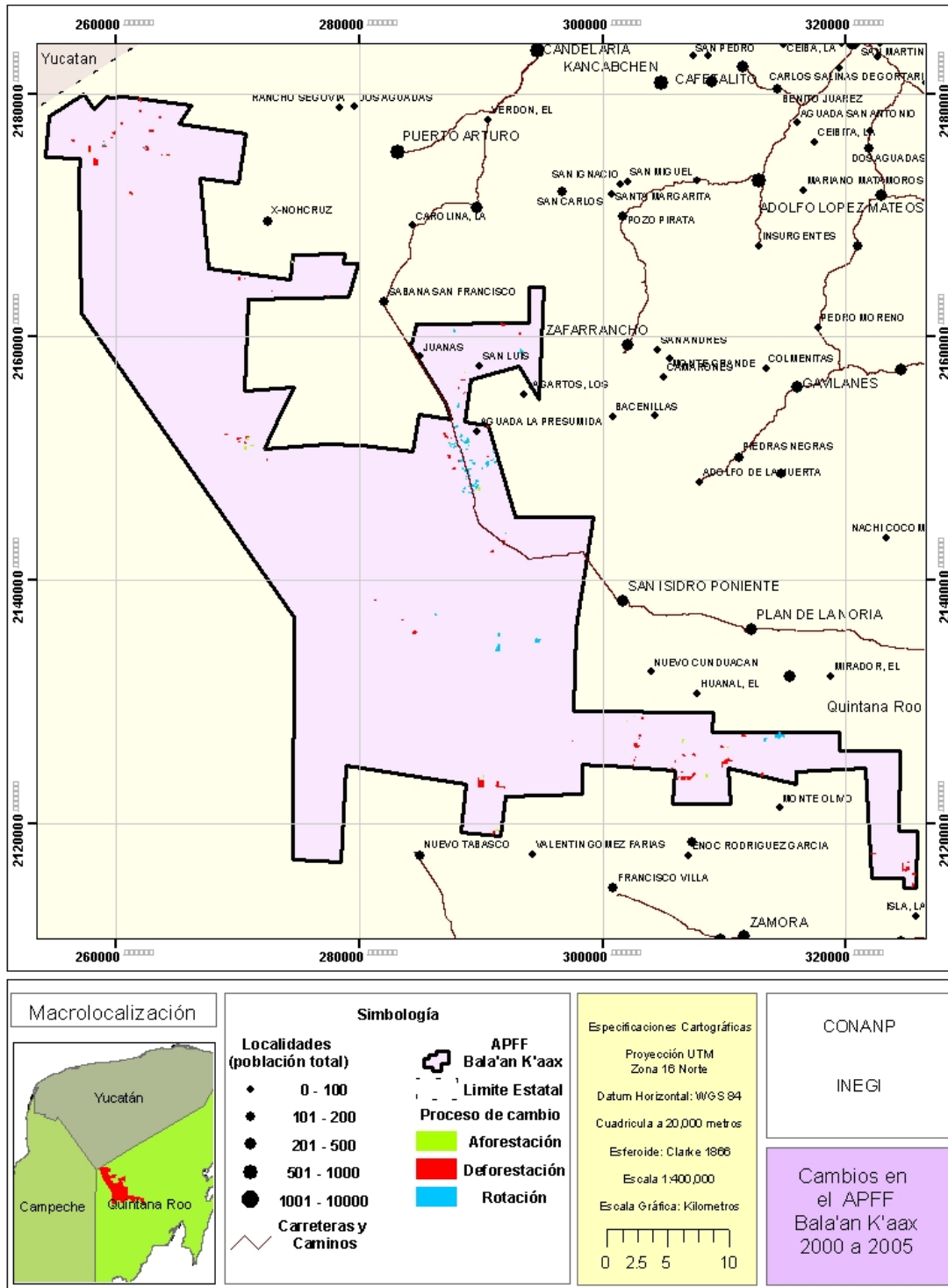


Figura 8. Procesos de cambio entre el año 2000 y el 2005

7.4. Tasa de transformación del hábitat

La tasa de transformación del hábitat se calculó aplicando la fórmula antes mencionada a los datos obtenidos en la agrupación de clases de la vegetación forestal.

Tabla 8. Tasa de transformación del hábitat calculado sobre las hectáreas con cobertura forestal

Periodo	s1	s2	Cambio (ha)	Años	Tasa de cambio	% Tasa de cambio anual
2000-2005	126,504.48	126,102.73	-401.75	5	-0.0006	-0.0636%

Esto muestra una disminución en la superficie total de cobertura forestal.

8. Conclusiones

La mayoría de la superficie del APFFBK permaneció sin cambios durante el periodo de estudio. Dentro de las 763 ha que sufrieron algún tipo de modificación, destaca la deforestación con 451.30 ha, seguido por la rotación y la aforestación en menor medida.

En la actualidad, no existen asentamientos humanos grandes dentro del ANP, sin embargo, la explotación de maderas preciosas es una de las principales actividades generadoras de ingresos y fuentes de empleo para las comunidades del área de influencia del APFFBK (CONANP). Esta y otras actividades que cambien la vegetación y uso de suelo pueden llegar a atravesar los límites del Área. Para entender lo que puede llegar a suceder dentro de las ANPs, es necesario conocer más de lo que pasa a sus alrededores.

También existe la posibilidad de llevar estos resultados a estudios de predicción de escenarios futuros. Con la información multitemporal que se tiene, se puede llegar a conocer la tendencia de cambio de vegetación y uso de suelo dentro del ANP. Existen varias maneras de modelar situaciones futuras y así entender mejor el proceso de cambio que pudiera sufrir el APFFBK

9. Comentarios finales

Muchas formas de actividad y producción humanas son compatibles si se basan en el mantenimiento de los bosques y la diversidad biológica local. La explotación sostenible de los recursos forestales renovables y la reordenación de la madera en pie, así como su variedad y variabilidad, no disminuyen necesariamente el capital biológico.

Sin embargo, aun manteniendo esta cantidad de cubierta forestal no se garantiza el buen estado y la sustentabilidad de un ecosistema forestal regional. Para ello es necesario dedicar una atención específica a las condiciones requeridas para mantener la diversidad biológica que contribuyen al valor de los bosques sujetos y no sujetos a ordenación. Esto, a su vez, requiere un marco racional para la normativa y planificación de la utilización de las tierras forestales, basado en la plena contabilización de los valores de uso y no uso de los bosques.

Estudios futuros deben de investigar a fondo todas las acciones que pueden tener efecto sobre la pérdida de cobertura forestal y correlacionarla con los resultados de este estudio para buscar las causas y así poderlas prevenir.

Existen actividades a una escala mucho menor que la de este estudio, que a pesar de no influir sobre el uso de suelo, afectan gravemente el funcionamiento de los ecosistemas. Por ejemplo, la extracción selectiva de especies maderables y la quema para producción de carbón causan la ausencia de especies importantes para las selvas del ANP. Para conocer el grado de afectación de estas pérdidas, hace falta realizar una investigación a una escala mucho menor.

10. Bibliografía

- Chinea, J. 2007. Precisión de la clasificación. Departamento de Biología. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. www.uprm.edu/biology/profs/chinea/gis/g06/cl10precis.ppt
- Comisión Centroamericana del Ambiente y Desarrollo. 1999. Documento del proyecto: Establecimiento de un Programa para la Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano. CCAD. <http://www.biomeso.net/GrafDocto/PRODOC-CBMESPAÑOL.pdf>
- CONAFOR. 2006. Especificaciones técnicas para el monitoreo de la cobertura de la vegetación basado en imágenes de satélite modis. Coordinación general de planeación e información. Gerencia de inventario forestal y geomatica.
- CONANP. 2007. Borrador del Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Bala'an K'aax.
- CONANP. 2007. Protocolo para la evaluación del Uso del Suelo y Vegetación en Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Subdirección de Análisis de Información Espacial. Dirección de Evaluación y Seguimiento.
- CONANP-FMCN. 2003. Estimación de la tasa de transformación del hábitat en la reserva de la biosfera "Calakmul" periodo 1996-2000. Informe Final.
- Cooperativa de Enseñanza y Aprendizaje Geográfico Integral (CEAGI). 2006. Glosario. Versión de sitio 3.0.
- Drigo, R. 1991. Interpretation of High Resolution Satellite Data and Compilation of Results for Forest Cover State and Change Assessment; Test Site: Zaire. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Earth Satellite Corporation. 2004. GeoCover™ Product Description Sheet. https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/docs/GeoCover_circa_2000_Product_Description.pdf
- FAO. 2001. Causas y tendencias de la deforestación en America Latina. Evaluación de recursos forestales mundiales 2000. Documento de trabajo 052.
- FAO. 2002. Evaluación de los recursos forestales mundiales e Informe Principal. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Estudio FAO: Montes No. 140*, Roma. www.fao.org/forestry/site/fra2000report/sp
- FAO. 1996. Forest resources assessment 1990 - Survey tropical forest cover studies of change processes. FAO Forestry Paper - 130 . 154 pg
- FAO. 2001. Remote sensing and forest monitoring in FRA 2000 and beyond. Forest Resources Assessment Working Paper - 008
- FAO. 2001. Situación de los bosques del mundo (SOFO). <http://www.fao.org/docrep/003/y0900s/y0900s00.htm>
- Garcia Gil, G., March Mifsut, I., Castillo, M. 2001. Transformación de la vegetación por cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. *Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* Núm. 46, 2001, pp 45-57.
- INE. 2000. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Calakmul. Unidad de Participación Social, Enlace y Comunicación, INE. http://www.conanp.gob.mx/anp/programas_manejo/calakmul.pdf
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1997. Base de datos geográficos. Diccionario de datos de uso de suelo vegetación (vectorial) escala 1:250,000.

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1997. Base de datos geográficos. Diccionario de datos de uso de suelo vegetación (vectorial) escala 1:1,000,000.
- Landis, J., Koch, G. 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, Vol. 33, No. 1, pp. 159-174.
- Lanly, JP. 2003. Los factores de la deforestación y de la degradación de los bosques. Documento sometido a XII Congreso Forestal Mundial.
- López, A., Ruiz, P., Luque, L., Borque, M^a J. 1996. Control De Calidad Del Proceso De Clasificación De Imágenes De Satélite. Mapping interactive.
- MAB. 1999. Monitoreo Biológico en la Selva maya. US Man and the Biosphere Programme, Tropical Ecosystem Directorate y Wildlife Conservation Society.
- 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.
- Scanterra consultora. 2006. Nociones introductorias: Fundamentos físicos de la teledetección.
- SEMARNAT. 2007. Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable (CBGADS). Dirección General de Estadística e Información Ambiental. Sistema Nacional De Información Ambiental Y De Recursos Naturales. <http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/glosario/>
- Steininger, M., Epting, J., Harper, G. 2006. Forest Cover Mapping and Change Detection using Moderate-Resolution Satellite Imagery (Landsat, ASTER and MODIS). Regional Analysis Department Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International.
- Universidad Autónoma de Campeche. 2007. Municipio de Calakmul. <http://www.uacam.mx/campeche/municipios/CALAKMUL/calakmul.htm>
- Velázquez, A., Mas, J., Palacio, J. 2002. Análisis del cambio de uso del suelo. Mapas del Análisis del cambio de uso del suelo. Convenio INE-IGg (UNAM). Instituto de Geografía, UNAM.
- Wilcox, B.A. 1995. Bosques tropicales y diversidad biológica: los riesgos de la pérdida y degradación de los bosques. *Unasyva* .Número: 181.

ANEXO 1. PRODUCTOS OBTENIDOS

1. Archivos de vectores poligonales con la clasificación de vegetación y uso de suelo del 2000, escala 1:50,000
2. Archivos de vectores poligonales con la clasificación de vegetación y uso de suelo del 2005, escala 1:50,000
3. Archivo de vectores poligonales con los tipos de cambios en el periodo de estudio, escala 1:50,000
4. Mapa temático con la vegetación y uso de suelo del 2000, escala 1:400,000
5. Mapa temático con la vegetación y uso de suelo del 2005, escala 1:400,000
6. Mapa temático con los tipos de cambios en el periodo de estudio, escala 1:400,000

ANEXO 2. Clases



Asentamiento humano



Selva mediana



Milpa



Selva baja



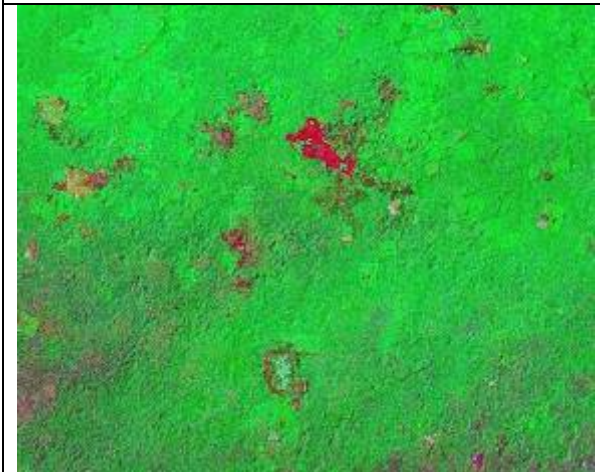
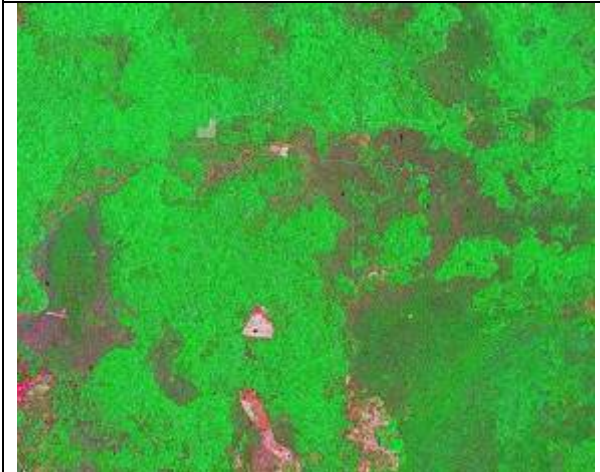
Infraestructura pecuaria



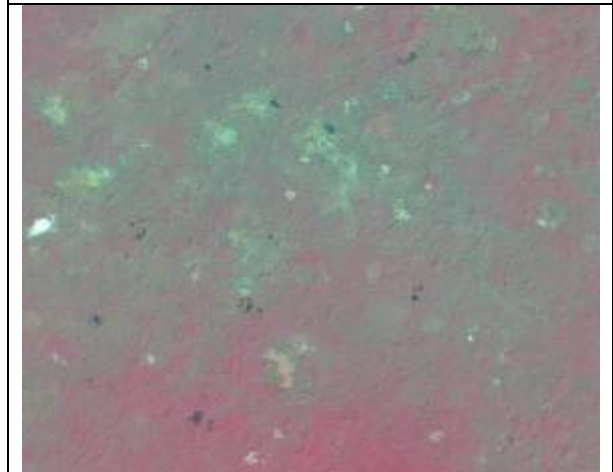
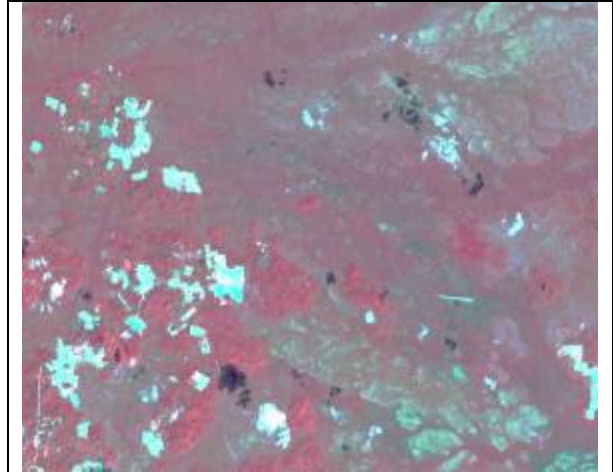
Selva baja inundable

ANEXO 3. Muestras De Imágenes Satelitales

LANDSAT



SPOT



ANEXO 4. Descripción de las matrices de confusión

La matriz de confusión consiste en un procedimiento estadístico para medir el grado de confusión entre las clases temáticas resultantes. Es una tabla de cruce a doble entrada entre el resultado de una clasificación temática y los sitios de entrenamiento (CEAGI, 2006). El objetivo de la tabla de confusión, también conocida como matriz de error o tabla de contingencia, es informar sobre la precisión de la clasificación a la persona que lo está visualizando. Aunque la elaboración de clasificaciones temáticas a partir de imágenes satelitales resulta muy eficaz, es posible que surjan errores a lo largo de este procedimiento.

Es posible que la clasificación presente dos tipos de errores. Por un lado los errores de omisión, donde un espacio corresponde inequívocamente a una clase y sin embargo es clasificada como una clase distinta. Este error es complementario a la precisión del productor; por otro lado existen los errores de comisión, donde una superficie es clasificada como parte de una clase a la cual no pertenece. El complemento de este error es la precisión del usuario.

Para determinar estos errores hace falta comparar la clasificación desarrollada mediante el análisis de imágenes con datos tomados directamente en el campo donde se definen varios lugares de referencia o de interés. En estos puntos el tipo de vegetación y uso de suelo es cotejado en el campo contra las imágenes satelitales. Estos puntos de muestreo se deben definir al azar, sistemáticamente o al azar estratificado. Lo importante es evitar que la ubicación de los puntos de muestreo sean elegidos por el productor. Y en el caso de que la clasificación haya sido supervisada, nunca se deben utilizar los mismos campos de entrenamiento como puntos de muestreo.

Una vez realizada la visita al campo, se crea una tabla para comparar la información obtenida con la información esperada con base en la clasificación de las imágenes satelitales. En las columnas se sitúa lo observado en el campo, y en las filas se sitúa lo esperado con base en la clasificación. Las clases deben ser agrupadas según el tipo de vegetación y uso de suelo que representan y estas agrupaciones graduadas sobre el eje. Colocando las clases en el mismo orden, tanto en las filas como en las columnas, se pueden observar las asignaciones correctas en la diagonal central de la matriz y todos los lugares mal clasificados fuera de esta diagonal.

Se pueden extraer varios índices de esta tabla. En primera instancia se puede definir la precisión para cada clase. También se puede calcular el índice de precisión general de toda la clasificación. En ambos casos se divide el número de lugares clasificados correctamente por el número total de lugares de referencia. Estos dos índices no toman en cuenta los errores de omisión ni de comisión. Para poder tomar estos en cuenta se puede utilizar el coeficiente de Kappa (κ). Este coeficiente es utilizando frecuentemente como parámetro de calidad. El valor refleja el grado de mejora de la clasificación en comparación con una clasificación aleatoria.

$$\kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

Donde, P_o es la *proporción de concordancia observada* y P_e es la *proporción de concordancia esperada por puro azar*. En caso de acuerdo perfecto la proporción de concordancia será 1, por lo que $1 - P_e$ representa el

margen de acuerdo posible no atribuido al azar. Como se puede observar de su definición, se basa en la probabilidad *a posteriori* de pertenencia a un grupo (López *et al.*, 1996). Sus valores varían entre 0 y 1, donde el valor 1 refleja total acuerdo. A continuación se muestra el significado de los resultados del coeficiente kappa en función del grado de concordancia que representan:

kappa	Grado de acuerdo
< 0	sin acuerdo
0 – 0.2	insignificante
0.2 - 0.4	bajo
0.4 - 0.6	moderado
0.6 – 0.8	bueno
0.8 - 1	muy bueno

Fuente: Landis y Koch, 1977

ANEXO 5. GLOSARIO

Banda	Rango de longitudes de onda que cada sensor capta. Los sensores remotos cuentan con la capacidad de captar varias en el mismo momento.
Ganadería extensiva	Crianza, alimentación y cuidado de los animales para el uso humano en explotaciones de grandes dimensiones y con pocos insumos añadidos.
Geomorfología	descripción del relieve terrestre, continental y submarino
Geoprocesamiento	proceso en el que se aplica el análisis geográfico y se modelan los datos para producir nueva información.
Imagen multiespectral	Imágenes generadas a partir de los datos recolectados por un mismo sensor en más de una banda.
Imagen satelital	Conjunto de canales o bandas que conforman una escena tomada por los captadores de un satélite
Píxel	Unidad topológica mínima en el modo raster, el píxel es un cuadrado caracterizado por su tamaño (resolución), sus atributos de ubicación en la imagen y su identificador en una escala de color.
Productor	Todo aquel que genere un resultado, producto o documento
Rectificación	Las imágenes satelitales crudas son grupos de píxeles que podrían representar la superficie de cualquier parte del planeta. La rectificación es el proceso mediante el cual se modifica la imagen correspondiente con un lugar en particular, mediante la asignación de coordenadas a cada píxel de la imagen que los conectan con un lugar geográfico en especial.
Resolución espectral	el número de canales espectrales (y su ancho de banda) que es capaz de captar un sensor
RMS	Por sus siglas en inglés (root mean square), se refiere al error residual. Es la diferencia entre la variación total y la suma de las variaciones atribuibles a las fuentes de error. Este término es utilizado para estimar la variación de fondo del ensayo y es un reflejo de las diferencias entre las réplicas.
Sascab	Material mineral formado por piedra caliza desintegrada. Mezcla de gravilla caliza. Utilizado como material de construcción.
Sitio de entrenamiento	área geográfica de interés en la imagen, representada por los píxeles en una muestra
Teledetección	técnica de adquisición y posterior tratamiento de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor
Unidad mínima cartografiada	Para asegurar la visualización de todos los elementos de la información espacial, se debe definir la medida mínima aceptable en función de la escala de trabajo. es aquella igual o superior a 1/2 mm a la escala del mapa.
Uso de suelo	Tipología funcional u organizacional para caracterizar los usos territoriales del momento.
Usuario	Todo aquel que consulte un resultado, producto o documento