

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL



**CAMBIO DE LA COBERTURA DE LA TIERRA PARA EL ÁREA DE
CONSERVACIÓN TEMPISQUE, PERIODO 1998-2003.
PROYECTO ECOMAPAS.**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el grado de
Bachiller en Ingeniería Forestal**

Rebeca Cordero Montoya

Cartago, 2008

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL



**CAMBIO DE LA COBERTURA DE LA TIERRA PARA EL ÁREA DE
CONSERVACIÓN TEMPISQUE, PERIODO 1998-2003.
PROYECTO ECOMAPAS.**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el grado de
Bachiller en Ingeniería Forestal**

Rebeca Cordero Montoya

Cartago, 2008

RESUMEN

Este estudio consistió en la fotointerpretación y clasificación de la cobertura de la tierra del Área de Conservación Tempisque (ACT). El estudio forma parte de los objetivos de ECOMAPAS-INBio y del Proyecto Tropi-Dry del ITCR y U. Alberta. Para tales propósitos se realizó la ortorectificación de 239 fotografías aéreas infrarrojas del proyecto Misión Carta para producir el mapa de cobertura del año 2003. También se empleó el mapa generado por ECOMAPAS para el año 1998, el cual fue elaborado con fotografías aéreas de color natural. Con ambos mapas se efectuó una comparación, para determinar los cambios de cobertura de la tierra comprendidos en el periodo 1998-2003. Finalmente, se realizó una evaluación de la cobertura para las capas de Áreas Silvestres Protegidas (ASP), Pago de Servicios Ambientales (PSA) y el Mapa de Cobertura Forestal de Costa Rica del 2005, elaborado con imágenes satelitales Landsat.

Los cambios observados fueron: la disminución de cobertura de la tierra para el bosque, en 1998 contaba con 260.601 ha y en 2003 poseía 247.934 ha, representando una reducción del 5%. En pastizales y cultivos agrícolas se detectó un aumento en el área, los pastizales pasaron de 153.836 ha a 162.723 ha y en cultivos agrícolas de 39.797 ha a 43.599 ha para el periodo 1998-2003 respectivamente. Se observó que ACT tiene 12,5% de cobertura bajo protección. Las ASP aportan 6% en Protección Absoluta y 2% en Protección Parcial. Los PSA protegen 3,8% de bosque y representan 0,7% en reforestación. Para las categorías bosque y matorral, se encontró que el estudio de Cobertura Forestal 2005 con imágenes satelitales difiere apenas en 3% con respecto a este estudio, lo que se considera despreciable debido a la diferencia de escalas en ambos estudios.

El estudio brinda una serie de recomendaciones para mejorar futuros estudios similares y para la interpretación de los resultados.

Palabras claves: ortorectificación, fotointerpretación, mapa de cobertura, Área de Conservación Tempisque, fotografías aéreas, imágenes de satélite.

ABSTRACT

This study developed a photointerpretation and classification of the Tempisque Conservation Area (ACT) land cover. The study is part of the objectives of ECOMAPAS-INBio and Tropic-Dry Project from ITCR and U. Alberta. For such purposes 239 infrared aerial photography, from the Mision Carta project were orthorectified in order to develop the 2003 land cover. The 1998 ECOMAPAS map was prepared with natural color, it was used in order to compare and determine the land cover changes between 1998-2003. Finally, an evaluation of the state of land cover was made using the map layers for Wild Protected Areas (WPA), Payment of Environmental Services (PES) and the 2005 Forest Cover Map developed using Landsat satellite images.

The found land cover changes were: a decrease of forest cover, in 1998 it had 260.601 ha and for 2003 changed to 247.934 ha, representing a decline of 5%. In pasture land and agricultural crops it was detected an increase of land cover, from 153.836 to 162.723 ha for pasture land and for agricultural crops from 39.797 to 43.599 ha during the period 1998-2003 respectively. It was observed that ACT has 12,5% of forest cover under protection. The WPA contribute 6% in Absolute Protection and 2% in Partial Protection. The PES protects 3, 8% of the forest and represents 0,7% in reforested land. For the land cover categories forest and shrubs, it was found that the 2005 Forestry Covert Map based on satellite images, differs just in 3% with respect this study, which is insignificant considering the scales of both studies.

This study provides some recommendations in order to improve futures studies and the interpretation of the results.

Key words: orthorectification, photointerpretation, land covert map, Tempisque Conservation Area, aerial photography, satellite images.

**CAMBIO DE LA COBERTURA DE LA TIERRA PARA EL AREA DE
CONSERVACION TEMPISQUE, PERIODO 1998-2003.
PROYECTO ECOMAPAS.**

**Informe presentado a la Escuela de Ingeniería Forestal del
Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial
para optar al título de Bachiller en Ingeniería Forestal**

Miembros del Tribunal

**Dr. Julio César Calvo Alvarado,
Profesor Asesor Escuela de Ingeniería Forestal**

**Ing. Heiner Acevedo Mairena,
Coordinador Unidad de Sistemas de
Información Geográfica, INBio.**

**Ing. Marvin Castillo Ugalde,
Profesor Escuela de Ingeniería
Forestal**

DEDICATORIA

DEDICATORIA

A mi familia por apoyarme siempre en todas las metas que me propongo, a mi esposo que está a mi lado cuando más lo necesito y a Dios por cuidarme y darme la oportunidad de tener una vida tan bella...

Y a los profesores de la Escuela de Ingeniería Forestal, por enseñarme todo lo que sé, gracias.

AGRADECIMIENTOS

Al INBio, por el apoyo financiero y logístico para la ejecución del proyecto, fundamentalmente a Heiner Acevedo, ya que sin su apoyo el proyecto no se hubiera podido llevar a cabo.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Forestal, quienes siempre me apoyaron y me enseñaron a ser mejor cada día; especialmente a Marvin Castillo por brindarme la energía para seguir adelante y a Freddy Rojas que me dio la oportunidad de crecer a su lado.

A los estudiantes de la Universidad Nacional por su ayuda y esfuerzo para realizar las labores de ortorectificación y fotointerpretación de las fotografías aéreas.

A los miembros del Tribunal evaluador, por su valiosa guía, y especialmente al Dr. Julio Calvo, Profesor Asesor y Coordinador Nacional del Proyecto Tropi-Dry, por sus aportes y sugerencias en el desarrollo de este estudio. Al Proyecto TROPI-DRY de la Universidad de Alberta y del Instituto Tecnológico de Costa Rica, quien brindó apoyo económico a través de los fondos Instituto Americano para el Cambio Global (IAI) y su programa Red de Investigación (CRN-2) a través del Proyecto "**Dimensiones humanas, ecológicas y biofísicas de los bosques tropicales secos**".

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
DEDICATORIA	4
INDICE GENERAL	6
INDICE CUADROS.....	8
INDICE DE FIGURAS	9
INDICE DE ANEXOS	10
INTRODUCCION	11
OBJETIVOS	16
General.....	16
Específicos	16
REVISION DE LITERATURA	17
Sensores remotos	17
Tecnología	19
SIG (Sistema de Información Geográfica)	19
GPS (Sistema de Posicionamiento Global)	20
Programas	21
ER Mapper.....	21
ArcGIS Desktop.....	22
ArcGIS	23
Obtención de fotografías aéreas y cartografía digital	26
Fotografías aéreas	26
Cartografía digital	26
Proyecto ECOMAPAS	27
a. Fotointerpretación.....	28
b. Rectificación u Ortorectificación.....	28
c. Comprobación de campo	29
d. Digitalización y creación del Sistema de Información Geográfica	29
e. Cobertura de la tierra	29
f. Monitoreo.....	30
MATERIAL Y METODOS.....	32
Área de estudio	32
Descripción general	32
Biodiversidad y conservación.....	32
Métodos	33
Clasificación fisionómica	33
Ortorectificación	37
Fotointerpretación y Digitalización	38
Mapa final de cobertura de la tierra 2003	39

RESULTADOS	40
DISCUSION	49
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFIA	61
ANEXOS	65

INDICE CUADROS

Cuadro 1. Definición de clases fisonómicas de acuerdo a las proporciones de los hábitats, según la clasificación desarrollada por el Proyecto ECOMAPAS.	35
Cuadro 2. Clave para la definición de subclases fisonómicas, según la clasificación desarrollada por el Proyecto ECOMAPAS.....	36
Cuadro 3. Cobertura de la tierra para ACT, año 1998.....	40
Cuadro 4. Cobertura de la tierra para ACT, año 2003.....	40
Cuadro 5. Cambios en la cobertura de la tierra en el ACT, período 1998 y 2003.....	43
Cuadro 6. Factores causales de cambio en la cobertura para ACT, periodo 1998-2003.....	44
Cuadro 7. Cobertura de la tierra 2003 dentro de las Áreas Silvestres Protegidas del ACT.	46
Cuadro 8. Pago por Servicios Ambientales para ACT, periodo 1999-2003.....	46
Cuadro 9. Diferencia en porcentaje sobre la clasificación de este estudio (2003) con respecto al de Sánchez <i>et al</i> , 2007.	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de una composición color multitemporal.	12
Figura 2. Representación de un GPS marca Trimble.....	20
Figura 3. Esquema de la arquitectura de ArcGIS	22
Figura 4. Clases fisonómicas de vegetación en relación con la textura de los polígonos vistos en fotografías aéreas, según la clasificación desarrollada por el Proyecto ECOMAPAS.	34
Figura 5. Clave esquemática para la definición de clases fisonómicas de acuerdo a las proporciones de los hábitats, según la clasificación desarrollada por el Proyecto ECOMAPAS.	34
Figura 6. Mapa de Cobertura de la Tierra para ACT, año 1998.....	41
Figura 7. Mapa de Cobertura de la Tierra para ACT, año 2003.....	42
Figura 8. Cambios en la cobertura de la tierra (principales categorías) en el ACT, periodo 1998-2003.....	43
Figura 9. Pérdida del bosque en ACT, periodo 1998-2003.....	45
Figura 10. Mapa de las Áreas Silvestres Protegidas en el Área de Conservación Tempisque y su cobertura.....	47
Figura 11. Mapa de Pago por Servicios Ambientales en ACT, periodo 1999-2003.....	48

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja de Información	66
Anexo 2. Formulario Cartográfico.....	67
Anexo 3. Formulario Florístico	68
Anexo 4. Códigos utilizados para la reclasificación de las clases fisionómicas a cobertura de la tierra	69

INTRODUCCION

Una de las etapas fundamentales de la planificación de un proyecto o programa de trabajo es el monitoreo. Goldsmith (1991) apunta que el monitoreo usualmente es orientado y diseñado para revelar cambios en un parámetro o parámetros particulares. El monitoreo se repite en intervalos regulares y a menudo proporciona una línea base para registro de cambios en el futuro. Según este autor, el monitoreo permite determinar la ocurrencia, tamaño, dirección e importancia de los cambios que se dan en indicadores de la calidad del manejo de un recurso; es importante recalcar que el monitoreo aunque es muy descriptivo necesita de investigación para mejores resultados. Otra definición de Hartando (2002), indica que el monitoreo puede ser definido como las observaciones periódicas y repetidas de parámetros seleccionados para así determinar los efectos de ciertas estrategias de manejo o políticas, y como respuesta de los sistemas al cambio. Consecuentemente, el monitoreo es crucial porque permite a los decisores comprender los impactos de sus políticas y de otros factores en el recurso que manejan.

Existen varias maneras de llevar a cabo un monitoreo, particularmente este estudio se enfoca en el monitoreo de los cambios en la cobertura de la tierra. En este campo se encuentran diferentes técnicas de monitoreo: comparación de valores del NDVI¹, análisis multitemporal, comparación entre imágenes y clasificación cruzada.

Por ejemplo, el Sistema Nacional de Información Forestal en México, utiliza las imágenes MODIS y se comparan para dos escenarios de monitoreo los valores del NDVI (Índice Normalizado de la Vegetación), para esto se toma la diferencia de los NDVI para los dos periodos y así determinar dónde ocurrieron los cambios. Los valores obtenidos del índice oscilan entre -1 y 1, los valores de este índice que están por debajo de 0.1 corresponden a cuerpos de agua, nieve o zonas congeladas y suelo desnudo, mientras que los valores más altos son indicadores de una actividad fotosintética alta relacionada a bosque, selvas, matorrales y cultivos.

¹ Siglas en inglés : Normalized Difference Vegetation Index

Además, se utiliza material de apoyo que permita asegurar una buena interpretación, como mapa de Uso del Suelo y Vegetación, mapas de topografía, vías de comunicaciones, hidrología, imágenes Landsat 5 y 7 de años anteriores y los datos de los puntos muestreados para el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (Sistema Nacional de Información Forestal, 2007).

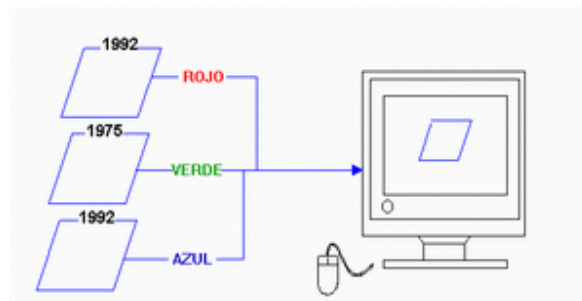


Figura 1. Esquema de una composición color multitemporal.

Fuente: Geocities, 2007.

El análisis multitemporal o análisis de composiciones multitemporales (Figura 1), se basa en generar archivos de imágenes constituidas por bandas espectrales de diferentes períodos y es una de las maneras más rápidas de detectar cambios. Sin embargo, presenta el inconveniente de no poder determinar el tipo de cambio detectado, para ello se debe contar con información de apoyo (Geocities, 2007).

La comparación entre imágenes es otra de las técnicas, ésta consiste en comparar datos provenientes de imágenes de años diferentes, previamente rectificadas a una base cartográfica común. En esta técnica se utiliza la substracción entre los píxeles correspondientes a cada imagen y el resultado representa los cambios numéricos entre las imágenes utilizadas, desde el punto de vista temático representa los cambios ocurridos en las coberturas de la tierra.

Para esta técnica se debe tomar en cuenta y cumplir los requisitos del pre-procesamiento, pues influyen factores como la época de toma de cada imagen, interferencia atmosférica, procesos de mejoramiento y estandarización entre las imágenes utilizadas, etc. (Geocities, 2007).

Otro ejemplo para realizar el monitoreo es la comparación de mapas de épocas diferentes o clasificación cruzada, que permite por medio de la tabulación cruzada, la comparación de los datos digitales, la cual es una comparación píxel a píxel que originará un nuevo archivo con diversas combinaciones que indicarán el tipo de cambio ocurrido. Con esta técnica es posible determinar dónde hubo cambios y dónde no los hubo, pero también permite saber el tipo de cambio ocurrido en un periodo. No obstante, posee una limitante, ya que los mapas a utilizar deben contar con la misma resolución espacial (Geocities, 2007).

Este presente estudio, consiste en el monitoreo de la cobertura de la tierra del Área de Conservación Tempisque (ACT), empleando la interpretación de fotografías aéreas infrarrojas, por medio del programa ArcGIS 9.2. El ACT es una de las zonas del país que en el siglo pasado sufrió la tasa más alta de deforestación, debido a la expansión ganadera (Arroyo *et al*, 2005). Sin embargo, a partir de los años 90s es una de las regiones que presenta más recuperación en el país, casi el 60% de la superficie total se clasifica como cobertura natural. El problema es que solamente el 4% de las áreas que están fuera de las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) se mantiene como cobertura permanente. Por otro lado, las áreas que quedan con cobertura natural alterada son áreas dedicadas a pastoreo extensivo junto con la aparición reciente de monocultivos como el melón, caña de azúcar y las plantaciones forestales principalmente de teca. Al mismo tiempo, la expansión turística provoca un crecimiento acelerado de la infraestructura en zonas costeras y en algunas partes altas que funcionan como miradores del ACT (Castillo, 2007).

Por lo tanto, el monitoreo de la cobertura de la tierra de la ACT es importante para determinar los cambios que se presentan en el paisaje cada cierto periodo de años. Mediante el monitoreo se detectan las zonas donde existe pérdida o recuperación significativa de superficie forestal, manglares, agricultura, etc. De esta forma se puede evaluar el efecto de las políticas forestales y de conservación para la toma de decisiones (Comisión Nacional Forestal, s.f.).

El Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) y su proyecto ECOMAPAS a partir del año 1998 generó un estudio sobre la cobertura de la tierra para seis áreas de conservación de Costa Rica, incluyendo el ACT. Este estudio utilizó fotografías aéreas (escala 1:40000) del proyecto RECOPE-MINAE, con el apoyo de la comisión Terra (Kappelle *et al*, 2000). El estudio se realizó con el objetivo de hacer un inventario y monitorear el estado de conservación de los diferentes ecosistemas que se presentan dentro de cada área de conservación y se realizó debido a una fuerte necesidad por parte del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) de contar con mapas del uso de la tierra, tipo de vegetación, etc. De la misma manera el INBio requería realizar ese estudio para asistir con el inventario nacional de biodiversidad. Consecuentemente los objetivos principales del Proyecto ECOMAPAS fueron identificar, clasificar, cartografiar y describir los ecosistemas de Costa Rica, principalmente en seis áreas de conservación seleccionadas: Tempisque (ACT), Arenal-Tempisque (ACAT), Pacífico Central (ACOPAC), Osa (ACOSA), la Amistad-Caribe (ACLAC) y la Amistad-Pacífico (ACLAP) (Kappelle *et al*, 2000).

Posteriormente, el Proyecto ECOMAPAS planificó para el año 2007 la realización de un nuevo mapa de clases fisionómicas y de cobertura de la tierra para ACT, basado en fotografías aéreas infrarrojas (escala 1:40000) del proyecto Misión CARTA 2003 del Programa Nacional de Investigaciones Aerotransportadas y Sensores Remotos (PRIAS), las cuales se encontraban sin ortorectificar ni fotointerpretar, labor que se realizó por medio del presente estudio (Quirós, 2005).

Paralelo a los esfuerzos del INBio, la Universidad de Alberta ha realizado varios estudios sobre los cambios de la cobertura forestal de la región Chorotega empleando imágenes satelitales (Arroyo-Mora *et al*, 2005 a y b, Kalacska *et al*, 2007). La última fase de las investigaciones de la Universidad de Alberta y del Instituto Tecnológico de Costa Rica es apoyada por el Instituto Americano para el Cambio Global (IAI) en un proyecto conocido como TROPI-DRY, bajo su programa Red de Investigación (CRN-2). El objetivo de este proyecto es combinar investigadores de biología de la conservación, ecología y evolución, sensores remotos y sistemas de información geográfica, sociología, antropología, análisis político y forestal para desarrollar un extenso, « estado del arte » entendimiento del estatus del bosque seco (primario y secundario) en las Américas. La investigación se focaliza en el desarrollo de estrategias multidisciplinarias en colaboración con organizaciones nacionales y locales para así producir estudios políticos y usos de la tierra exhaustivos y comparativos en regiones tropicales secas tanto en ciencias naturales como sociales (Sánchez-Azofeifa *et al*, 2005 a y b). El interés de TROPI-DRY en el ACT es mayor, debido a que en esta zona se ha experimentado una fuerte dinámica del paisaje, por ende una clasificación de la cobertura de la tierra empleando fotografías aéreas puede ser de gran utilidad para interpretar los cambios que se detectan empleando imágenes satelitales. Es por esta razón que TROPI-DRY, al igual que el INBio, han apoyado la realización de este estudio.

Con estos antecedentes el objetivo de este proyecto es realizar un estudio de la cobertura de la tierra de ACT, empleando fotografías aéreas infrarrojas del año 2003 (escala 1:40000) y realizar una evaluación de los cambios del paisaje durante el periodo 1998-2003. Además, se pretende comparar estos resultados con los del estudio de cobertura de la tierra para el 2005 con imágenes Landsat, realizado por Sánchez *et al* (2007). Y determinar qué porcentaje de cobertura del ACT se encuentra bajo alguna categoría de protección, como por ejemplo las ASP y los Pagos por Servicios Ambientales (PSA).

OBJETIVOS

General:

Determinar el cambio de cobertura de la tierra en el Área de Conservación Tempisque, periodo 1998-2003

Específicos:

- Ortorectificar las fotografías aéreas infrarrojas de Misión CARTA 2003.
- Fotointerpretar las fotografías aéreas infrarrojas de Misión CARTA 2003.
- Comparar los resultados obtenidos en el año 1998 con los del año 2003.
- Analizar los cambios que se han dado en los ecosistemas en dicha área.
- Determinar el porcentaje del ACT que se encuentra bajo alguna categoría de protección.
- Comparar los resultados del estudio de Sánchez *et al* (2007) con los del presente estudio.

REVISION DE LITERATURA

Para la realización de este estudio se emplearon diferentes técnicas y equipos. A continuación una breve revisión de los aspectos más relevantes a considerar en un estudio de esta naturaleza.

Sensores remotos

Los fundamentos físicos de la teledetección espacial son compartidos con otros sistemas de teledetección (fotografía aérea, televisión...), ya que todos se basan en la medida de la radiación electromagnética emitida o reflejada por los objetos, como respuesta a la incidencia de una radiación natural (solar) o artificial (radar). En el primer caso se habla de teledetección pasiva y en el segundo de teledetección activa (Moreira y Ojeda, 1992).

En otras palabras la teledetección se refiere a la medición de los recursos de la Tierra y el ambiente desde el espacio aéreo (Ryerson, 2003).

La radiación electromagnética se define como la energía transmitida en forma de ondas electromagnéticas o partículas que se propagan a través del espacio a la velocidad de la luz (Arroyo, 2001). Los sensores remotos son diseñados para detectar rangos del espectro con longitudes de ondas y frecuencias específicas, la mayoría de los sensores funcionan en el visible, el infrarrojo y las regiones del microondas del espectro (Arnau, 2005). Las fuentes de energía electromagnética son tres: el sol, cualquier cuerpo con temperatura superior al cero absoluto (0° Kelvin) y la tercera es una fuente artificial –radares– (Moreira y Ojeda, 1992).

Es por medio de los sensores remotos que se puede capturar estos tres tipos de energía y al mismo tiempo capturan la información de los objetos de la tierra sin tener un contacto directo con ellos. La teledetección pasiva como se nombró anteriormente, significa que los sensores solamente se encargan de recibir el reflejo que viene de las emisiones de la tierra, ya sean del sol o de un objeto (con temperatura mayor a un cero absoluto).

Por otra parte la teledetección activa funciona por sus propios medios, el sensor debe emitir una señal y después se encarga de recibir el reflejo de tal emisión.

Los sensores se encuentran situados en plataformas ya sean terrestres, en aviones o satélites (NOAA, METEOSAT, LANDSAT). Sin embargo, todos los sensores luego de obtener la información deben ponerla en términos medibles para enviarla a estaciones de recepción en la Tierra y de esta forma realizar una “interpretación” de las imágenes, como las *fotografías aéreas*, *fotografías aéreas digitales*, *imágenes de satélite*, *imágenes de radar*, etc. (Arnau, 2005).

Fotografías aéreas: las fotografías aéreas se adquieren desde aviones a diversas alturas y con cámaras métricas especiales. Los negativos fotográficos deben ser convertidos a formato digital usando escáner de alta resolución, para luego realizar el procesamiento automatizado. La fotografía puede ser adquirida en un amplio rango de escalas y resoluciones, seleccionando las alturas de vuelo apropiadas (Salcedo, s.f.).

Fotos aéreas digitales: la fotografía aérea digital es adquirida desde aviones a distintas alturas usando sistemas electro-ópticos para capturar la imagen digitalmente, y así evitar el proceso de escaneo. Al igual que con la fotografía aérea convencional, éstas pueden ser adquiridas en un amplio rango de escalas y resoluciones, seleccionando las alturas de vuelo apropiadas (Salcedo, s.f.).

Tecnología

SIG (Sistema de Información Geográfica):

Es un sistema de computación que utiliza información locacional, tal como domicilios, número de lotes, o coordenadas de latitud y longitud para mapear información para un mejor análisis (Geotecnologías, 2007). Otra definición dice que es un sistema formado por material informático (hardware), programas (software) y procedimientos para capturar, tratar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georeferenciados con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación (SIEG, 2007).

Sus principales funciones se clasifican de tres maneras: pre-procesar, procesar y pos-procesar. Pre-procesar es la transformación de la información en una forma apropiada para el análisis, incluyendo operaciones como reformatear, cambio de proyección y generalización. Procesar, encierra toda la integración de la información desde sus diferentes fuentes, sus análisis combinados y modelajes, calibración de los modelos, y el pronóstico y predicción los cuales son manipulados por medio de las instrucciones de SIG. Finalmente, el pos-procesamiento que se ocupa del reformateo, tabulación, generación de reportes y la preparación de mapas finales.

SIG es único, ya que puede sintetizar información variada en una forma cohesiva, debido a sus funciones analíticas como los grupos de clasificación (cluster) y la reclasificación.

En resumen, SIG es una herramienta para procesar mapas, representa aspectos comunes entre tecnologías como procesamiento de imágenes, GPS y mapeo digital, ya que es capaz de integrar la información y proporcionarla al usuario con herramientas analíticas apropiadas (Ryerson, 2003).

GPS (Sistema de Posicionamiento Global):

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) pertenece a unas de las herramientas de la cartografía digital, se encarga de la determinación exacta de posiciones, velocidad y tiempo; generalmente se encuentra cerca o en la tierra y su función principal en lo que se refiere a cartografía es brindar datos digitales georeferenciados de tal modo que puedan ser integrados luego en un Sistema de Información Geográfica. El GPS (Figura 2) está conformado por tres componentes o segmentos: el espacial (satélites), el de control (estaciones terrestres) y el usuario -receptores- (Bennett, 1990).

Tiene su origen en el antiguo sistema de posicionamiento espacial de la Marina de los Estados Unidos denominado “TRANSIT”. El objetivo de dicho sistema era posicionar tanto submarinos (con misiles balísticos) como embarcaciones militares. La constelación GPS está formada 24 unidades operacionales de satélites (sin incluir satélites de respaldo), con órbitas circulares de 12 horas, con una inclinación de 55 grados y ubicados a una distancia de 26.560 Km. de la Tierra, que se desplazan a una velocidad de aproximadamente 4km/s; sin embargo su posición instantánea puede estimarse con un error de unos cuantos metros. Los satélites están organizados en seis planos orbitales con cuatro satélites por órbita. La constelación de 24 satélites se completó el 9 de marzo de 1994 y el sistema fue declarado operacional por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América en 1995 (Fallas, 2002).



Figura 2. Representación de un GPS marca Trimble.

Programas

ER Mapper:

En general ER Mapper se encarga del tratamiento de imágenes raster (imágenes de satélite, ortofotografía aérea, etc.), de modo que pueda abrirse, visualizarse, mejorarse, integrarse, guardar o imprimir el producto final.

ER Mapper se basa en el concepto de algoritmo y set de datos virtuales, lo que le permite tratar gran cantidad de datos sin crear archivos intermedios, ahorrando espacio en el disco del ordenador y facilitando los análisis y pruebas de tratamiento; ofrece una completa lista de funcionalidades desde la georeferenciación, reproyección en tiempo real de imágenes, creación de mosaicos, aplicación de balances de color, extracción de curvas de nivel, realización de modelos digitales del terreno, compresión de imágenes, importación de datos e impresión de algoritmos, proporcionando una solución completa de principio a fin en el procesado de imágenes (Fernández, 2006).

ArcGIS Desktop:

Es una arquitectura integrada de los productos SIG de la casa ESRI (Figura 3) que incluye ArcReader, ArcView, ArcEditor y ArcInfo. Estos cuatro productos comparten una misma interfase, por lo tanto tienen el mismo aspecto y trabajan de la misma manera. La diferencia está en la funcionalidad de cada uno de estos productos, que va desde la más básica ArcReader hasta la de altas prestaciones de ArcInfo (Orduña, 1999-2007).

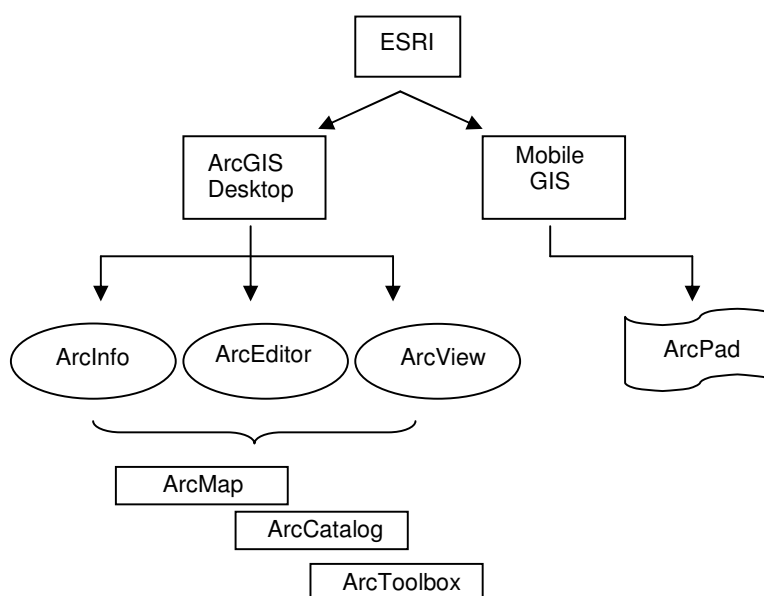


Figura 3. Esquema de la arquitectura de ArcGIS

ArcGIS:

Es un sistema de información geográfica, el cual posee una interfase gráfica de usuario, de manejo sencillo con el ratón, posibilita cargar con facilidad datos espaciales y tabulares para ser mostrados en forma de mapas, tablas y gráficos, también provee las herramientas necesarias para consultar y analizar los datos y presentar los resultados como mapas con calidad de presentación. Algunos ejemplos de lo que se puede obtener es cartografía temática, creación y edición de datos, análisis espacial, geocodificación de direcciones, etc. ArcGIS se compone de tres aplicaciones que están incluidas en ArcInfo, ArcEditor y ArcView, las cuales son ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox (Orduña, 1999-2007).

A. ArcInfo

Es el producto funcionalmente más rico en la familia de ArcGIS. Incluye toda el potencial que puede dar ArcView y ArcEditor, de forma adicional ArcInfo añade el entorno de geoprocésamiento de ArcGIS Desktop, más de 100 herramientas nuevas válidas para trabajar con cualquier formato vectorial de los soportados por ArcGIS, y unas 50 herramientas específicas para formato cobertura. Dispone de funcionalidades de conversión de datos a otros formatos y sistemas de proyección, así como toda la funcionalidad aportada por el entorno de comandos de ArcInfo Workstation (Orduña, 1999-2007).

B. ArcEditor

Diseñado principalmente para crear y editar geodatabases. Se puede crear y modificar bases de datos y esquemas de bases de datos para ficheros shape, coberturas, geodatabases personales, y corporativas o multiusuario; así como la posibilidad de implementar topología basada en reglas. Sin embargo, el ArcEditor no va a ser utilizado durante la producción del nuevo mapa de cobertura (Orduña, 1999-2007).

C. ArcView

Incorpora funciones avanzadas de visualización, análisis y consulta de datos, así como la capacidad de crear y editar datos geográficos y alfanuméricos. Asimismo, contiene ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox (Orduña, 1999-2007).

- **ArcMap:**

Permite realizar mapas a partir de capas o datos espaciales, elegir colores y simbología, interrogar a las bases de datos, analizar relaciones espaciales y diseñar mapas o salidas impresas. La interfaz de ArcMap se compone de una tabla de contenidos donde se listan todas las capas que forman el mapa, una ventana donde se muestra el mapa, y una serie de menús y herramientas para trabajar con las capas y mapas (Orduña, 2007).

- **ArcCatalog:**

Permite manipular y acceder la información geográfica de un modo fácil. Se puede agregar las conexiones de la información geográfica con que se está trabajando al Catálogo; también, se pueden conectar los fólder con los discos locales y compartir fólderes y bases de datos que están disponibles en la red de trabajo (Vienneau, 1999).

Después de construir el Catálogo, es posible observar diferentes vistas para ver las fuentes de información geográfica que están disponibles con su respectiva conexión y explorar los contenidos individuales de las fuentes de datos. Es permisible explorar toda la información del mismo modo en que fue guardada. Además, el programa posee herramientas para organizar y darle mantenimiento a la información (Vienneau, 1999).

Los datos son presentados en una estructura de árbol y a la derecha de la pantalla se pueden observar los archivos espaciales en miniatura, por ejemplo se pueden previsualizar las capas de forma ampliada y obtener los datos relativos al origen y contenidos de ese archivo (Orduña, 1999-2007).

- **ArcToolbox:**

Permite convertir los datos espaciales de un formato a otro, así como introducir un sistema de referencia o cambiar proyecciones de los datos. Las herramientas se encuentran organizadas temáticamente y mediante el empleo de intuitivos asistentes, permiten realizar dichas funciones de forma sencilla e inmediata; su poder radica en funciones para análisis espacial (Orduña, 1999-2007).

ArcPad:

Arcpad es un sistema de información geográfico y de mapeo portátil. El programa se compone de la integración de cuatro tecnologías: SIG, un equipo liviano, el sistema de posicionamiento global (GPS) y una comunicación inalámbrica (Clarke et al, 2002).

Arcpad proporciona acceso a la base de datos, mapeo, SIG y la integración del GPS a los usuarios en el campo. La recopilación de información con Arcpad es eficiente y significativamente mejorable por medio de la validación inmediata de la información y su disponibilidad (Clarke et al, 2002).

Obtención de fotografías aéreas y cartografía digital

Fotografías aéreas:

Las fotografías utilizadas por el Proyecto ECOMAPAS para el mapa de cobertura de la tierra de 1998 provienen de el proyecto RECOPE-MINAE, que recibió el apoyo de la comisión TERRA (1998-1999) (Kappelle *et al*, 2000).

En el caso del Mapa de la Cobertura de la Tierra 2003, se manipularán las fotografías aéreas digitales infrarrojas provenientes de Misión CARTA 2003. Utilizando como plataforma el avión WB-57 de la NASA, el cual voló a 40 mil pies de altura, logrando una cobertura con imágenes digitales aerotransportadas, del 70 por ciento del territorio nacional. Esta Misión se dio por medio del Programa Nacional de Investigaciones Aerotransportadas y Sensores Remotos (PRIAS) (Quirós, 2005).

Cartografía digital:

Para el Proyecto ECOMAPAS se utilizó la cartografía digital del proyecto TERRA y se contará con la misma para el Mapa de Cobertura de la Tierra 2003.

Proyecto ECOMAPAS

El proyecto ECOMAPAS se dirige hacia el inventario, monitoreo y conservación de los diferentes ecosistemas que se presentan a nivel de área de conservación.

La idea del proyecto surge en el año 1997, debido a una fuerte necesidad en cuanto a material por parte del SINAC, como mapas de cobertura de la tierra, uso de la tierra, tipo de vegetación, etc. y por parte del INBio para cubrir la demanda respecto al inventario de biodiversidad nacional. La idea se implementa con el fin de actualizar la información y poder utilizarla eficientemente, ya sea para investigación, protección de nuevas áreas, protección de especies, etc. Por lo tanto, en el año 1998 se comienza con la logística del proyecto, el segundo semestre de ese año se contrata el personal y en octubre de 1998 se inicia la implementación de la metodología propuesta (Acevedo, 2007).

Los objetivos principales son identificar, clasificar, cartografiar y describir los ecosistemas de Costa Rica, principalmente en seis áreas de conservación seleccionadas. Para su creación se contó inicialmente con el apoyo del Gobierno de Holanda y el Proyecto Desarrollo Sostenible de la cuenca hidrográfica del río Savegre, que forma parte del Programa Regional Araucaria, financiado con fondos del Gobierno de España (Kappelle *et al*, 2000 y Acevedo *et al*, 2002).

La metodología utilizada se basa principalmente en la clasificación de la vegetación mundial propuesta por la UNESCO (1973) y resumido por Mueller-Dombois & Ellenberg (1974), de esta manera se toma en cuenta los factores fisionómicos que las otras metodologías existentes no planteaban (Kappelle *et al*, 2000).

En el proceso de la aplicación metodológica se poseen dos componentes, el primero es la Evaluación Ecológica Rápida (EER), la cual se compone de una continuación de análisis detallados de las fotografías aéreas e imágenes geospaciales capturadas por sensores remotos, cuyo objetivo es recolectar información en el menor tiempo posible para una superficie grande.

El segundo componente consistió en desarrollar la clave de clasificación de los ecosistemas, por medio de tres actividades principales; la identificación de la vegetación, el inventario florístico y la descripción de los ecosistemas (Kappelle *et al*, 2000).

Para la identificación preliminar de los ecosistemas ECOMAPAS aplicaron diferentes pasos: fotointerpretación, rectificación u ortorectificación, digitalización, comprobación de campo y georeferenciación (Kappelle *et al*, 2000).

a. Fotointerpretación

Se contó en su mayor parte con fotografías aéreas a color (1995-1998), con escala de 1:40.000 a 1:60.000. Sin embargo cuando no se contaba con información en ciertas áreas, se utilizaron fotografías de años anteriores (1992) en blanco y negro. La fotointerpretación se llevo a cabo utilizando dos estereoscopios de espejos con visor binocular y una ampliación de 3x; incluyendo el análisis del color, textura, tamaño, forma y contexto de las unidades (polígonos). Las unidades fueron dibujadas en acetato transparente, con rápidografos con un diámetro de 0,2 mm y además de las unidades de estudio se demarcaron sistemas de drenaje, el relieve, la red vial y las poblaciones (Kappelle *et al*, 2000).

b. Rectificación u Ortorectificación

La rectificación u ortorectificación fue llevada a cabo manualmente y luego digitalmente, mediante el modelo de elevación, la información de calibración de la cámara utilizada, las fotos del proyecto TERRA y los puntos de control obtenidos de las hojas cartográficas y comprobados en el campo (Acevedo, 2007).

El Modelo Digital de Elevación se obtuvo a partir de la cartografía digital del Proyecto TERRA (tomando en cuenta las capas de puntos de elevación, curvas de nivel y puntos de cotas a escala 1: 25.000).

c. Comprobación de campo

La comprobación de campo se realizó para verificar la información que preliminarmente se había obtenido de las fotografías aéreas, además para conocer de una forma más certera la biodiversidad del lugar y los tipos de vegetación presentes y su ubicación. Entre los datos que se recolectaron, por ejemplo están los datos geográficos, ecológicos y biológicos de los ecosistemas. De esta manera fue posible efectuar las correcciones en el mapa para obtener el mapa final con la clasificación de los ecosistemas (Kappelle *et al*, 2000).

d. Digitalización y creación del Sistema de Información Geográfica

Se procedió a digitalizar la información obtenida en la fotointerpretación usando el programa ArcViewTM de ESRI. Como resultado final se derivan los mapas con la clasificación de los ecosistemas del Área de Conservación Tempisque, los cuales se pueden reclasificar para dar como resultado un mapa de la cobertura de la tierra (Kappelle *et al*, 2000).

e. Cobertura de la tierra

La definición de cobertura de la tierra es fundamental, porque existen muchas clasificaciones y es muy usual que se confunda con uso de la tierra. La cobertura de la tierra es la cobertura biofísica observada desde la superficie de la tierra. Considerando su puro y estricto sentido, se debería referir a la descripción de la vegetación y las estructuras construidas por el hombre. Consecuentemente, las áreas donde la superficie se compone de piedra desnuda o suelo desnudo son tierra en sí, más que cobertura de la tierra. También, es discutible si las superficies de agua son realmente cobertura de la tierra. Sin embargo, usualmente la comunidad científica incluye estas características dentro del término cobertura de la tierra. Es a través de los resultados de la cobertura de la tierra de diferentes años, que es posible realizar el monitoreo de un área en específico (Di Gregorio & Jansen, 2005).

f. Monitoreo

El monitoreo es diseñado para revelar cambios con respecto a un parámetro o parámetros particulares y es repetido en intervalos normalmente regulares y a menudo proporciona una línea de fondo para registro de cambios en el futuro. El monitoreo permite determinar la ocurrencia, tamaño, dirección e importancia de los cambios que se dan en indicadores de la calidad del manejo de un recurso; es importante recalcar que el monitoreo aunque es muy descriptivo necesita de la investigación para mejores resultados (Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo, s.f.).

El enfoque del monitoreo incluye la identificación de métodos que vayan a proporcionar respuestas a preguntas específicas de monitoreo (Gaines et al, 1999).

Ejemplos de monitoreo:

El monitoreo consiste en la interpretación de imágenes de satélite por medio de programas especializados y apoyado con el trabajo de campo. El monitoreo de la cobertura de la tierra es importante para determinar los cambios que se dan en la vegetación cada año o por lo menos cada vez que el monitoreo se efectúe. Mediante el monitoreo se detectan las zonas donde existe pérdida o recuperación significativa de superficie forestal, manglares, agricultura, etc. y poder así tener una base de la realidad para la toma de decisiones (Comisión Nacional Forestal, s.f.).

Monitoreo de diversidad biológica, cuyo propósito es desarrollar una estructura estratégica para predecir el comportamiento de las variables clave, de modo que se pueda mejorar el manejo, aumentar las opciones y proporcionar un aviso temprano de cambio en el sistema (Heywood, 1995).

En este estudio, se pretende realizar el primer monitoreo de la cobertura de la tierra para ACT, basándose en la metodología propuesta por el Proyecto ECOMAPAS.

MATERIAL Y METODOS

Área de estudio

Descripción general

El Área de Conservación Tempisque (ACT) abarca la Península de Nicoya con una extensión de 5156 km², equivalentes al 10,11% del territorio nacional. El ACT limita por el norte con el Área de Conservación Guanacaste (ACG) y el noreste con las Área de Conservación Arenal – Tempisque (ACAT), por el este con el Golfo de Nicoya y los demás puntos cardinales con el Océano Pacífico (Castillo, 2007).

Por su ubicación, esta área es muy importante para la protección y conservación de la cuenca media y baja del río Tempisque, los humedales, los ambientes marinos, islas y los hábitats en sus alrededores. Dentro del ACT existen otras actividades socioproduktivas como la agricultura de subsistencia (granos básicos), la agricultura extensiva de melón, arroz y caña de azúcar de consumo nacional y para la exportación; la ganadería, la reforestación y la protección de bosques secundarios; el desarrollo de las comunidades, el turismo, y de las áreas silvestres protegidas (Obando & García, 2000).

Biodiversidad y conservación

Al pertenecer a la cuenca del Golfo de Nicoya, se crea una influencia del sistema hídrico que afecta la flora y la fauna del lugar, por ejemplo se cuenta con sectores de playa, esteros, valles, llanuras, cerros y sabanas; las cuales son producto de la deforestación masiva de los años 60-70s.

De acuerdo con Holdridge en ACT se encuentran 12 de las 20 zonas de vida, representadas desde bosque seco hasta premontano y bosque húmedo tropical, dándole un fuerte lugar para el turismo y la conservación (Castillo, 2007).

Métodos

Para la generación del mapa de la cobertura de la tierra año 2003 se tomó como metodología base la empleada por el Proyecto ECOMAPAS 1998 (Kappelle *et al*, 2000); y se utilizaron 239 fotografías aéreas infrarrojas del proyecto Misión CARTA 2003, escala 1:40000 (CENAT, 2003). Para esto se contó con computadoras provistas con los programas ER Mapper 6.0 y ArcGIS 9.2, este último programa cuenta con una extensión creada en el INBio para facilitar la digitalización, así como un plotter y dos GPS Trimble.

Clasificación fisionómica

El Proyecto ECOMAPAS creó su propio sistema de clasificación basado en la metodología propuesta por Van Gils y Van Wijgaarden (1984). El supuesto es que en las fotografías se pueden diferenciar 3 tipos de hábitat: árboles, arbustos e hierbas. La clasificación se basa en la identificación y cuantificación de las proporciones de cobertura de las copas de árboles, arbustos y su relación con la sumatoria de esas proporciones, esto mediante la interpretación visual de fotografías aéreas y de su respectiva verificación en el campo. Con este sistema se logra una clave esquemática de nueve clases fisionómicas, llamada Clave para la Clasificación de la Estructura de la Vegetación (Figura 5), además de su explicación en el Cuadro 1 (Kappelle *et al*, 2000):

- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1. Bosque denso | 5. Matorral ralo |
| 2. Bosque ralo | 6. Matorral denso arbolado |
| 3. Herbazal arbolado | 7. Herbazal denso |
| 4. Matorral denso | 8. Herbazal arbustivo |
| | 9. Herbazal ralo |

Se puede visualizar en la Figura 4 la representación idealizada de las nueve clases fisonómicas obtenidas de las fotografías aéreas (Acevedo *et al.*, 2002).

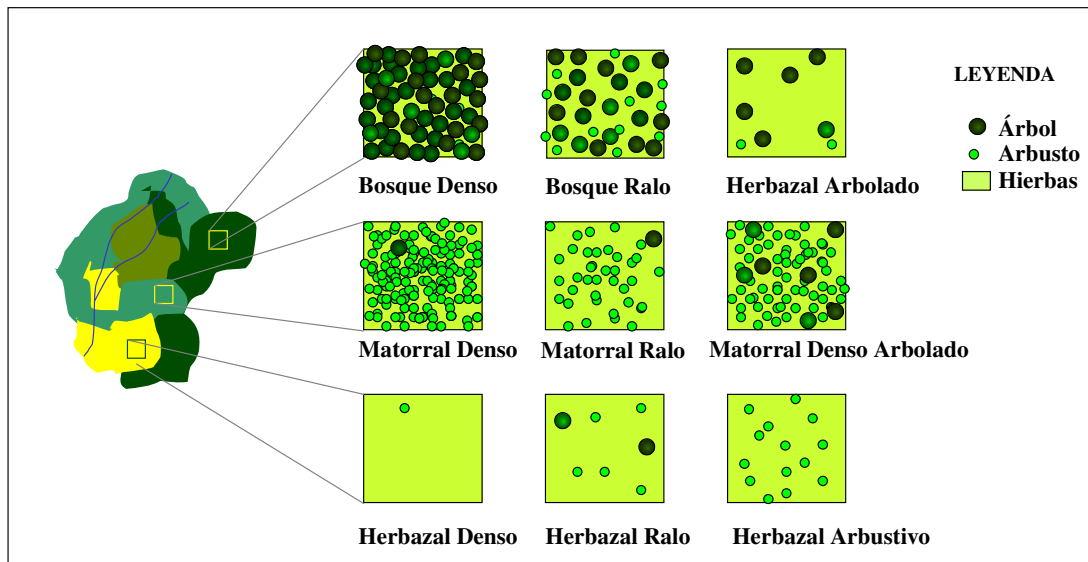


Figura 4. Clases fisonómicas de vegetación en relación con la textura de los polígonos vistos en fotografías aéreas, según la clasificación desarrollada por el Proyecto ECOMAPAS.

Tomado de Acevedo *et al.* (2002) y Kappelle *et al.* (2003).

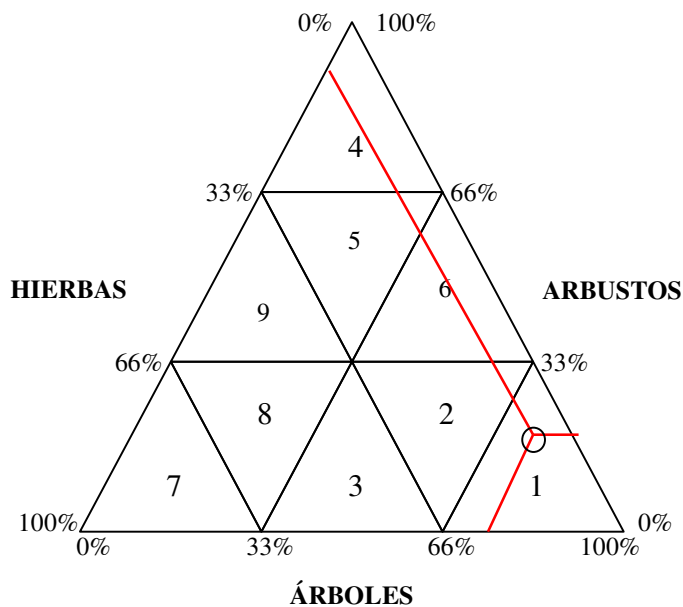


Figura 5. Clave esquemática para la definición de clases fisonómicas de acuerdo a las proporciones de los hábitats, según la clasificación desarrollada por el Proyecto ECOMAPAS.

Tomado de Acevedo *et al.* (2002) y Kappelle *et al.* (2003).

La figura anterior trata de ilustrar cómo se lleva a cabo la clasificación fisionómica. Lo primero que se realiza en la fotografía es la delimitación del polígono. Luego, se interpretan los diferentes tipos de hábitat presentes dentro del polígono y por último, se calculan las proporciones de los hábitats, introduciéndolos dentro del triángulo (Figura 5) y así se obtiene la clase fisionómica.

Ejemplo: $\left. \begin{array}{l} 70\% \text{ árboles} \\ 20\% \text{ arbustos} \\ 10\% \text{ hierbas} \end{array} \right\} \text{ Bosque denso}$

100%

Cuadro 1. Definición de clases fisionómicas de acuerdo a las proporciones de los hábitats, según la clasificación desarrollada por el Proyecto ECOMAPAS.

Tomado de Acevedo *et al.* (2002) y Kappelle *et al.* (2003).

Código	Vegetación	Árboles (%)	Arbustos (%)	Hierbas (%)
1	Bosque denso	> 66	<33	<33
2	Bosque ralo	33 - 66	<33	<33
3	Herbazal Arbolado	33 - 66	<33	33 - 66
4	Matorral denso	<33	> 66	<33
5	Matorral ralo	<33	33 - 66	<33
6	Matorral denso Arbolado	33 - 66	33 - 66	<33
7	Herbazal denso	<33	<33	> 66
8	Herbazal ralo	<33	<33	33 - 66
9	Herbazal arbustivo	<33	33 - 66	33 - 66

Luego de esta clasificación, se procedió a crear una subclasificación de clases fisionómicas (Cuadro 1) por medio de un código de letras para diferenciar el ecosistema en cuanto a su estructura específica, por ejemplo, para separar manglares de plantaciones forestales o bosques, etc. (Kappelle *et al.*, 2000).

Cuadro 2. Clave para la definición de subclases fisionómicas, según la clasificación desarrollada por el Proyecto ECOMAPAS. Tomado de Acevedo *et al.* (2002) y Kappelle *et al.* (2003).

a: Manglar	b: Piña	c: Café	d: Arroz	e: Palma de Aceite
f: Yolillo	g: Banano	h: Bambú	i: Melina	j: Teca
k: Pastos	l: Trichospermum	m: Cacao	n: Pejiballe	o: Plantación Forestal
p: Pochote	q: Cerillo	r: Negra Forra	s: Sabana	t: Pantanoso
u: Quemas	v: Palma Real	w: Caña	x: Frutales	y: Helechos
z: Cultivos Agrícolas				
aa: Marañón	ab: Ornamentales	ac: Chusquea	ad: Cabuya	ae: Ciprés
af: Turbera	ag: Arrayán	ah: Ceanothus	ai: Mango	aj: Baúl
ak: Quercus	al: Mora	am: Acuático	an: Pipales	ao: Melón
ap: Sandía	aq: Cítricos	ar: Acrocomia	as: Granadilla	at: Eucalipto
au: Roble Coral	av: Pino	aw: Hule	ax: Camaronera	ay: Tabaco
az: Frijol				
ba: Maíz	bb: Tiquisque	bc: Cativo	bd: Macadamia	be: Botarrama
bf: Laurel	bg: Pílon	bh: Gallinazo	bi: Guayaba	bj: Guanábana
bk: Blechnum	bl: Abacá	bm: Uva	bn: Limón	bo: Fruta de Pava
bp: Papaya	bq: Sorgo	br: Tifa	bs: Chile Dulce	bt: Nim
bu: Acacia (A. mangium)	bv: Naranja	bw: Chile Picante	bx: Guácimo	by: Flor de Itabo
bz: Algodón				
ca: Zarza	cb: Uvita (Bactris sp.)	cc: Cornizuelo	cd: Yermo	ce: Agrícola en preparación
cf: Costa	cg: Tajo	ch: Playón	ci: Permanente	cj: Intermitente
ck: Salinera	cl: Piscicultura	cm: Cenízaro		

Para el manejo de las fotografías aéreas infrarrojas y la identificación preliminar de las clases fisionómicas se aplicaron diferentes pasos: ortorectificación, fotointerpretación, y digitalización. En este estudio la comprobación de campo no fue posible realizarla por causa del mal tiempo, debido a la presencia de huracanes y tormentas que se dieron a finales del año 2007 en el país, principalmente en la zona de Guanacaste.

Sin embargo, la comprobación de campo iba a contar con dos giras: una pre-gira, que permitiría el reconocimiento del área de conservación; y la segunda, donde se trabaja con formularios de campo de florística y cartografía. Además de la toma de puntos con GPS para aumentar la precisión de los datos y poder efectuar las correcciones del caso. Ambas giras debían contar con la presencia de un botánico, tanto para la identificación de especies como para realizar las observaciones que fueran necesarias.

Formulario florístico, se pretende recolectar la información de la composición florística de la zona, así como sus características y su ubicación en tiempo y espacio (Anexo 3).

Formulario de cartografía, se busca obtener la información con respecto a identificadores fisiográficos, la cobertura de la tierra, el uso actual de la tierra, estratificación, altura de la vegetación, fenología foliar, influencia humana actual, etc.; y al igual que el formulario de florística la ubicación en tiempo y espacio de la zona (Anexo 2).

Ortorectificación

El proceso de ortorectificación se realizó por medio del programa ER Mapper 6.0, con un asistente llamado Ortho y Geocoding Wizard, el proceso consiste en corregir distorsiones locales y globales de la imagen. Esto se logra introduciendo los datos del modelo de elevación digital, datos de calibración de la cámara utilizada y los puntos de control (aproximadamente 20 puntos), que se obtienen a través de una guía vectorial como la cartografía digital de Costa Rica (CENIGA, 1998). Posteriormente, el programa se encarga de ortorectificar la fotografía y dar como resultado una ortofoto u ortoimagen.

El Modelo Digital de Elevación del Área de Conservación Tempisque se obtuvo a partir de la cartografía digital del Proyecto TERRA (tomando en cuenta las capas de puntos de elevación, curvas de nivel y puntos de cotas a escala 1: 25.000). Este modelo se llevó a cabo por medio del programa ER Mapper; a través del asistente llamado Gridding Wizard.

La Ortorectificación produce imágenes muy precisas las cuales pueden ser muy útiles como base de mapas y pueden ser fácilmente incorporadas dentro de un SIG. El éxito del proceso de ortorectificación depende de la precisión del modelo de elevación y la fórmula de corrección (Universidad de Maryland, s.f.).

Fotointerpretación y Digitalización

La fotointerpretación es el proceso por el cual se puede extraer información a partir de fotografías aéreas y la digitalización el proceso que permite delinear las áreas a estudiar. Ambos procesos se efectúan con el programa ArcGIS 9.2, donde se cuenta con las ortofotos de 1998 y 2003. La capa de polígonos obtenida para el año 1998 con la clasificación fisionómica realizado por el proyecto ECOMAPAS-INBIO, sirvió de base para chequear y digitalizar los cambios en superficie de la cobertura de la tierra en las ortofotos del 2003. Para esto se procedió a digitalizar por medio de la extensión Editor y luego se codificaba cada polígono (con una área mínima de mapeo de 2,5 ha) de acuerdo a su tipo de cobertura con la extensión de Digitalización, creada específicamente en el INBio para realizar este trabajo (Pingnot y Acevedo, 2006).

De acuerdo con este sistema, al interpretar el patrón es posible obtener datos preliminares de la fisionomía de los tipos de vegetación. Para ello, en la lectura de las fotografías aéreas se aplican los siguientes supuestos (Com. Pers. Acevedo, 2007)²:

- (1) Se pueden determinar tres estratos verticales de vegetación: árboles, arbustos y hierbas.

² Acevedo, H. 2007. Proyecto ECOMAPAS (entrevista). Santo Domingo de Heredia, Costa Rica, Instituto Nacional de Biodiversidad.

- (2) Se puede identificar el estrato de vegetación dominante: árboles, arbustos o hierbas.
- (3) Se puede estimar un porcentaje de la cobertura de cada estrato de la vegetación (árboles, arbustos y hierbas), para luego determinar el tipo de vegetación (bosques, matorrales o pastizales).
- (4) Se pueden combinar los estratos de la vegetación (árboles, arbustos y hierbas) con otros elementos característicos (forma, tamaño, patrón, tono y textura) y, con ello, realizar una interpretación más minuciosa de las coberturas vegetales (bosques, matorrales o pastizales).

Igualmente, otro tipo de coberturas que se pueden fotointerpretar son: nubes, sombras, cuerpos de agua, terreno descubierto (como quemas) y la infraestructura (casas, edificios, caminos, parqueos, etc.).

Mapa final de cobertura de la tierra 2003

El mapa de cobertura de la tierra se logra reclasificando el mapa preliminar de clases fisionómicas, de modo que el contenido sea más conciso y de simple comprensión, permitiendo así un manejo más adecuado de la información para la toma de decisiones.

La reclasificación se realiza por medio de una tabla llamada *Códigos.dbf* (Anexo 4), la cual se encarga de reunir en 19 categorías las diferentes clases fisionómicas que existen para ECOMAPAS.

Por medio del programa (ArcGIS) se crea el mapa final de cobertura 2003, con una paleta de colores que permita distinguir las diferentes clases fisionómicas y la cobertura de la tierra.

El monitoreo pretende comparar los mapas de los años 1998 y 2003 y sus respectivas tablas de información para determinar cuáles cambios han habido, su proporción e interpretar algunas posibles causas de estos cambios.

RESULTADOS

Los resultados de la cobertura de la tierra para los años 1998 y 2003 se muestran a continuación.

Cuadro 3. Cobertura de la tierra para ACT, año 1998.

Categoría	Área (ha)	Área %
Bosque	260.601,37	49,16
Pastizal	153.836,05	29,02
Cultivo agrícola	39.797,26	7,51
Matorral	28.524,67	5,38
Plantación forestal	18.332,81	3,46
Manglar	8.531,78	1,61
Humedal	8.275,98	1,56
Plantación de frutales	3.543,13	0,67
Cuerpo de agua	3.496,00	0,66
Infraestructura	3.479,00	0,66
Terreno descubierto	980,80	0,19
Sombra	622,65	0,12
No determinada	51,22	0,01
Ornamental	38,83	0,01
Nubes	9,78	0,00
Total	530.121,34	100

Fuente: Proyecto Ecomapas, INBio 2003.

Cuadro 4. Cobertura de la tierra para ACT, año 2003.

Categoría	Área (ha)	Área %
Bosque	247.933,66	46,77
Pastizal	162.722,51	30,70
Cultivo agrícola	43.598,52	8,22
Matorral	28.280,31	5,33
Plantación forestal	16.856,72	3,18
Manglar	8.706,09	1,64
Humedal	8.303,76	1,57
Infraestructura	3.808,05	0,72
Cuerpo de agua	3.457,00	0,65
Plantación de frutales	3.402,68	0,64
Terreno descubierto	1.703,96	0,32
Nubes	1.050,52	0,20
Sombra	180,80	0,03
No determinada	87,08	0,02
Ornamental	29,70	0,01
Total	530.121,34	100

Fuente: Elaboración propia, 2008.

Figura 6. Cobertura de la Tierra para el Área de Conservación Tempisque, 1998.

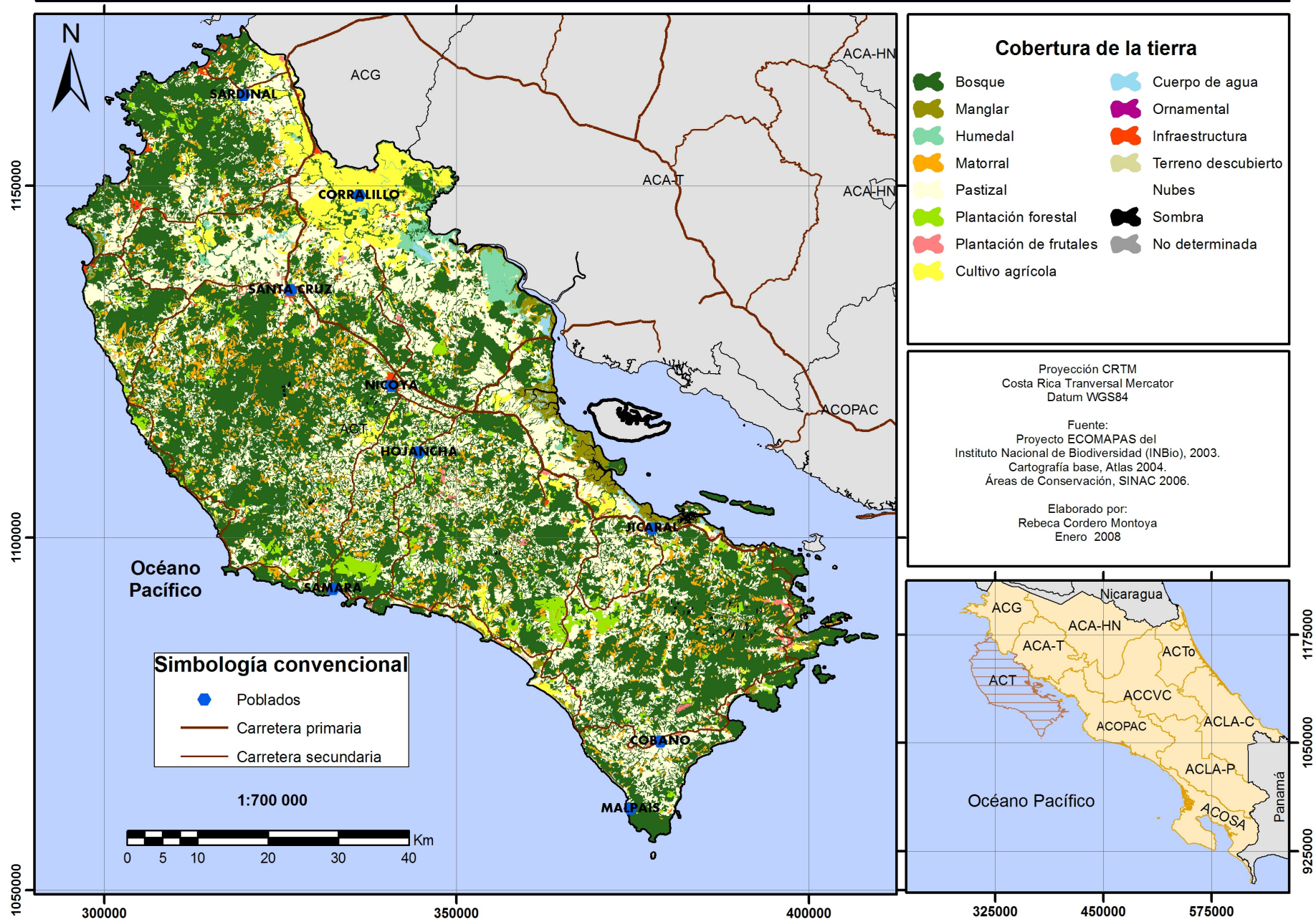
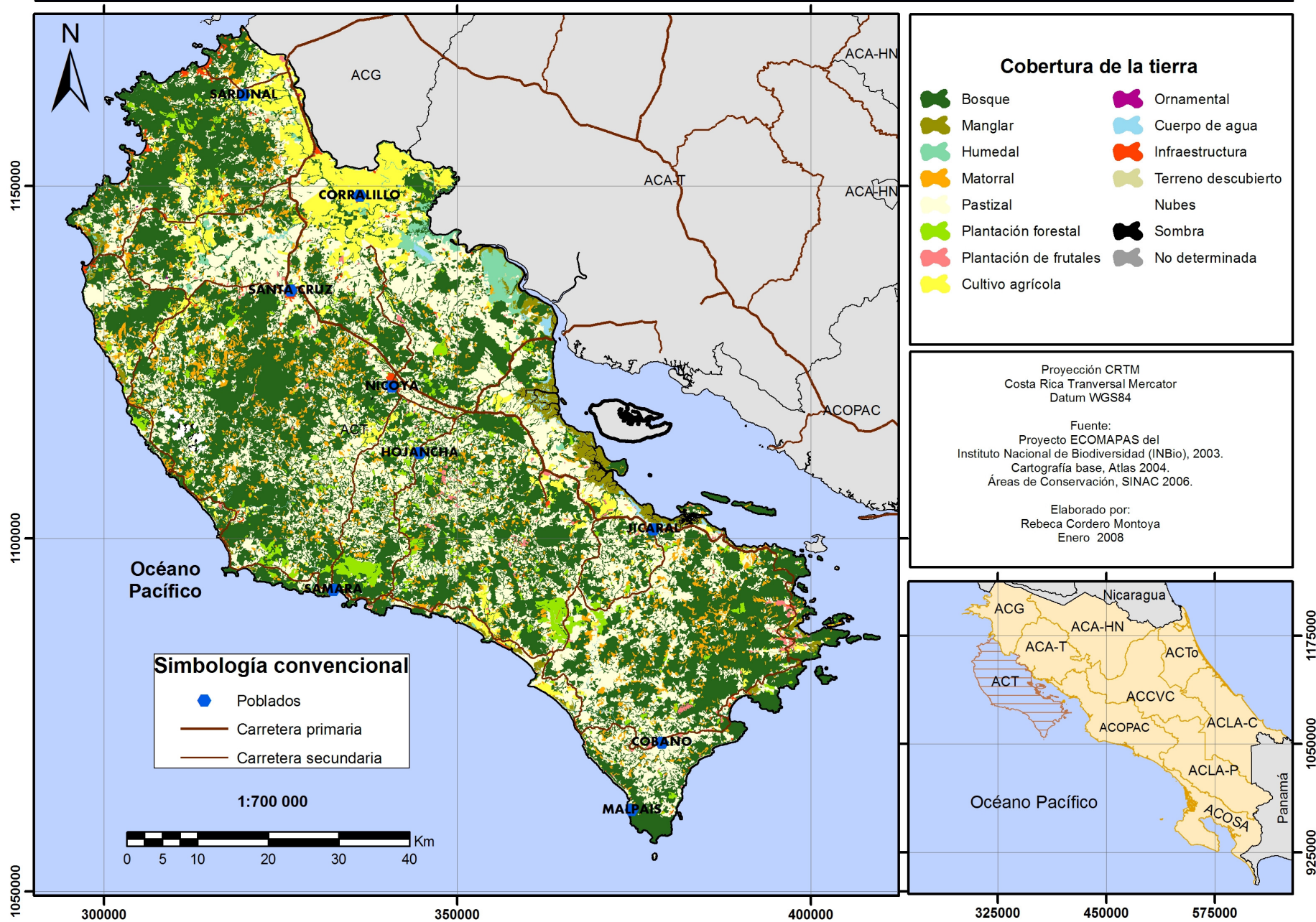


Figura 7. Cobertura de la Tierra para el Área de Conservación Tempisque, 2003.



La cobertura de la tierra entre los años 1998 y 2003 muestra cambios, el principal cambio lo muestra la categoría de Bosque (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cambios en la cobertura de la tierra en el ACT, período 1998 y 2003.

Categoría	1998 (ha)	2003 (ha)	Diferencia (ha)	Diferencia por categoría (%)
Bosque	260.601,37	247.933,66	-12.667,71	5%
Matorral	28.524,67	28.280,31	-244,36	1%
Manglar	8.531,78	8.706,09	174,31	2%
Humedal	8.275,98	8.303,76	27,78	0%
Plantación forestal	18.332,81	16.856,72	-1.476,09	8%
Pastizal	153.836,05	162.722,51	8.886,46	6%
Cultivo agrícola	39.797,26	43.598,52	3.801,26	10%
Plantación de frutales	3.543,13	3.402,68	-140,46	4%
Ornamental	38,83	29,70	-9,13	24%
Cuerpo de agua	3.496,00	3.457,00	-38,99	1%
Infraestructura	3.479,00	3.808,05	329,05	9%
Terreno descubierto	980,80	1.703,96	723,16	74%
Nubes	9,78	1.050,52	1.040,74	10638%
Sombra	622,65	180,80	-441,85	71%
No determinada	51,22	87,08	35,86	70%
Total	530.121,34	530.121,34	-----	-----

Fuente: Elaboración propia, 2007.

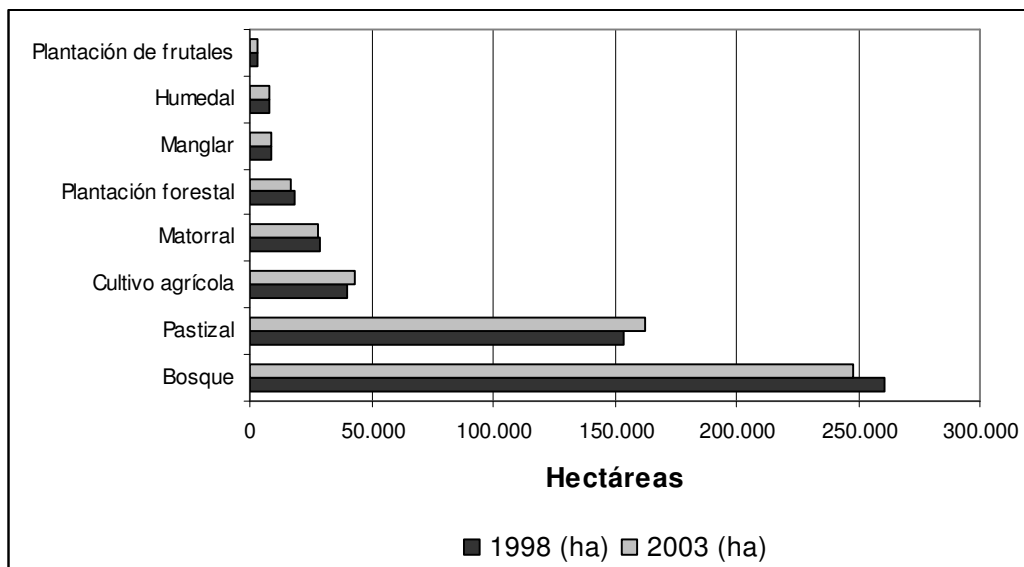


Figura 8. Cambios en la cobertura de la tierra (principales categorías) en el ACT, período 1998-2003.

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Cuadro 6. Factores causales de cambio en la cobertura para ACT, periodo 1998-2003.

Categoría	Área para la cobertura del 2003 en ha										Área Total para 1998
	Bosque	Cultivo agrícola	Pastizal	Humedal	Infraestructura	Manglar	Matorral	Otros	Plantación de frutales	Plantación forestal	
Bosque	242.897	219	12.753	1	333	138	2.806	1.148	17	289	260.601
Cultivo agrícola	58	38.892	511	36	8		139	100	35	19	39.797
Pastizal	1.507	4.193	143.054	179	111	31	3.777	594	66	324	153.836
Humedal		21	41	8.055		90	66	3			8.276
Infraestructura	7	1	153		3.312		5	1	1		3.479
Manglar		7	59	19		8.419	25	3			8.532
Matorral	1.981	137	4.919	4	27	10	21.129	154	34	129	28.525
Otros	496	40	94	8	8	1	134	4.414	0	4	5.199
Plantación de frutales	62	19	209				14		3.237	2	3.543
Plantación forestal	926	69	929		10	18	185	94	11	16.090	18.333
Total 2003	247.934	43.599	162.723	8.304	3.808	8.706	28.280	6.509	3.403	16.857	530.121

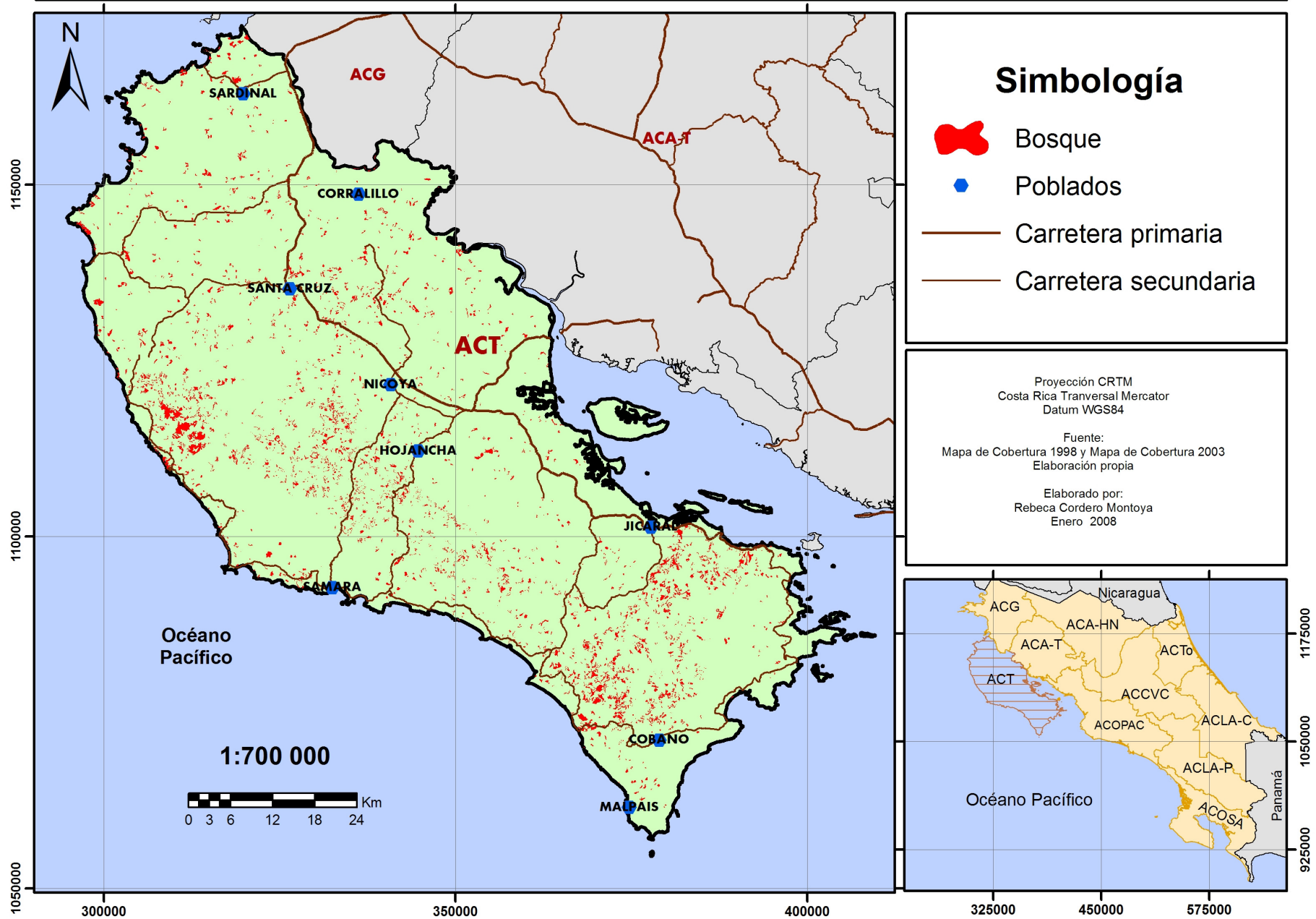
Fuente: Elaboración propia, 2007.

Las filas representan el año 1998 y las columnas representan el 2003. Por ejemplo, el bosque en 1998 tenía un total de 260.601 hectáreas, pero para el año 2003 tiene una representación de 242.897 hectáreas. El cambio es una disminución de la superficie en 12.667 ha.

Sin embargo, del bosque original del año 1998 (260.601 ha), solo quedan 242.897 ha (marcado en gris) para el 2003. El cambio en cobertura es de 17.704 ha. Esta superficie de bosque es transformada en las otras ocho coberturas (pérdida o deforestación).

Al bosque que no cambió en 1998 (242.897 ha) se le agregan 5.037 hectáreas, producto de la recuperación de algunas categorías y a la clasificación de las coberturas basadas en las fotografías del 2003.

Figura 9. Pérdida del bosque en ACT, periodo 1999-2003.



Cuadro 7. Cobertura de la tierra 2003 dentro de las Áreas Silvestres Protegidas del ACT.

Categoría	Protección Absoluta (ha)			Protección Parcial (ha)			Total	Total %
	PN	RB	RNA	RNVS	ZP	HH		
Bosque	7.164	139	1.255	2.029	17.134	497	28.219	69,2%
Pastizal	342	3	13	291	3.063	483	4.194	10,3%
Matorral	494	1		71	1.829	101	2.498	6,1%
Humedal	47			99		2.042	2.188	5,4%
Manglar	280			609		1.154	2.043	5,0%
Cuerpo de agua	52			609		221	882	2,2%
Plantación forestal	12			23	310		346	0,8%
Terreno descubierto	30		7	112		22	171	0,4%
Cultivo agrícola				66	17	24	107	0,3%
Plantación de frutales	8				93		102	0,3%
Infraestructura	11			10	1	1	23	0,1%
Total	8.442	144	1.275	3.920	22.455	4.545	40.780	100%
Total		9.861			30.920		40.780	
Total %		2%			6%		8%	

Fuente: Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2006.

Nota: PN= Parque Nacional, RB= Reserva Biológica, RNA= Reserva Nacional Absoluta, RNVS= Refugio Nacional de Vida Silvestre, ZP= Zona Protectora y HH= Humedal

Cuadro 8. Pago por Servicios Ambientales para ACT, periodo 1999-2003.

Periodo	Modalidad (ha)			Total	Total %
	Manejo	Protección	Reforestación		
1999	11	2.389	152	2.552	11%
2000		1.380	284	1.664	7%
2001		9.972	366	10.338	44%
2002		991	2.089	3.080	13%
2003		5.224	826	6.050	26%
Total	11	19.956	3716	23.684	100%
Total %	0,0%	3,8%	0,7%	4,5%	

Fuente: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, 2005.

Cuadro 9. Diferencia en porcentaje sobre la clasificación de este estudio (2003) con respecto al de Sánchez *et al*, 2007.

Categoría	Cobertura de la tierra ECOMAPAS 2003 con fotografías aéreas (ha)	Cobertura forestal Sánchez <i>et al</i> 2007 con imágenes Landsat 2005 (ha)	Diferencia en % sobre la clasificación de este estudio
Boques y Matorrales	276.213,96	292.335,5	3%

Fuente: Sánchez *et al* (2007).

Figura 10. Áreas Silvestres Protegidas en el ACT y su cobertura

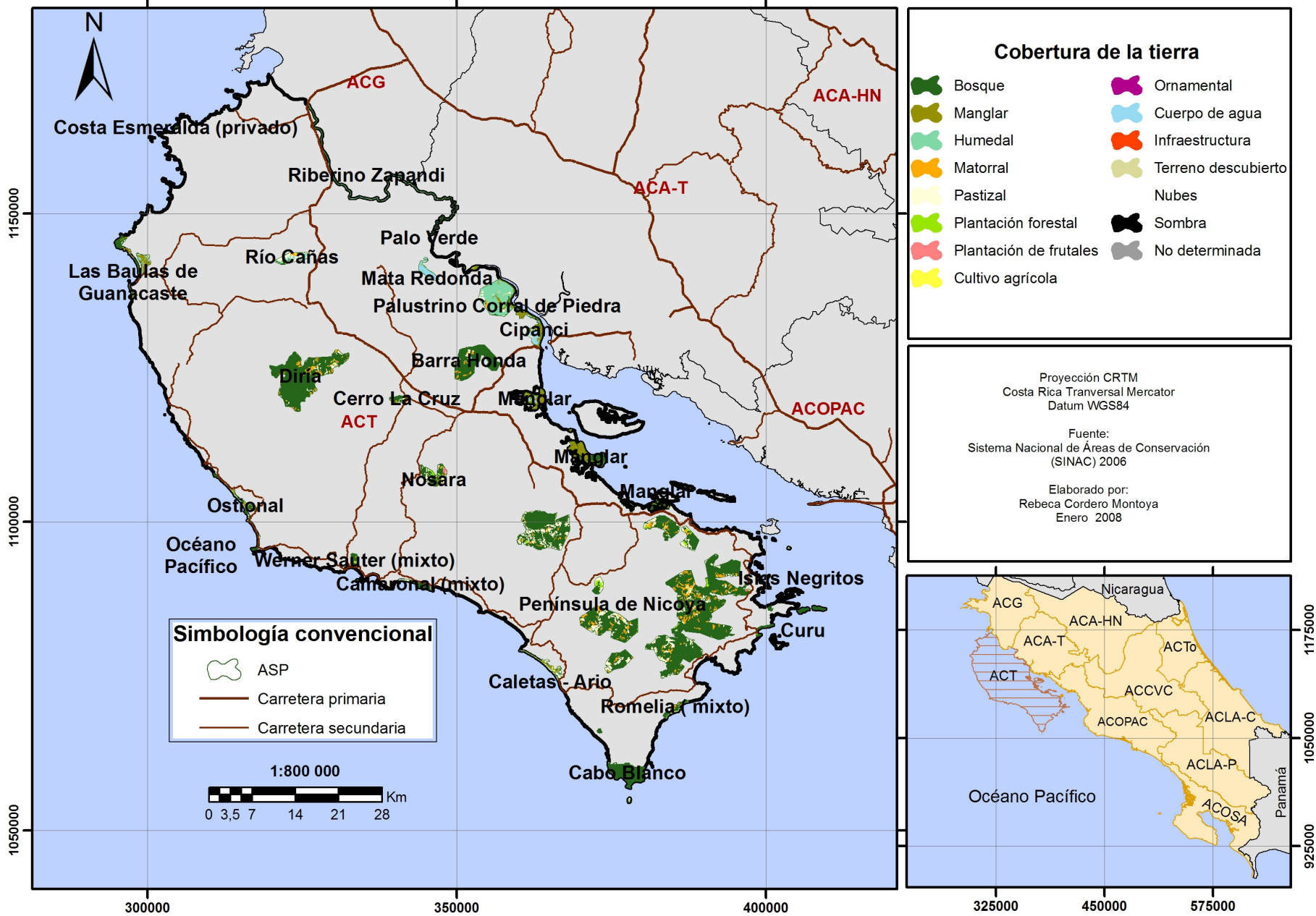
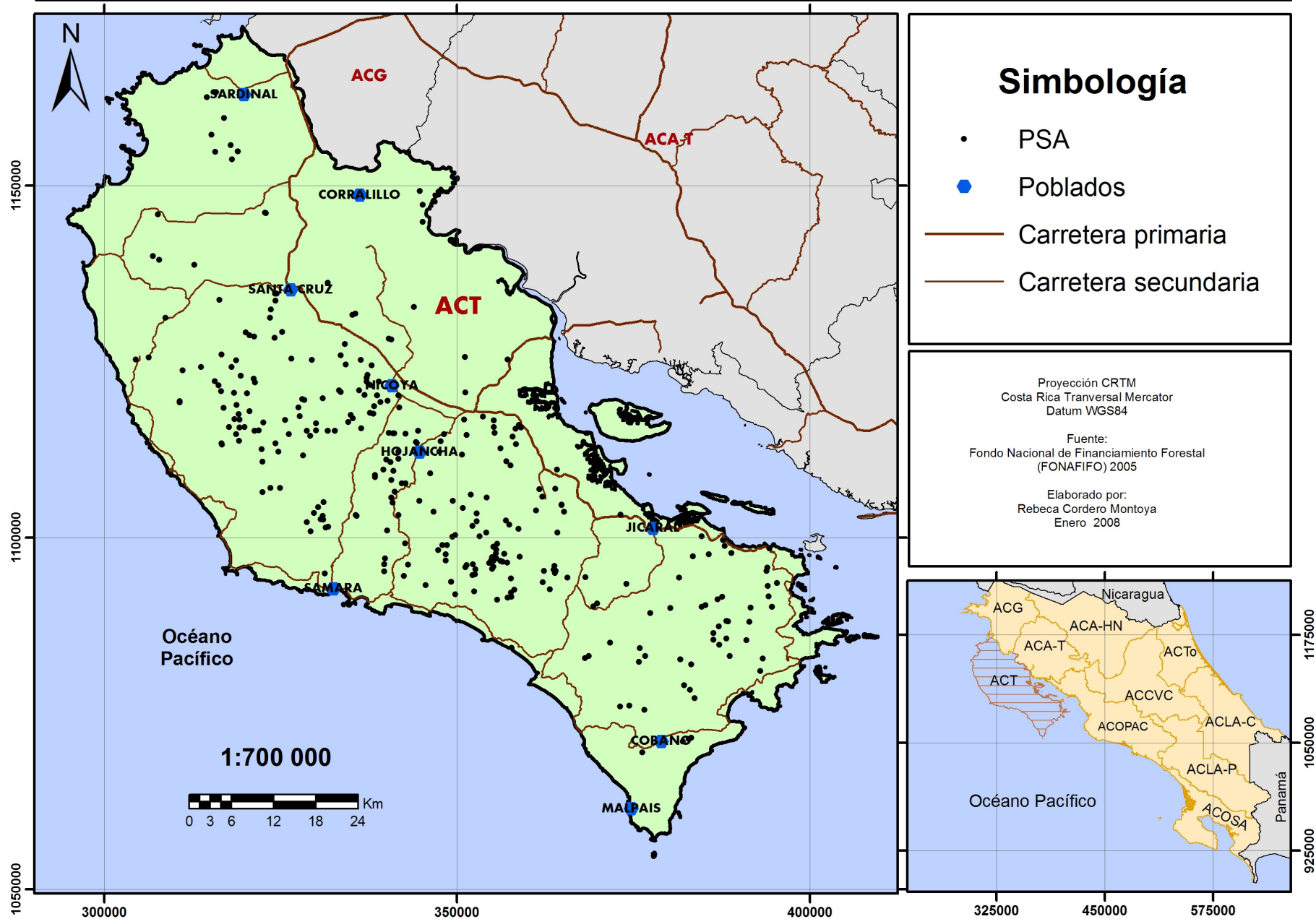


Figura 11. Pago por Servicios Ambientales (PSA) en ACT, periodo 1999-2003.



DISCUSION

Para el año 1998, la mayor parte de la cobertura de la tierra del área en estudio se encontraba concentrada en dos grandes categorías (Cuadro 3 y Figura 6): el bosque es la principal categoría con 260.601 ha (49,16%), seguido por los pastizales con 153.836 ha (29,02%). Las otras tres categorías, que ocupan un lugar importante en el ACT son los cultivos agrícolas (39.797 ha), los matorrales (28.525 ha) y las plantaciones forestales (18.333) que juntas aportan un 16,35% del área de conservación. Cinco categorías constituyen el 94,53% de la cobertura, mientras que las diez restantes ocupan un 5,47% del ACT.

Castro (1968), cita que el 48,6% del área estaba dedicado a pastizales, lo que significa que al año 1998 la cobertura disminuyó en un 40%. En el caso de los cultivos agrícolas en 1968 el 14,1% de la cobertura estaba dedicado a esta actividad, lo que implica que para 1998 disminuyó en un 47%. Lo anterior significa que al disminuir los pastizales y los cultivos agrícolas en este periodo, permitió la recuperación de las zonas de matorrales y bosques.

En el año 2003 la situación de las categorías de cobertura de la tierra dominantes se mantiene similar al año 1998. La cobertura de la tierra se concentra nuevamente en dos grandes categorías (Cuadro 4 y Figura 7): bosque con 247.934 ha (46,77%) y pastizales con 162.723 ha (30,70%). Las siguientes tres categorías importantes son cultivos agrícolas (43.599 ha), matorrales (28.280 ha) y las plantaciones forestales (16.857 ha) que juntas aportan un 16,73% del total de la cobertura. Estas cinco categorías constituyen un total del 94,2% y las restantes 5,8% del área de conservación.

Agrupando como “cobertura natural” las categorías bosque, matorral, manglar y humedal, se puede determinar que en el año 1998 el 57,71% del territorio del ACT estaba dominado por esta cobertura; mientras que en el año 2003 era de un 55,31%. Hubo una disminución del 0,4%.

De acuerdo con la literatura para el año 1998 la cobertura del bosque era de 260.601 ha y para el 2000 de 334.500 ha, pero para el 2003 cuenta con 247.934 ha, lo que indica que del año 1998 al 2000 el bosque tuvo un crecimiento continuo, no obstante para el 2003 no se presenta el mismo comportamiento, sino mas bien un decrecimiento (Sánchez, A. *et al*, 2002). Probablemente este decrecimiento entre el 2000 y el 2003, se debe a que en el estudio realizado por Sánchez *et al*, 2002, se modificó el protocolo de clasificación de la imagen Landsat, dado que el bosque seco presenta muchos inconvenientes de clasificación por ser caducifolio, así para el año 2003 al mejorarse el protocolo se corrigió la clasificación (Com. Pers. Calvo, 2008)³.

La comparación de los dos años 1998 y 2003 empleando fotografías aéreas (Cuadro 5) permite evidenciar los cambios para este periodo para cada categoría de cobertura de la tierra. La cobertura bosque disminuyó un 5%, representado una pérdida 12.668 ha para el año 2003 (Figura 9). Lo mismo ocurre con el matorral; que tiene una disminución cercana al 1%, con una pérdida de cobertura de 244 hectáreas.

Por el contrario, los pastizales y los cultivos agrícolas presentan un aumento del 6% (8.886 ha) y el 10% (3.801 ha) respectivamente (Cuadro 5). En el caso de las plantaciones forestales hay una disminución de 1.476 ha. Este comportamiento se muestra gráficamente en la figura 8.

Los manglares y humedales presentan un cambio mínimo (Cuadro 5), esto debe verse como positivo. Este pequeño aumento se debe a que las fotografías aéreas del 2003 son infrarrojas, lo cual permitió delinear mejor los límites de los polígonos de las categorías que son influenciadas por el agua con respecto a las fotografías del año 1998.

Esto es substancial, pues el ACT posee muchos límites costeros, de esta forma se mantienen los ecosistemas naturales que tienen un impacto sobre la regulación del flujo hídrico, que procura la estabilidad de la flora y la fauna que habita en estos lugares. Además es probable que estas categorías se encuentren dentro de las ASP.

³ Calvo, JC. 2008. Estudio de Monitoreo de Cobertura Forestal de Costa Rica 2005 (entrevista). Cartago, Costa Rica, Escuela de Ing. Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Se observa que la categoría de terreno descubierto tuvo un aumento significativo del 74% (723 ha). Con base en la experiencia de la interpretación visual de las fotografías del año 2003, esto se debe principalmente al acontecimiento de incendios naturales o quemas controladas producidas en los terrenos agrícolas.

Existen otras tres categorías que muestran un aumento considerable: nubes, sombras y no determinada. En el año 2003 hubo mayor cantidad de nubes durante el periodo de captura de fotografías en esta región; lo que provoca a la vez mayor cantidad de sombras. El aumento de la categoría “no determinada”, es factible que sea causado por la diferencia de los tipos de fotografías utilizadas en ambos años. Las fotografías aéreas color natural en el año 1998 y las fotografías aéreas infrarrojas en el 2003. Dependiendo del fotointerprete, la variación de colores puede dificultar la labor de fotointerpretación de ciertos patrones.

La justificación de los cambios mencionados anteriormente para el periodo 1998-2003 se explica mejor en el Cuadro 6. Este cuadro permite determinar el cambio de cobertura que hubo para cada categoría, pero además se puede deducir cuál categoría del año 2003 impactó sobre la cobertura del año 1998. Por ejemplo, la categoría bosque presenta ganancias en pastizales (15.067 ha), en matorrales (1.981 ha) y en plantaciones forestales (926 ha), lo que significa que para el año 1998 estas tres categorías no eran bosque, pero para el 2003 el fotointerprete considera que ocurrió un cambio, por lo tanto, asigna la categoría bosque. Estos cambios se dan debido a que después de 5 años de crecimiento un pastizal y un matorral pueden modificar sus características al punto de clasificarse como bosque, igual en el caso de una plantación forestal si ésta es abandonada, la misma puede interpretarse como bosque.

Al igual, debe tomarse en cuenta que la fotointerpretación para los dos años fue realizada por dos grupos diferentes de fotointerpretes y la metodología utilizada es altamente visual, puede darse el caso que un fotointerprete llegue a confundir un bosque con un matorral denso (debido a la densidad de copas), pero jamás con un pastizal (dominado por hierbas o en franco estado de abandono). Es por esta razón que la comprobación de campo es de mucha importancia para verificar el trabajo de fotointerpretación realizado.

De acuerdo a los resultados, es evidente que la mayor disminución del bosque es a causa del aumento de los pastizales (12.753 ha), los cuales pueden presentarse debido a efecto de los incendios forestales (ya sean provocados por causas naturales o inducidas) y a la tala del bosque. De acuerdo con las fotografías, se observan pocos rastros de quemas, así que se podría deducir que la mayor causa de los pastizales es la deforestación, sin embargo, las quemas pudieron ocurrir en los años 1999, 2000, 2001 o 2002, por lo tanto no es posible asegurar cual es la principal. En cuanto a los matorrales (2.806 ha), por su composición florística y sus diferentes estados de sucesión natural tienden a confundirse con bosques. Pero aquellas áreas con menor edad sucesional son más susceptibles a cambios por pastizales, para el manejo de ganado vacuno. No cabe duda que esta categoría es muy dinámica. Por otra parte la infraestructura (Cuadro 5) presenta un cambio del 9%, es decir un aumento de 329 ha, haciendo disminuir al mismo tiempo la cobertura boscosa. Cabe destacar que la mayoría de infraestructura durante el proceso de fotointerpretación se encontró en las partes cercanas a las playas o centros turísticos, como por ejemplo caminos. Estos polígonos no son áreas 100% dominadas por centros de desarrollo turísticos, pero tienen una alta incidencia de construcciones que al entremezclarse con la vegetación circundante se desarrolla una estructura muy difícil de clasificar como cobertura natural, razón por la cual se clasifican como infraestructura. Finalmente, en el caso de las plantaciones es porque quizás siempre fueron plantaciones pero en el 1998 se clasificaron como bosque o inclusive puede existir un error de fotointerpretación.

Cobertura de la tierra vrs Áreas Silvestres Protegidas

El mapa de cobertura de la tierra para el 2003 fue comparado con la capa de Áreas Silvestres Protegidas, que se encuentran dentro del ACT (SINAC, 2006), obteniendo como resultado que ACT cuenta con 40.780 ha protegidas, lo que representa un 8% del área de conservación (Cuadro 7). Específicamente un 2% se encuentra bajo la categoría de manejo de Protección Absoluta, la cual incluye tres categorías de manejo: parque nacional (PN), reserva biológica (RB) y reserva natural absoluta (RNA). El otro 6% esta bajo Protección Parcial, como son: refugio nacional de vida silvestre (RNVS), zona protectora (ZP) y humedal (HH). Dentro de la Protección Absoluta se puede notar que los parques nacionales poseen coberturas (373 ha) que no concuerdan con el uso y manejo permitido. Por ejemplo, se observó que en el Parque Nacional Diríá existen coberturas como pastizales, plantaciones forestales y plantaciones de frutales. Esto se debe a que en 1994 esta ASP se encontraba bajo la categoría de RNVS y fue hasta el 2004 que por modificación del Decreto Ejecutivo N° 23126-MIRENEM cambió a PN. Por otro lado, el 50% de las tierras de este parque nacional no han sido compradas por el estado, por ende los propietarios pueden seguir llevando a cabo sus actividades normales (Compres. Valverde, 2008)⁴.

En cuanto al área de plantaciones forestales que se encuentran dentro del Parque, algunas son por problemas de compatibilidad de cartografía, ya que la mayoría se encuentran en los límites del parque. Esto es porque las fotografías aéreas son escala 1:40.000 y la cartografía del Proyecto TERRA es escala 1:25.000, para producir el mapa de cobertura de la tierra 2003 escala 1:25.000. Pero, la cartografía de las ASP del SINAC son escala 1:50000, proporcionando menor detalle. Esto influye principalmente en los límites de los parques nacionales y la propiedad privada, de modo que el área de una plantación forestal puede ser tomada como parte del área del parque cuando en realidad no lo es.

⁴ Valverde, JM. 2008. Tenencia de la tierra en el PN Diríá (entrevista). Guanacaste, Costa Rica, Area de Conservacion Tempisque.

La infraestructura (11 ha) es otra de las categorías incluidas dentro de los PN; puntualmente se observó infraestructura (específicamente edificios) ubicada dentro de los 50 metros de la zona marítimo terrestre, en el PN Las Baulas de Guanacaste.

Cobertura de la tierra vrs Pago por Servicios Ambientales

Se comparó además, la capa de PSA con el mapa de cobertura del 2003. Por lo tanto, se tiene que en el periodo 1999-2003, el 4,5% del territorio del ACT estaba protegido temporalmente por los PSA (23.684 ha), representado por 251 fincas con un promedio de 94,36 ha por finca (Cuadro 8). De este total, el 3,8% se encontraba bajo la categoría “protección”, esto es importante, ya que dentro de esta modalidad, no se permite ningún tipo de cambio, solamente la protección absoluta del bosque. Además, la categoría reforestación constituye el otro 0,7%.

El aporte de PSA por protección en el ACT ha sido muy variable (Cuadro 8), con incrementos fuertes como en el 2001 y 2003, pero para el año 2000 y 2002 son pocas las fincas sometidas a este sistema de conservación. La justificación para el incremento del año 2001 se debe a que ACT fue la primera área de conservación en implementar los PSA, solamente esta área contaba con este tipo de protección. Para el 2003 el incremento de protección de bosque, es originado por los fondos del Proyecto ECOMERCADOS, lo cual aseguró el presupuesto para ese año. La disminución para los años 2000 y 2002 es a causa de que todo el país ya estaba implementando los PSA, por lo tanto, ACT no tenía la exclusividad. En el caso de PSA por reforestación la dinámica es diferente, cada año se incrementa la cantidad de superficie bajo esta categoría, excepto para el 2003. Una de las razones es la venta de tierras a extranjeros a lugar de invertir en reforestación (Com.Pers. Sánchez, 2008)⁵.

⁵ Sánchez, O. Pago de Servicios Ambientales (entrevista). Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. San José, Costa Rica.

Al comparar, la totalidad de superficie otorgada (3.716 ha) bajo la modalidad de PSA reforestación durante el período 1999-2003, con la totalidad de superficie identificada en el mapa de cobertura de la tierra del 2003 (16.857 ha), se puede deducir que hay una fuerte inversión en reforestación con fondos propios.

En resumen la cobertura forestal del 2003 para el ACT esta protegida en un 8% por ASP y un 4,5% por PSA, lo que muestra que en total existe un 12,5% del territorio con alguna categoría de protección. Esto es importante de resaltar, puesto que es por medio del bosque, los manglares, humedales, etc. que se mantiene la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad de Costa Rica. Al mismo tiempo es importante resaltar que la mayoría del bosque fuera de este porcentaje se encuentra en tierras privadas, por lo que se debería aumentar los PSA con el fin de seguir protegiendo una serie de procesos ecológicos que mantienen el funcionamiento de los ecosistemas.

Cobertura de la tierra 2003 vrs Cobertura forestal del 2005 empleando imágenes Landsat 2005.

En el estudio realizado para FONAFIFO por Sánchez *et al* (2007), se obtuvo una clasificación de la cobertura forestal de todo el país empleando imágenes de satélite Landsat del año 2005. Esta clasificación empleó un protocolo especial para bosques caducifolios desarrollado por el Proyecto Tropi-Dry. La intención en este apartado es comparar someramente los resultados generales de esta clasificación contra los obtenidos en este estudio.

En este análisis se comparan las clasificaciones de cobertura forestal, dado que la clasificación de Sánchez *et al* (2007) toma en cuenta bosque tardío, intermedio y temprano. Bosque temprano es similar a la clasificación de Matorral para este estudio, y por tanto, las categorías Bosque y Matorral de la clasificación del 2003 se asumen como equivalentes a las tres categorías de bosque que se empleó en Sánchez *et al* (2007).

Como se observa en el Cuadro 9, el área de clasificación de Sánchez *et al* (2007) es ligeramente más alta que la detectada en este estudio. A pesar de ser dos metodologías diferentes, se puede concluir que la clasificación de Sánchez *et al* (2007) es precisa si se toma en cuenta que se trabaja con imágenes de satélite Landsat, con una escala mas propensa al error (1:200000). Una diferencia de 3% es despreciable. Igualmente hay que tomar en cuenta que hay dos años de diferencia entre los dos estudios, y por tanto un aumento de la cobertura es justificable.

CONCLUSIONES

- Para los años 1998 y 2003 la cobertura se concentra en dos grandes categorías: bosque (260.601 ha y 247.934 ha respectivamente) y pastizales (153.836 ha y 162.723 ha respectivamente).
- El cambio en la cobertura del bosque es del 5%, representado una disminución para el año 2003 de 12.668 ha.
- La cobertura del bosque se ve principalmente disminuida por causa de los pastizales (12.753 ha), matorrales (2.806 ha) y plantaciones forestales (289 ha). Esto implica que un alto porcentaje de la disminución se relacionó probablemente a incendios forestales o tala, dado que se amplió la cobertura de pastizales y matorrales.
- Los pastizales y los cultivos agrícolas presentan un aumento del 6% (8.886 ha) y el 10% (3.801 ha) respectivamente.
- La categoría pastizal ganó cobertura principalmente por parte de los matorrales y las plantaciones forestales (5.848 ha)
- La categoría de cultivos agrícolas debe su aumento a la pérdida de cobertura en pastizales 4.193 ha y matorrales 137 ha.
- La categoría no determinada presenta un aumento del 70% en el 2003; posiblemente provocado por la variación de colores entre las fotografías aéreas de los años 1998 y 2003.

- Los manglares y humedales presentan un cambio mínimo. Esto probablemente debido a que se encuentran dentro de las zonas protegidas.
- En este estudio se detectó una tendencia a la pérdida de cobertura de bosque, lo que contradice la tendencia mostrada en las últimas décadas para la Península de Nicoya. Es posible que el turismo y el aumento en los precios de la carne sea uno de los factores socioeconómicos y políticos que están deteniendo la recuperación de cobertura natural de la región.
- El ACT posee 12,5% de su territorio en protección por diferentes categorías de manejo: un 6% de Protección Absoluta, un 2% de Protección Parcial y 4,5% por Pago de Servicios Ambientales.
- El área de clasificación de Sánchez *et al* (2007) es ligeramente más alta que la detectada en este estudio, con una diferencia del 3%, la cual es despreciable si se toma en cuenta que Sánchez *et al* (2007) trabajó con imágenes de satélite.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda estudiar las causas de los cambios en cobertura de la tierra encontrados mediante una comprobación de campo para poder comprender la dinámica del paisaje en función de los factores sociales, económicos y políticos, solo así este estudio podría retroalimentar a los decisores políticos sobre el diseño y la efectividad de las políticas de conservación y desarrollo que han fomentado.
2. Realizar una tercera evaluación de la cobertura de la tierra para detectar si la tendencia de la pérdida de bosque continua o se ha estabilizado. Por ejemplo, tanto el INBio como la Escuela de Ingeniería Forestal del ITCR podrían proponer esta evaluación a partir de las fotografías tomadas por el CENAT en el año 2005.
3. Se sugiere que para posteriores estudios similares a este (prácticas de especialidad), se trabaje en parejas o grupos de tres personas; ya que el trabajo técnico es muy extenso para una sola persona.
4. Para el Proyecto ECOMAPAS del INBio se recomienda:
 - El grupo de fotointerpretes debería ser máximo de 3 personas, para disminuir al mínimo las discrepancias en los resultados.
 - Para este tipo de estudios se propone que las comprobaciones de campo se realicen en la época seca, para evitar contratiempos y altos costos durante la estación lluviosa.

- La labor de fotointerpretación es extensa, por lo tanto, se recomienda buscar un programa que procese 2 ó más fotografías a la vez. Por ejemplo, ERDAS Imagine.

5. Para el Proyecto Tropi-Dry:

Este estudio demostró que la diferencia entre la clasificación de este estudio, que se considera más precisa, con la clasificación obtenida con imágenes Landsat, fue mínima, lo que implica que el nuevo protocolo de clasificación está bien ajustada a la realidad del campo. No obstante, se indica que la evaluación realizada en este estudio fue solo sobre totales y no sobre el error espacial, por lo se sugiere al Proyecto Tropi-Dry realice una evaluación sobre el error espacial de la clasificación.

BIBLIOGRAFIA

Acevedo, H.; Bustamante, J.; Paniagua, L.; Chaves, R. 2002. Ecosistemas de la cuenca hidrográfica del río Savegre Costa Rica. 1 ed. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad. 352 p.

Arnau, P. 2005. Módulo Opcional SIG y Teledetección. UNIGIS. 7º ed. España. Universitat de Girona. 226 p.

Arroyo, P; Sánchez-Azofeifa, A; Rivard, B; Calvo-Alvarado, J and D. Janzen. 2005a. Dynamics in landscape structure and composition for the Chorotega region, Costa Rica from 1960 to 2000. *Agriculture, Ecosystems and Environment* Vol (106) 27–39

Arroyo-Mora, J.; Sánchez-Azofeifa, A.; Kalacska, M; Rivard, B; Calvo-Alvarado, J. and D Janzen. 2005b. Secondary Forest Detection in a Neotropical Dry Forest Landscape Using Landsat 7 ETM+ and IKONOS Imagery. *BIOTROPICA* 37(4): 497–507.

Arroyo, P. 2001. Introducción a los Sensores Remotos y la Interpretación de Imágenes. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 29 p.

Castillo, E. 2007. Grúas II Propuesta de Ordenamiento Territorial para la conservación de la biodiversidad en CR. Informe Final II parte por Área de Conservación, informe técnico N° 7. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.

Clarke, S; Greenwald, C; Spalding, V. 2002. Using ArcPad. ESRI. Estados Unidos de América. 390 p.

CONAFOR. s.f. Especificaciones técnicas para el monitoreo de la cobertura de la vegetación basado en imágenes de satélite MODIS. México. Comisión Nacional Forestal. 19 p.

Costa-Gorriz, B; Vilamajó-Alberdi, D; Amaral, S. 1999. Evolución del uso de la tierra e identificación de áreas de conflicto en la cuenca del Río Grande, Municipio de Ubatuba, S.P., Brasil. *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra*. Consultado el 11 de diciembre del 2007. Disponible en: http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=390

Di Gregorio, A. & Jansen, L. 2005. Land Cover Classification System. Classification concepts and user manual, software version 2. Environment and Natural Resources Service. FAO. Roma, Italy. 190 p.

Disponibilidad de datos satelitales para monitoreo en el Chaco seco argentino. Consultado el 11 de diciembre del 2007. Disponible en:
<http://www.geocities.com/hzerda/monitoreo/monitor.htm>

Fallas, J. 2002. Sistema de Posicionamiento Global. Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional. 50 p.

Gaines, W; Harrod, R;Lehmkuhl, J. 1999. Monitoring Biodiversity: Quantification and Interpretation. Gen. Tech.Rep. PNW-GTR-443. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Unites States of America. 27 p.

Generalidades del SIG. GeoTecnologías. Consultado el 08 de enero del 2008. Disponible en:
<http://www.geotecnologias.com/Documentos/GIS.pdf>

Goldsmith, F.B. (ed) 1991. Monitoring for Conservation and Ecology. 1-14. Chapman and Hall, London.

Hartando, H; Lorenzo, M.C; Frio, AL. 2002. Collective action and learning in developing a local monitoring system. International Forestry Review 4 (3): 184.

Heywood, VH. 1995. Global Biodiversity Assessment. United Nations Environment Programme. University of Cambridge. Great Britain.

INBio (Instituto Nacional de Biodiversidad). 2005. Cobertura del Suelo Área de Conservación Amistad-Caribe. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Mapa escala 1:450.000.

Kalacska, M; Sánchez-Azofeifa, A; Rivard, B; Caelli, T; White, P; and Calvo-Alvarado, J. 2007. Ecological fingerprinting of ecosystem succession: Estimating secondary tropical dry forest structure and diversity using imaging spectroscopy. Remote Sensing of Environment. 108: 82–96.

Kappelle, M; Castro, M; Acevedo, H;González, L; Monge, H. 2002. Ecosistemas del Área de Conservación Osa (ACOSA).1 ed. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad. 500 p.

Manual de Inventarios para la Biodiversidad. s.f. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador, C.A. El Salvador.

Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo: una guía para operadores forestales y certificadores con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación. s.f. World Wildlife Fund (WWF).

Obando, V. & García, R. 2000. Estrategia de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad. Área de Conservación Tempisque. Ministerio de Ambiente y Energía - Sistema Nacional de Áreas de Conservación (MINAE-SINAC).

Oficina Nacional Forestal. 2004. Programa de Pago de Servicios Ambientales PSA. Su evolución entre 1997-2004.

Orduña, F. 2007. Aplicaciones de software SIG: ArcGIS 9.2. Lección 1: Introducción a ArcGIS Desktop. UNIGIS Girona. 9ª ed. España. Universitat de Girona.

Quirós, B. s.f. Manejo y análisis de imágenes digitales. MICIT. Costa Rica. Consultado el 10 de julio, 2007. Disponible en: <http://www.conicit.go.cr/boletin/boletin32/>

Ryerson, R; Kalensky, Z; Gosselin, C; FAO consultants. 2003. Geo-information for agricultural development. A selection of applications. Environment and Natural Resources Service. FAO. Roma, Italy. 108 p.

Sánchez-Azofeifa, A; Kalacska, M; Quesada, M; Calvo-Alvarado, J; Nassa, J. 2005a. Rodríguez. Need for Integrated Research for a Sustainable Future in Tropical Dry Forests. Conservation Biology, Vol 19 (2).1-2.

Sánchez-Azofeifa, A; Quesada, M; Rodríguez, P; Nassar, J; Stoner, K; Castillo, A; Garvin, T; Zent, E; Calvo-Alvarado, J; Kalacska, M; Fajardo, L; Gamon, J; Cuevas-Reyes, P. 2005b. Research Priorities for Neotropical Dry Forests. BIOTROPICA 37(4): 477-485

Sánchez-Azofeifa, A; Calvo-Alvarado, J; Chong, M; Castillo, M; Jiménez, V. 2007. Estudio de Monitoreo de Cobertura Forestal de Costa Rica 2005. I. Parte: Clasificación de la Cobertura Forestal con Imágenes Landsat ETM+ 2005. Proyecto ECOMERCADOS, Fondos GEF-ECOMERCADOS, Convenio de Donación TF 023681. 36 pp.

Sánchez, A; Foley, S; Hamilton, S; Calvo, J; Arroyo, P; Jiménez, V. 2002. Estudio de cobertura forestal de Costa Rica con imágenes Landsat TM para el año 2000. Laboratorio de Sistemas de Observación Terrestre (EOSL). Departamento de Ciencias de la Tierra y la Atmósfera Universidad de Alberta y Centro Científico Tropical. 12 pp.

Sistema Nacional de Información Forestal. Monitoreo Forestal de México. Consultado el 11 de diciembre del 2007. Disponible en: http://148.223.105.188:2222/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=2&Itemid=3

Sistema de Información Estadística Georeferenciada. Qué es un SIG? Consultado el 08 de enero del 2008. Disponible en:
http://www.inec.gov.ec:8080/portalinec/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=95&lang=

Sistema Nacional de Áreas de Conservación. 2007. Parque Nacional Diriyá. Santa Cruz, Guanacaste. Consultado el 18 de enero del 2008. Disponible en:
http://www.sinac.cr.net/act_bosquediria_general.php

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de Información

Información del estudiante:

Nombre: Rebeca Cordero Montoya

Cédula o No. Pasaporte: 1-12190381

Carné ITCR: 200220698

Dirección de su residencia en época lectiva: 200 metros Oeste del Restaurante el Condor, El Tejar, El Guarco, Cartago.

Dirección de su residencia en época no lectiva: 200 metros Oeste del Restaurante el Condor, El Tejar, El Guarco, Cartago.

Teléfono en época lectiva: 551-1464

Teléfono época no lectiva: 376-4048

Email: rebecordero@gmail.com

Fax: ---

Información del Proyecto:

Nombre del Proyecto: Cambio de la Cobertura de la Tierra para el Área de Conservación Tempisque, periodo 1998-2003

Profesor Asesor: Julio César Calvo Alvarado

Horario de trabajo del estudiante: lunes a viernes de 8:00 a.m. a 5:00 p.m.

Información de la Empresa:

Nombre: Instituto Nacional de Biodiversidad

Zona: Santo Domingo de Heredia

Dirección: 300 metros norte y 250 metros oeste de la estación de servicio Shell.

Teléfono: (506) 507-8226

Fax: (506) 507-8274

Apartado: 22-3100, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica

Actividad Principal: Centro de investigación y gestión de la biodiversidad.

Anexo 2. Formulario Cartográfico

FORMULARIO 01, PARA LA RECOPIACION DE DATOS DE CAMPO EN EL MARCO DEL PROYECTO ECOMAPAS

Area de Conservación:	Observadores:	Fecha:
------------------------------	----------------------	---------------

IDENTIFICADORES CARTOGRAFICOS		
Localidad:		
Dirección:		
Punto Muestreo #:	Fotografía Aérea:	Latitud GPS:
Hoja Cartográfica:	Línea de Vuelo:	Longitud GPS:
Misión:	Altitud Cartogr. (m):	

IDENTIFICADORES FISIOGRAFICOS		
Altitud por Altimetro (m):	Pendiente (%):	
Exposición: (N), (NE), (E), (SE), (S), (SO), (O), (NO), (Total)		

IDENTIFICADOR DE FOTOINTERPRETACION		
Preclasificación Fisionóm. (Estructura Vegetal):		

VARIABLES ECOLOGICOS		
<p>COBERTURA DE LA TIERRA</p> <p>Cobertura Vegetal (Estructura):</p> <p><input type="checkbox"/> Bosque Denso (1)</p> <p><input type="checkbox"/> Bosque Ralo (2)</p> <p><input type="checkbox"/> Matorral Arbolado Denso (6)</p> <p><input type="checkbox"/> Matorral Denso (4)</p> <p><input type="checkbox"/> Matorral Ralo (5)</p> <p><input type="checkbox"/> Herbazal Arbolado (3)</p> <p><input type="checkbox"/> Herbazal Arbustivo (9)</p> <p><input type="checkbox"/> Herbazal Ralo (8)</p> <p><input type="checkbox"/> Herbazal Denso (7)</p> <p>Cobertura Especial:</p> <p><input type="checkbox"/> Suelo Descubierta, Tierra Yerma, Tajo, Sedimentación (10)</p> <p><input type="checkbox"/> Cuerpos de Agua (14)</p> <p><input type="checkbox"/> Infraestructura (12)</p> <p><input type="checkbox"/> Nubes (11)</p> <p><input type="checkbox"/> Sombras (13)</p> <p><input type="checkbox"/> Otro:</p> <p>Uso Actual de la Tierra:</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Forestal</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Agroforestal</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Silvopastoril</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Agrosilvopastoril</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Pastoril (Ganadero)</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Agrícola con Cultivo Anual</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Agrícola con Cultivo Perenne</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Acuícola</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Minero</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Energético</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Recreativo/Turístico</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Urbano</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Industrial</p> <p><input type="checkbox"/> De Uso Otro Uso</p>	<p>Estratificación:</p> <p><input type="checkbox"/> Con Estratos Definidos</p> <p><input type="checkbox"/> Con Estratos Difusos</p> <p>Altura de la Vegetación:</p> <p><input type="checkbox"/> Menor de 1 m de Alto</p> <p><input type="checkbox"/> De 1 - 5 m de Alto</p> <p><input type="checkbox"/> De 5 - 25 m de Alto</p> <p><input type="checkbox"/> Mayor de 25 m de Alto</p> <p>Fenología Foliar:</p> <p><input type="checkbox"/> Siempreverde (Bosque, Matorral)</p> <p><input type="checkbox"/> Semi-decduo (Bosque, Matorral)</p> <p><input type="checkbox"/> Deciduo (Bosque, Matorral)</p> <p>Periodicidad:</p> <p><input type="checkbox"/> Perenne (Herbazal)</p> <p><input type="checkbox"/> Anual (Herbazal)</p> <p>Tipo Foliar del Estrato Dominante:</p> <p><input type="checkbox"/> Latifoliado</p> <p><input type="checkbox"/> De Coníferas</p> <p><input type="checkbox"/> Microfilo</p> <p><input type="checkbox"/> Graminoide (Pastos)</p> <p><input type="checkbox"/> De Hierbas No Graminoides</p> <p><input type="checkbox"/> Pteridofítico (Helechos)</p> <p>Espinosidad del Estrato Dominante:</p> <p><input type="checkbox"/> Espinoso</p> <p><input type="checkbox"/> No Espinoso</p> <p>Origen:</p> <p><input type="checkbox"/> Natural</p> <p><input type="checkbox"/> Semi-natural</p> <p><input type="checkbox"/> Cultural (Sembrado)</p> <p>Influencia Humana Actual:</p> <p><input type="checkbox"/> Muy intervenido</p> <p><input type="checkbox"/> Intervenido</p> <p><input type="checkbox"/> No Intervenido</p>	<p>Regimen Hidrológico:</p> <p><input type="checkbox"/> De Tierra Firme (Terrestre S.S.)</p> <p><input type="checkbox"/> Palustrino (Agua Dulce)</p> <p><input type="checkbox"/> Lacustrino (Agua Dulce)</p> <p><input type="checkbox"/> Riverino (Agua Dulce)</p> <p><input type="checkbox"/> Costero-Deltáico (Agua Salobre)</p> <p><input type="checkbox"/> Costero-Estuarino (Agua Salobre)</p> <p><input type="checkbox"/> Marino-Mesolitoral (Agua Salada)</p> <p><input type="checkbox"/> Marino-Nerítico (Agua Salada)</p> <p><input type="checkbox"/> Marino-Oceánico (Agua Salada)</p> <p>Inundabilidad Actual:</p> <p><input type="checkbox"/> Inundado</p> <p><input type="checkbox"/> No Inundado</p> <p>Observaciones:</p>

Anexo 3. Formulario Florístico

FORMULARIO 02, PARA LA RECOPIACION DE DATOS DE CAMPO
EN EL MARCO DEL PROYECTO ECOMAPAS

Area de Conservación:	Observadores:	Fecha:	Abund. M = Muy Común F = Frecuente R = Raro
IDENTIFICADORES CARTOGRAFICOS			
Localidad:			Forma de Crecim. A = Arbol A = Arbusto H = Hierba L = Liana
Dirección:			
Punto Muestreo #:	Fotografía Aérea:	Latitud GPS:	
Hoja Cartográfica:	Linea de Vuelo:	Longitud GPS:	
Misión:	Altitud Cartogr. (m):		

COMPOSICION FLORISTICA (ESPECIES DE PLANTAS VASCULARES TERRESTRES)

No.	Familia:	Genero:	Especie:	Form.Crec.	Abund.
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					

Anexo 4. Códigos utilizados para la reclasificación de las clases fisionómicas a cobertura de la tierra

CODIGRAN	CODIGO	CLASE_FISI	ID_COB	COBER_T
0	0	Indefinida	0	No determinada
1	1	Bosque Denso	1	Bosque
2	2	Bosque Ralo	1	Bosque
3	3	Pastizal Arbolado	8	Pastizal
4	4	Matorral Denso	5	Matorral
5	5	Matorral Ralo	5	Matorral
6	6	Matorral Denso Arbolado	5	Matorral
7	7	Pastizal Denso	8	Pastizal
8	8	Pastizal Ralo	8	Pastizal
9	9	Pastizal Arbustivo	8	Pastizal
10	10	Terreno descubierto	14	Terreno descubierto
11	11	Nubes	15	Nubes
12	12	Infraestructura	16	Infraestructura
13	13	Sombra	17	Sombra
14	14	Cuerpo de Agua	18	Cuerpo de agua
1	1dec	Bosque denso decíduo	1	Bosque
6	6dec	Matorral Denso Arbolado Deciduo	5	Matorral
10	10u	Terreno descubierto quemado	14	Terreno descubierto
14	14ax	Cuerpo de Agua (Camaronera)	18	Cuerpo de agua
1	1a	Bosque Denso de Mangle	2	Manglar
1	1ag	Bosque Denso de Arrayán	1	Bosque
1	1ai	Bosque Denso de Mango	11	Plantación de frutales
1	1aj	Bosque Denso de Jaúl	1	Bosque
1	1ak	Bosque Denso de Roble Quercus	1	Bosque
1	1an	Bosque Denso de Cocotero	1	Bosque
1	1bc	Bosque Denso de Cativo	4	Humedal
1	1bx	Bosque Denso de Guácimo	1	Bosque
1	1f	Bosque Denso de Yolillo	3	Yolillal
1	1i	Bosque Denso de Melina	10	Plantación forestal
1	1l	Bosque Denso de Trichospermum	1	Bosque
1	1o	Bosque Denso de Plantación Forestal	10	Plantación forestal
1	1o-ae	Bosque Denso de Ciprés	10	Plantación forestal
1	1o-aj	Bosque Denso de Jaúl	10	Plantación forestal
1	1o-at	Bosque Denso de Eucalipto	10	Plantación forestal
1	1o-au	Bosque Denso de Roble Coral	10	Plantación forestal
1	1o-av	Bosque Denso de Pino	10	Plantación forestal
1	1o-aw	Bosque Denso de Hule	10	Plantación forestal
1	1o-be	Bosque Denso de Botarrama	10	Plantación forestal
1	1o-bf	Bosque Denso de Laurel	10	Plantación forestal

CODIGRAN	CODIGO	CLASE_FISI	ID_COB	COBER_T
1	1o-bg	Bosque Denso de Pilón	10	Plantación forestal
1	1o-bh	Bosque Denso de Gallinazo	10	Plantación forestal
1	1o-bo	Bosque Denso de Fruta de Pava	10	Plantación forestal
1	1o-bt	Bosque Denso de Nim	10	Plantación forestal
1	1o-bu	Bosque Denso de Acacia	10	Plantación forestal
1	1o-i	Bosque Denso de Melina	10	Plantación forestal
1	1o-j	Bosque Denso de Teca	10	Plantación forestal
1	1o-p	Bosque Denso de Pochote	10	Plantación forestal
1	1t	Bosque Denso Pantanoso	4	Humedal
1	1v	Bosque Denso de Palma Real	1	Bosque
1	1x	Bosque Denso de Frutales	11	Plantación de frutales
1	1x-aa	Bosque Denso de Marañón	11	Plantación de frutales
1	1x-ai	Bosque Denso de Mango	11	Plantación de frutales
1	1x-an	Bosque Denso de Cocotero	11	Plantación de frutales
1	1x-aq	Bosque Denso de Cítricos	11	Plantación de frutales
1	1x-bd	Bosque Denso de Macadamia	11	Plantación de frutales
1	1x-bj	Bosque Denso de Guanábana	11	Plantación de frutales
1	1x-e	Bosque Denso de Palma de Aceite	11	Plantación de frutales
1	1x-m	Bosque Denso de Cacao	11	Plantación de frutales
1	1x-n	Bosque Denso de Pejibaye	11	Plantación de frutales
2	2a	Bosque Ralo de Mangle	2	Manglar
2	2ak	Bosque Ralo de Roble Quercus	1	Bosque
2	2an	Bosque Ralo de Cocotero	1	Bosque
2	2ar	Bosque Ralo de Coyol	1	Bosque
2	2f	Bosque Ralo de Yolillo	3	Yolillal
2	2o-i	Bosque Ralo de Melina	10	Plantación forestal
2	2o-j	Bosque Ralo de Teca	10	Plantación forestal
2	2q	Bosque Ralo de Cerillo	4	Humedal
2	2t	Bosque Ralo Pantanoso	4	Humedal
2	2v	Bosque Ralo de Palma Real	1	Bosque
2	2x	Bosque Ralo de Frutales	11	Plantación de frutales
2	2x-ai	Bosque Ralo de Mango	11	Plantación de frutales
2	2x-an	Bosque Ralo de Cocotero	11	Plantación de frutales
2	2x-n	Bosque Ralo de Pejibaye	11	Plantación de frutales
3	3f	Pastizal Arbolado con Yolillo	3	Yolillal
3	3k	Pastizal Arbolado para Forraje	9	Pastizal
3	3l	Pastizal Arbolado con Trichospermum	8	Pastizal
3	3r	Pastizal Arbolado de Negra Forra	4	Humedal
3	3t	Pastizal Arbolado Pantanoso	4	Humedal
3	3v	Pastizal Arbolado de Palma Real	8	Pastizal
3	3x-an	Pastizal Arbolado de Cocotero	11	Plantación de frutales
4	4a	Matorral Denso de Mangle	2	Manglar
4	4af	Matorral Denso de Turbera	4	Humedal
4	4ag	Matorral Denso de Arrayán	5	Matorral

CODIGRAN	CODIGO	CLASE_FISI	ID_COB	COBER_T
4	4ah	Matorral Denso de Ceanothus	5	Matorral
4	4ak	Matorral Denso de Roble Quercus	5	Matorral
4	4bk	Matorral Denso de Blechnum	5	Matorral
4	4cb	Matorral denso de uvita	5	Matorral
4	4f	Matorral Denso de Yolillo	3	Yolillal
4	4l	Matorral Denso de Trichospermum	5	Matorral
4	4o	Matorral Denso de Plantación Forestal	10	Plantación forestal
4	4o-i	Matorral Denso de Melina	10	Plantación forestal
4	4o-j	Matorral Denso de Teca	10	Plantación forestal
4	4o-p	Matorral Denso de Pochote	10	Plantación forestal
4	4s	Matorral Denso de Sabana	6	Sabana
4	4t	Matorral Denso Pantanoso	4	Humedal
4	4v	Matorral Denso con Attalea rostrata	5	Matorral
4	4x	Matorral Denso de Frutales	11	Plantación de frutales
4	4x-aa	Matorral Denso de Marañón	11	Plantación de frutales
4	4x-ai	Matorral Denso de Mango	11	Plantación de frutales
4	4x-al	Matorral Denso de Mora	11	Plantación de frutales
4	4x-aq	Matorral Denso de Cítricos	11	Plantación de frutales
4	4x-bd	Matorral Denso de Macadamia	11	Plantación de frutales
4	4x-bi	Matorral Denso de Guayaba	11	Plantación de frutales
4	4x-bn	Matorral Denso de Limón	12	Cultivo agrícola
4	4x-bp	Matorral Denso de Papaya	11	Plantación de frutales
4	4x-bu	Matorral Denso de Naranja	11	Plantación de frutales
4	4x-by	Matorral Denso de Itabo	12	Cultivo agrícola
4	4x-c	Matorral Denso de Café	11	Plantación de frutales
4	4x-e	Matorral Denso de Palma de Aceite	11	Plantación de frutales
4	4x-n	Matorral Denso de Pejibaye	11	Plantación de frutales
4	4z	Matorral denso de cultivo agrícola	12	Cultivo agrícola
5	5a	Matorral Ralo de Mangle	2	Manglar
5	5o	Matorral Ralo de Plantación Forestal	2	Manglar
5	5ag	Matorral Ralo de Arrayán	7	Páramo
5	5an	Matorral Ralo de Cocotero	5	Matorral
5	5l	Matorral Ralo de Trichospermum	5	Matorral
5	5o-bt	Matorral Ralo de Nim	10	Plantación forestal
5	5s	Matorral Ralo de Sabana	6	Sabana
5	5t	Matorral Ralo Pantanoso	4	Humedal
5	5v	Matorral Ralo de Attalea rostrata	5	Matorral
5	5x	Matorral Ralo de Frutales	11	Plantación de frutales
5	5x-an	Matorral Ralo de Cocotero	11	Plantación de frutales
5	5x-bi	Matorral Ralo de Guayaba	11	Plantación de frutales
5	5x-bj	Matorral Ralo de Guanábana	11	Plantación de frutales
5	5x-c	Matorral Ralo de Café	11	Plantación de frutales
6	6a	Matorral Denso Arbolado de Mangle	2	Manglar
6	6an	Matorral Denso Arbolado de Cocotero	1	Bosque

CODIGRAN	CODIGO	CLASE_FISI	ID_COB	COBER_T
6	6f	Matorral Denso Arbolado de Yolillo	3	Yolillal
6	6l	Matorral Denso Arbolado de Trichospermum	5	Matorral
6	6o	Matorral Denso Arbolado de Plantación Forestal	10	Plantación forestal
6	6q	Matorral Denso Arbolado de Cerillo	4	Humedal
6	6t	Matorral Denso Arbolado Pantanoso	4	Humedal
6	6v	Matorral Denso Arbolado de Palma Real	5	Matorral
6	6x-an	Matorral Denso Arbolado de Cocotero	11	Plantación de frutales
6	6x-at	Plantación Arbustiva de Café con Eucalipto	11	Plantación de frutales
6	6x-c	Matorral Denso Arbolado de Café con Sombra	11	Plantación de frutales
6	6x-cat	Matorral Denso Arbolado con Eucalipto	11	Plantación de frutales
6	6x-e	Matorral Denso Arbolado de Palma de Aceite	11	Plantación de frutales
7	7a	Pastizal Denso de Mangle	2	Manglar
7	7o	Pastizal Denso con Plantación Forestal	2	Manglar
7	7ab	Pastizal Denso de Ornamentales	13	Ornamental
7	7ac	Pastizal Denso de Chusquea	8	Pastizal
7	7ad	Pastizal Denso de Cabuya	12	Cultivo agrícola
7	7af	Pastizal Denso de Turbera	4	Humedal
7	7am	Herbazal Denso Acuático	4	Humedal
7	7ao	Pastizal Denso de Melón	12	Cultivo agrícola
7	7ap	Pastizal Denso de Sandía	12	Cultivo agrícola
7	7as	Pastizal Ralo de Granadilla	12	Cultivo agrícola
7	7ay	Pastizal Denso de Tabaco	12	Cultivo agrícola
7	7az	Pastizal Denso de Frijol	12	Cultivo agrícola
7	7b	Pastizal Denso de Piña	12	Cultivo agrícola
7	7ba	Pastizal Denso de Maíz	12	Cultivo agrícola
7	7bb	Pastizal Denso de Tiquisque	12	Cultivo agrícola
7	7bl	Pastizal Denso de Abacá	12	Cultivo agrícola
7	7bm	Pastizal Denso de Uva	12	Cultivo agrícola
7	7bq	Pastizal Denso de Sorgo	12	Cultivo agrícola
7	7br	Pastizal Denso de Typha	4	Humedal
7	7bs	Pastizal Denso de Chile Dulce	12	Cultivo agrícola
7	7bw	Pastizal Denso de Chile Picante	12	Cultivo agrícola
7	7ca	Pastizal denso de Zarza	12	Cultivo agrícola
7	7d	Pastizal Denso de Arroz	12	Cultivo agrícola
7	7g	Pastizal Denso de Banano	12	Cultivo agrícola
7	7h	Pastizal Denso de Bambú	12	Cultivo agrícola
7	7k	Pastizal Denso para Forraje	9	Pastizal
7	7r	Pastizal Denso de Negra Forra	4	Humedal
7	7s	Pastizal Denso de Sabana	6	Sabana
7	7t	Pastizal Denso Pantanoso	4	Humedal
7	7t	Pastizal Denso Pantanoso	4	Humedal
7	7u	Pastizal Denso Quemado	8	Pastizal
7	7v	Pastizal Denso de Palma Real	8	Pastizal
7	7w	Pastizal Denso de Caña de Azúcar	12	Cultivo agrícola

CODIGRAN	CODIGO	CLASE_FISI	ID_COB	COBER_T
7	7x	No determinada	0	No determinada
7	7y	Pastizal Denso de Helecho	8	Pastizal
7	7z	Pastizal Denso de Cultivos Agrícolas	12	Cultivo agrícola
8	8ad	Pastizal Ralo de Cabuya	12	Cultivo agrícola
8	8al	Pastizal Ralo de Mora	12	Cultivo agrícola
8	8k	Pastizal Ralo de Forraje	9	Pastizal
8	8r	Pastizal Ralo de Negra Forra	4	Humedal
8	8t	Pastizal Ralo Pantanoso	4	Humedal
8	8v	Pastizal Ralo de Palma Real	8	Pastizal
8	8z	Pastizal Ralo de Cultivos Agrícolas	12	Cultivo agrícola
9	9a	Pastizal Arbustivo con Mangle	2	Manglar
9	9ac	Pastizal Arbustivo de Chusquea	7	Páramo
9	9af	Pastizal Arbustivo de Turbera	4	Humedal
9	9al	Pastizal Arbustivo de Mora	12	Cultivo agrícola
9	9f	Pastizal Arbustivo de Yolillo	3	Yolillal
9	9k	Pastizal Arbustivo para Forraje	9	Pastizal
9	9o	Pastizal Arbustivo de Plantaciones Forestales	10	Plantación forestal
9	9o-i	Pastizal Arbustivo de Melina	10	Plantación forestal
9	9r	Pastizal Arbustivo de Negra Forra	4	Humedal
9	9s	Pastizal Arbustivo de Sabana	6	Sabana
9	9t	Pastizal Arbustivo Pantanoso	4	Humedal
9	9u	Pastizal Arbustivo Quemado	8	Pastizal
9	9v	Pastizal Arbustivo de Palma Real	8	Pastizal
9	9x-ai	Pastizal Arbustivo de Mango	11	Plantación de frutales
9	9x-an	Pastizal Arbustivo de Cocotero	11	Plantación de frutales
9	9x-c	Pastizal Arbustivo de Café	11	Plantación de frutales
9	9x-e	Pastizal Arbustivo de Palma de Aceite	11	Plantación de frutales
n.d.	n.d.	No determinada	0	No determinada