



Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 5 (15), 2008

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Cambio de la cobertura de la tierra para el Área de Conservación Tempisque 1998-2003, Guanacaste, Costa Rica.

Rebeca Cordero-Montoya¹
Heiner Acevedo-Mairena²
Julio C. Calvo-Alvarado¹

Resumen

El estudio consistió en la fotointerpretación y clasificación de la cobertura de la tierra del Área de Conservación Tempisque (ACT). Se ortorectificó 239 fotografías aéreas infrarrojas para producir el mapa de cobertura del 2003 y se empleó el mapa del Proyecto ECOMAPAS de 1998, elaborado con fotografías aéreas de color natural, para determinar los cambios de cobertura ocurridos entre 1998-2003. Se realizó una evaluación del estado de cobertura forestal 2003 para las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) y Pago de Servicios Ambientales (PSA). Finalmente se evaluó la precisión del Mapa de Cobertura Forestal de Costa Rica del 2005 elaborado con imágenes Landsat TM7+.

Los cambios observados fueron: a) la cobertura forestal de 1998 fue de 260 601 ha y para el 2003 fue de 247 934 ha, esto equivale a una reducción del 5% de la cobertura forestal, b) los pastizales y cultivos agrícolas aumentaron su área, los pastizales pasaron de 153 836 ha a 162 723 ha y los cultivos agrícolas de 39 797 ha a 43 599 ha para el mismo período. Se observó que en ACT 12.5% (28 219 ha) de la cobertura forestal está bajo protección en ASP y que los PSA protegen 3.8% (19 956 ha). La Cobertura Forestal 2005 generada con imágenes Landsat TM7+ difiere apenas un 3% con respecto a la clasificación de este estudio.

Palabras clave: Ortorectificación, Fotointerpretación, Mapa de cobertura forestal, Área de Conservación Tempisque, Fotografías aéreas, Imágenes satélite Landsat, Costa Rica, Guanacaste, Bosque Seco Tropical.

Abstract

Land Cover Change of the Tempisque Conservation Area for 1998-2003, Guanacaste-Costa Rica. This study developed a land cover classification for the Tempisque Conservation Area (ACT). For such purposes 239 infrared aerial photographs were orthorectified in order to develop the 2003 land cover map. The 1998 ECOMAPAS land cover map was used to compare and determine the land cover changes between years 1998 and 2003. An evaluation of the state of land cover was made using the layers for Wild Land Protected Areas (WPA) and Payment for Environmental Services (PES). Finally an evaluation of the precision of the 2005 Costa Rican

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica. rebecordero@gmail.com, jucalvo@itcr.ac.cr.

² Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica. hacevedo@inbio.ac.cr

Forest Cover Map, developed using Landsat TM7+ satellite images was conducted by comparing the results generated by both maps.

The land cover changes during the period 1998-2003 were: a) decreases of forest cover, from 260 601 ha in 1998 to 247 934 ha in 2003, representing a decline of 5% of forest cover, b) increases of pasture land and agricultural land, an increase of pasture land cover from 153 836 ha to 162 723 ha and an increase for agricultural land from 39 797 ha to 43 599 ha. It was determined that ACT has 12.5% (28 219 ha) of forest cover under protection under WPA and 3, 8% (19 956 ha) of forest cover is protected under the PSA. It was found that the 2005 Forestry Cover Map, based on Landsat images, differs just in 3% with respect the forest cover classification of this study.

Key words: Orthorectification, Photointerpretation, Forest land cover map, Tempisque Conservation Area, Aerial photography, Landsat satellite images, Costa Rica, Guanacaste, Tropical Dry Forest.

INTRODUCCIÓN

El monitoreo es una de la etapas fundamentales de la planificación de un proyecto o programa de trabajo. Goldsmith (1991) apunta que el monitoreo usualmente es orientado y diseñado para revelar cambios de los parámetros o indicadores de un proceso. El monitoreo se repite en intervalos regulares y proporcionan la dinámica de la línea base para el registro de cambios y para proyectar las tendencias futuras. Según este autor, el monitoreo permite determinar la ocurrencia, tamaño, dirección e importancia de los cambios que se dan en los indicadores de la calidad del manejo de un recurso. Es importante recalcar que el monitoreo aunque es muy descriptivo requiere de constante investigación para el logro de mejores resultados. Otra definición de Hartando *et al.* (2002), indica que el monitoreo puede ser definido como las observaciones periódicas y repetidas de parámetros seleccionados, para así determinar el impacto de la aplicación de estrategias de manejo o políticas y para medir la respuesta de los sistemas al cambio. Consecuentemente, el monitoreo es crucial porque permite a los tomadores de decisiones comprender los impactos de sus políticas, el efecto de otros factores en el recurso que manejan y las tendencias que se observan.

Este estudio consiste en la evaluación de los cambios en cobertura de la tierra del Área de Conservación Tempisque (ACT), empleando la interpretación de fotografías aéreas infrarrojas. El ACT es una de las zonas del país que en el siglo pasado sufrió la tasa más alta de deforestación, debido principalmente a la expansión ganadera, pero que desde 1979 también ha presentado las tasas de recuperación de cobertura forestal más altas del país (Arroyo Mora *et al.*, 2005 a y b; Calvo-Alvarado *et al.*, 2008 y 2009). Muchas de las áreas que tienen cobertura forestal pueden estar en riesgo, debido a que son áreas anexas a unidades con pastoreo extensivo o desarrollos agrícolas intensivos de monocultivos como el melón, caña de azúcar y arroz, actividades que en recientes años han tenido un impulso notable. Al mismo tiempo, la expansión de la infraestructura turística/inmobiliario puede provocar un crecimiento acelerado de la infraestructura en zonas costeras y en algunos cerros con vistas panorámicas (Castillo, 2007).

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. Para el año 2007, el Proyecto ECOMAPAS planificó la realización de un nuevo mapa de clases fisionómicas de bosques y de cobertura de la tierra para ACT, basado en fotografías aéreas infrarrojas (escala 1:40.000) obtenidas del proyecto Misión CARTA 2003 del Programa Nacional de Investigaciones Aerotransportadas y Sensores Remotos (PRIAS) (Quirós, 2005). Paralelo a los esfuerzos del INBio, la Universidad de Alberta y el Instituto Tecnológico de Costa Rica han realizado varios estudios sobre la dinámica de la cobertura forestal de la región Chorotega empleando imágenes satelitales (Arroyo-Mora *et al.*, 2005 a y b; Calvo-Alvarado *et al.*, 2008 y 2009; Kalacska *et al.*, 2007; Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2006).

Con estos antecedentes se proponen cuatro objetivos principales:

1. Clasificar la cobertura del suelo de la ACT empleando fotografías infrarrojas del año 2003 obtenidos con la Misión CARTA y siguiendo la metodología de ECOMAPAS del INBio.
2. Efectuar una evaluación sobre los cambios de la cobertura de la tierra de ACT durante el período 1998-2003.
3. Evaluar estado de cobertura forestal para las Áreas Silvestres Protegidas y las Unidades en Pago de Servicios Ambientales (PSA) dentro de la ACT.
4. Comparar la clasificación de cobertura forestal 2003 con la clasificación para Costa Rica 2005 realizado por Sánchez-Azofeifa *et al.* (2006).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El ACT abarca prácticamente toda la Península de Nicoya con una extensión de 5301 km², equivalentes al 10.11% del territorio nacional. El ACT limita al norte con el Área de Conservación Guanacaste (ACG) y el noreste con el Área de Conservación Arenal – Tempisque (ACAT), por el este con el Golfo de Nicoya y los demás puntos cardinales con el Océano Pacífico (Figura 1).

Por su ubicación, el ACT es muy importante para la protección y conservación de la cuenca media y baja del río Tempisque que afecta humedales, ambientes marinos, islas y hábitat en sus alrededores. Dentro del ACT existen otras actividades socio-productivas como la agricultura de subsistencia (granos básicos), la agricultura intensiva de melón, arroz y caña de azúcar de consumo nacional y para la exportación; la ganadería extensiva e intensiva, la reforestación comercial, la protección de bosques secundarios/tardíos; el desarrollo urbano de comunidades, del turismo y de las áreas silvestres protegidas (Obando y García, 2000).

De acuerdo con el Mapa de Zonas de Vida de Holdridge (1987) en el ACT se encuentran 8 de las 12 zonas de vida presentes en Costa Rica, lo que le da un rango de ambientes muy amplio para la biodiversidad de especies y hábitat (Bolaños y Watson, 1993; Castillo, 2007).

Mapa de cobertura

Para la generación del mapa de la cobertura de la tierra año 2003 se tomó como metodología base la empleada por el Proyecto ECOMAPAS (Kappelle *et al.*, 2002) utilizando 239 fotografías aéreas infrarrojas del proyecto Misión CARTA 2003, escala 1:40,000. Para esto se empleó los programas ER Mapper 6.0 (© 2009 ESRI Inc.³) y ArcGIS 9.2 (© 2009 ERDAS Inc.⁴).

³ ESRI. 2009. ER Mapper 6.0. California, US, ESRI GIS Software that Gives You. THE GEOGRAFIC ADVANTAGE. Disponible en www.esri.com

⁴ ERDAS. 2009. ArcGIS 9.2. Georgia, US, ERDAS The Earth of Bussiness Company. Disponible en www.erdas.com

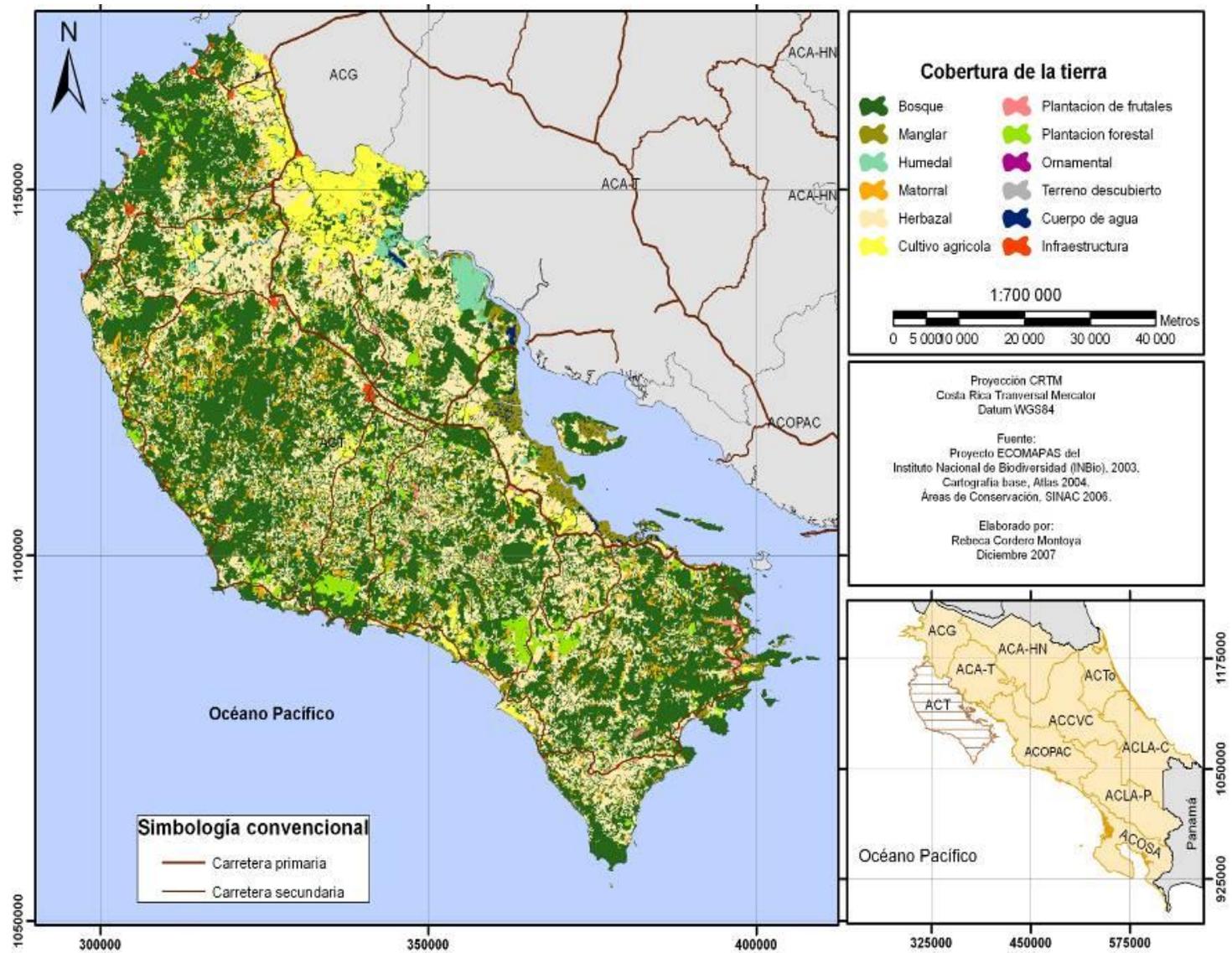


Figura 1. Cobertura de la tierra para el Área de Conservación Tempisque 2003. Costa Rica.

Clasificación de uso de la tierra.

Dado que el Proyecto ECOMAPAS creó su propio sistema de clasificación para el mapa 1998 basado en la metodología propuesta por Van Gils y Van Wijgaarden (1984), se decidió en este estudio emplear el mismo sistema de clasificación a efectos de poder hacer las comparaciones correspondientes. El sistema de clasificación para cobertura forestal consiste en una clave esquemática de nueve clases fisionómicas llamada "Clave para la Clasificación de la Estructura de la Vegetación", además establece una serie de clases para cultivos y otros usos (Cordero, 2008; Kappelle *et al.*, 2002). En este estudio las clases generalizadas empleadas fueron: Bosque, Matorral, Pastizal, Cultivo agrícola, Plantación forestal, Manglar, Humedal, Plantación de frutales, Cuerpo de agua, Infraestructura, Terreno descubierto, Sombra, No determinada, Ornamental, Nubes.

Para el manejo de las fotografías aéreas infrarrojas y la identificación preliminar de las clases de uso se aplicaron diferentes pasos: ortorectificación, fotointerpretación y digitalización. La comprobación de campo no fue posible realizarla dado que los días programados para la visitas de campo la zona estuvo influenciada por varias tormentas tropicales que causaron severas inundaciones interrumpiendo el paso en varios puntos de la zona de estudio. Al respecto, hay que indicar que dicha comprobación no afecta el logro de los objetivos de este estudio, dado que la interpretación de las fotografías aéreas 2003 proveen una información muy conspicua como para errar en la clasificación de las clases identificadas en este estudio, máxime si se considera además, que en el caso de este estudio se empleó como base las fotografías y mapa de de cobertura 1998 del INBio. Una comprobación de campo tendría más relevancia si se trata de clases de bosques, o tipos de cultivos, clases que en este estudio se han simplificado a una sola clase generalizada.

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. 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 (Centro Nacional de Información Geoambiental, 1997) de curvas de nivel y puntos de cotas a escala 1:25.000. Este modelo se llevó a cabo por medio del programa ER Mapper 6.0; a través del asistente llamado Gridding Wizard.

Fotointerpretación y digitalización

La fotointerpretación es el proceso por el cual se puede extraer información a partir de fotografías aéreas y la digitalización del 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, 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, área mínima de mapeo de 2.5 ha, de acuerdo a su tipo de cobertura con la extensión de Digitalización, creada específicamente por el INBio para realizar este trabajo (Acevedo *et al.*, 2002; Kappelle *et al.*, 2002).

Evaluación de cambios y comparaciones de cobertura

Los cambios del uso del suelo se determinan al comparar el mapa de cobertura 1998 con la cobertura obtenida en este estudio. Esta comparación se realiza generando matrices que indican cambios en reducción o incremento del área de cada clase. Igualmente se evalúa de manera especial el estado de cobertura de las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) y el Pago de Servicios Ambientales (PSA) ubicada dentro de la ACT.

Por último se compara la extensión de bosques para la ACT obtenida por el estudio de Sánchez-Azofeifa *et al.* (2006) y la clasificación generada en este estudio. La intención es hacer una comparación general de las estimaciones obtenidas con imágenes Landsat TM7+ 2005 y las estimaciones obtenidas en este estudio con fotografías infrarrojas 2003. Se reconoce que la diferencia de años y escalas de los dos estudios no es equivalente, pero que a pesar de esto y de los cambios que se pudieron dar entre estos dos años, es importante tener una idea sobre la precisión de la clasificación de Sánchez *et al.* (2006), asumiendo que la clasificación con fotografías infrarrojas es la de mejor precisión y que los cambios entre 2003 y 2005 fueron mínimos. En el caso de la clasificación de Sánchez *et al.* (2006), la cobertura forestal es la extensión total de las clases de bosque tardío, intermedio y temprano, mientras que para la clasificación de este estudio la cobertura forestal se toma como la extensión total de las clases Bosque y Matorral.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Cambios de cobertura

Para el año 1998, la mayor parte de la cobertura de la tierra del área en estudio se encontraba concentrada en dos grandes clases (Cuadro 1): el bosque es la principal clase con 260 601 ha (49.16%), seguido por los pastizales con 153 836 ha (29.02%). Las otras tres clases, que ocupan un lugar importante en el ACT son los cultivos agrícolas (39 797 ha), los matorrales (28 525 ha) y las plantaciones forestales (18 338 ha) que juntas aportan un 16.35% del área total. Estas cinco clases constituyen el 94.53% de la cobertura, mientras que las diez restantes ocupan un 5.47% del área. En el año 2003 la situación de la cobertura de la tierra se mantiene similar al año 1998, concentrándose nuevamente en dos grandes clases (Cuadro 1 y Figura 1): bosque con 247 934 ha (46.77%), pastizales con 162 723 ha (30.70%), 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.

La comparación de los dos años 1998 y 2003 empleando fotografías aéreas (Cuadro 1) permite evidenciar los cambios para este periodo para cada clase de cobertura. La clase bosque disminuyó un 5%, representado una pérdida 12.668 ha para el año 2003 (Figura 2). Lo mismo ocurre con la categoría matorral; que tiene una disminución cercana al 1%, con una pérdida de cobertura de 244 ha. Por el contrario, los pastizales y los cultivos agrícolas presentan un incremento del 6% (8 886 ha) y del 10% (3 801 ha), respectivamente. En el caso de las plantaciones forestales hay una reducción de 1 476 ha. Los manglares y humedales presentan un aumento mínimo y probablemente se asocia a que en este estudio se empleó las fotografías infrarrojas del 2003, que permiten delinear mejor los límites de los polígonos de las categorías que son influenciadas por el agua.

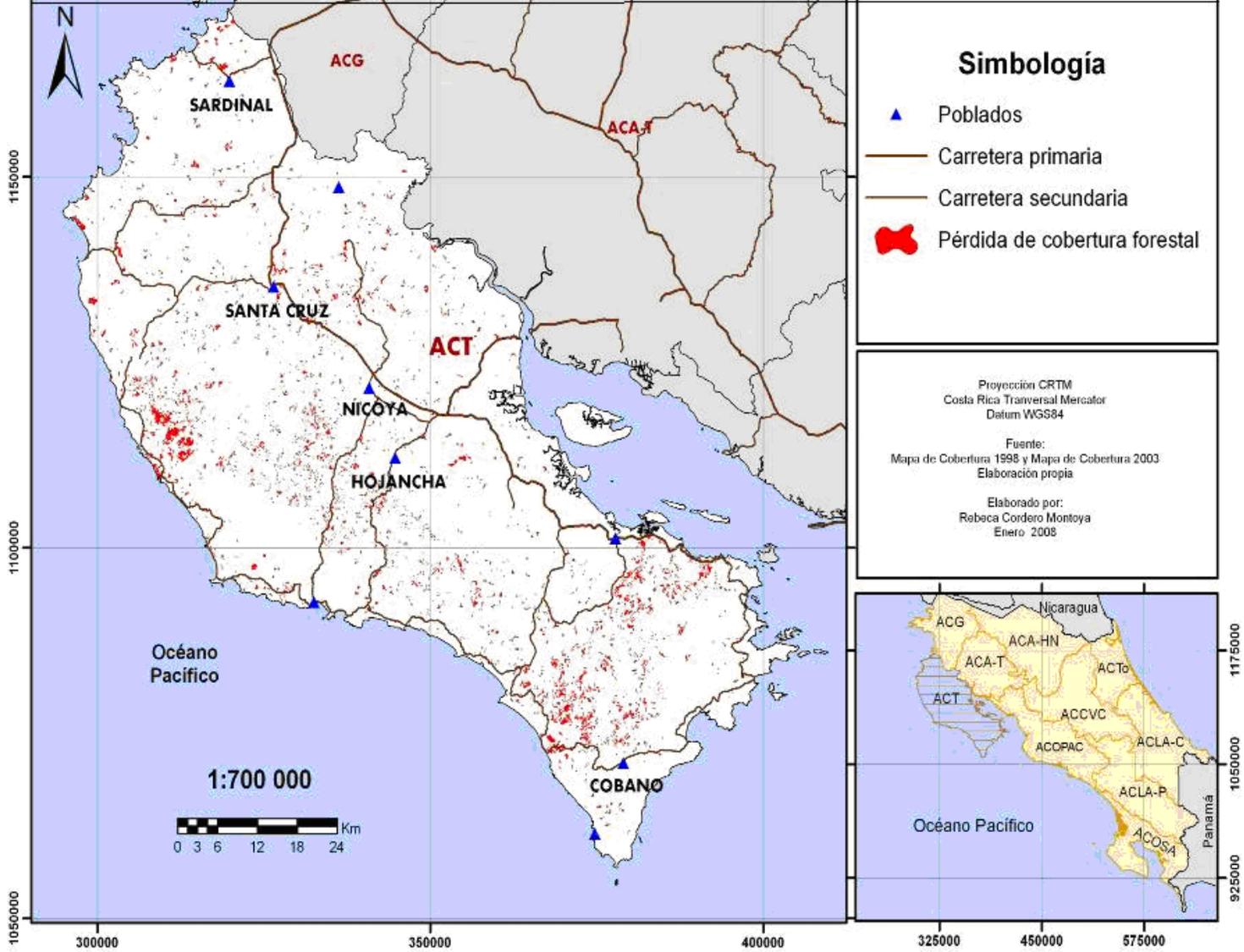


Figura 2. Pérdida de cobertura forestal en el Área de Conservación Tempisque, período 1999-2003. Costa Rica.

Cuadro 1. Cambios de cobertura de la tierra para el Área de Conservación Tempisque, años 1998 y 2003. Costa Rica.

| Clases de cobertura | Área de cobertura (ha) | | | | | |
|------------------------|-------------------------------|--------------|----------------------|------------|----------------------|-------|
| | Año 1998 | | Año 2003 | | Diferencia 2003-1998 | |
| | Fuente: Proyecto ECOMPAS 2003 | | Fuente: Cordero 2008 | | | |
| (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) | |
| Bosque | 260 601.4 | 49.2 | 247 933.7 | 46.8 | -12 667.7 | -4.9 |
| Pastizal | 153 836.1 | 29.0 | 162 722.5 | 30.7 | 8 886.5 | 5.8 |
| Cultivo agrícola | 39 797.3 | 7.5 | 43 598.5 | 8.2 | 3 801.3 | 9.6 |
| Matorral | 28 524.7 | 5.4 | 28 280.3 | 5.3 | -244.4 | -0.9 |
| Plantación forestal | 18 332.8 | 3.5 | 16 856.7 | 3.2 | -1 476.1 | -8.1 |
| Manglar | 8 531.8 | 1.6 | 8 706.1 | 1.6 | 174.3 | 2.0 |
| Humedal | 8 276.0 | 1.6 | 8 303.8 | 1.6 | 27.8 | 0.3 |
| Plantación de frutales | 3 543.1 | 0.7 | 3 402.7 | 0.6 | -140.5 | -4.0 |
| Cuerpo de agua | 3 496.0 | 0.7 | 3 457.0 | 0.7 | -39.0 | -1.1 |
| Infraestructura | 3 479.0 | 0.7 | 3 808.1 | 0.7 | 329.1 | 9.5 |
| Terreno descubierto | 980.8 | 0.2 | 1 704.0 | 0.3 | 723.2 | 73.7 |
| Sombra | 622.7 | 0.1 | 1 050.5 | 0.2 | 427.9 | 68.7 |
| No determinada | 51.2 | 0.0 | 180.8 | 0.0 | 129.6 | 253.0 |
| Ornamental | 38.8 | 0.0 | 87.1 | 0.0 | 48.3 | 124.3 |
| Nubes | 9.8 | 0.0 | 29.7 | 0.0 | 19.9 | 203.7 |
| Total | 530 121.3 | 100.0 | 530 121.3 | 100 | ----- | ----- |

La justificación de los cambios de la cobertura de la tierra para el periodo 1998-2003 se pueden interpretar con el Cuadro 2 que señala la dirección del cambio de cobertura de cada clase. Por ejemplo, la categoría bosque presenta incrementos en pastizales (1 507 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 fotointérprete considera que ocurrió un cambio, por lo tanto, asigna la categoría bosque. Estos cambios se dan debido a que después de 5 años de abandono de un pastizal abandonado y un matorral temprano se puede 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 secundario.

De acuerdo a los resultados del Cuadro 2, es evidente que la mayor reducción del bosque se debe al incremento en el área de pastizales (12.753 ha), los cuales pueden presentarse debido al efecto de los incendios forestales ocurridos entre 1998 y 2003 (provocados o accidentales) y a la tala del bosque para la expansión de los otros usos. En cuanto la identificación de matorrales con 2 806 ha en el 2003, se debe indicar que posiblemente fueron bosques que han sido alterados por incendios, que por el daño causado se clasifican como matorrales.

Con respecto al desarrollo de infraestructura (Cuadro 2) esta categoría presenta un aumento del 9.5%, un incremento de 329 ha, en sustitución de la cobertura boscosa (deforestación). Cabe destacar que la mayoría de infraestructura se localizó en las partes cercanas a las playas o centros turísticos.

Cuadro 2. Matriz de factores asociados con el cambio en la cobertura para el Área de Conservación Tempisque durante el periodo 1998-2003. Costa Rica.

| Categoría | Área de cobertura del 2003 (ha) | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|---------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|----------------|
| | 242 897 | 219 | 12 753 | 1 | 333 | 138 | 2 806 | 1 148 | 17 | 289 | 260 601 |
| Bosque | 242 897 | 219 | 12 753 | 1 | 333 | 138 | 2 806 | 1 148 | 17 | 289 | 260 601 |
| Cultivos | 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 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 |

Notas:

-La última columna representa el área estimada en cada categoría para el año 1998.

-La última fila representa el área estimada para cada categoría para el año 2003.

Cobertura de la tierra de las Áreas Silvestres Protegidas

La capa de cobertura de la tierra para el 2003 (Figura 1) se comparó con la capa de Áreas Silvestres Protegidas (ASP) del ACT (Cuadro 3 y Figura 3). Específicamente 9 861 ha de cobertura forestal se encuentra bajo Protección Absoluta en tres categorías de manejo: Parque Nacional (PN), Reserva Biológica (RB) y Reserva Natural Absoluta (RNA). Esta área equivale casi al 2% del total de la cobertura forestal de ACT. Luego 30 920 ha de cobertura forestal (6% del total de cobertura forestal) está bajo Protección Parcial, en unidades como: Refugio Nacional de Vida Silvestre (RNVS), Zona Protectora (ZP) y Humedal (HH). En términos generales el ACT cuenta con 40 780 ha protegidas de cobertura forestal que corresponde solo al 8% del área total. Del total del área de ASP existen 28 219 ha de bosques, que representa un 69% del área total de ASP. Dentro de la Protección Absoluta se puede notar que los parques nacionales poseen 373 ha que no concuerdan con el uso y manejo permitido. Por ejemplo, se observó que en el Parque Nacional Diría 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 (com. personal. Valverde, 2008)³

³ Valverde, JM. 2008. Tenencia de la tierra en el PN Diría (entrevista). Guanacaste, CR. Área de Conservación Tempisque.

Cuadro 3. Cobertura de la tierra 2003 dentro de las Áreas Silvestres Protegidas del Área de Conservación Tempisque. Costa Rica.

| Categoría | Área de cobertura <i>ha</i> /categoría de protección | | | | | | | Total | |
|------------------------|--|------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|---------------|-------------|--|
| | Protección Absoluta | | | Protección Parcial | | | (ha) | (%) | |
| | 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 | |
| Sub-total | 8 442 | 144 | 1 275 | 3 920 | 22 455 | 4 545 | 40 780 | 100 | |
| | (ha) | 9 861 | | 30 920 | | 40 780 | | | |
| Total | % total cobertura forestal ACT | 2 | | 6 | | 8 | | --- | |

Notas:

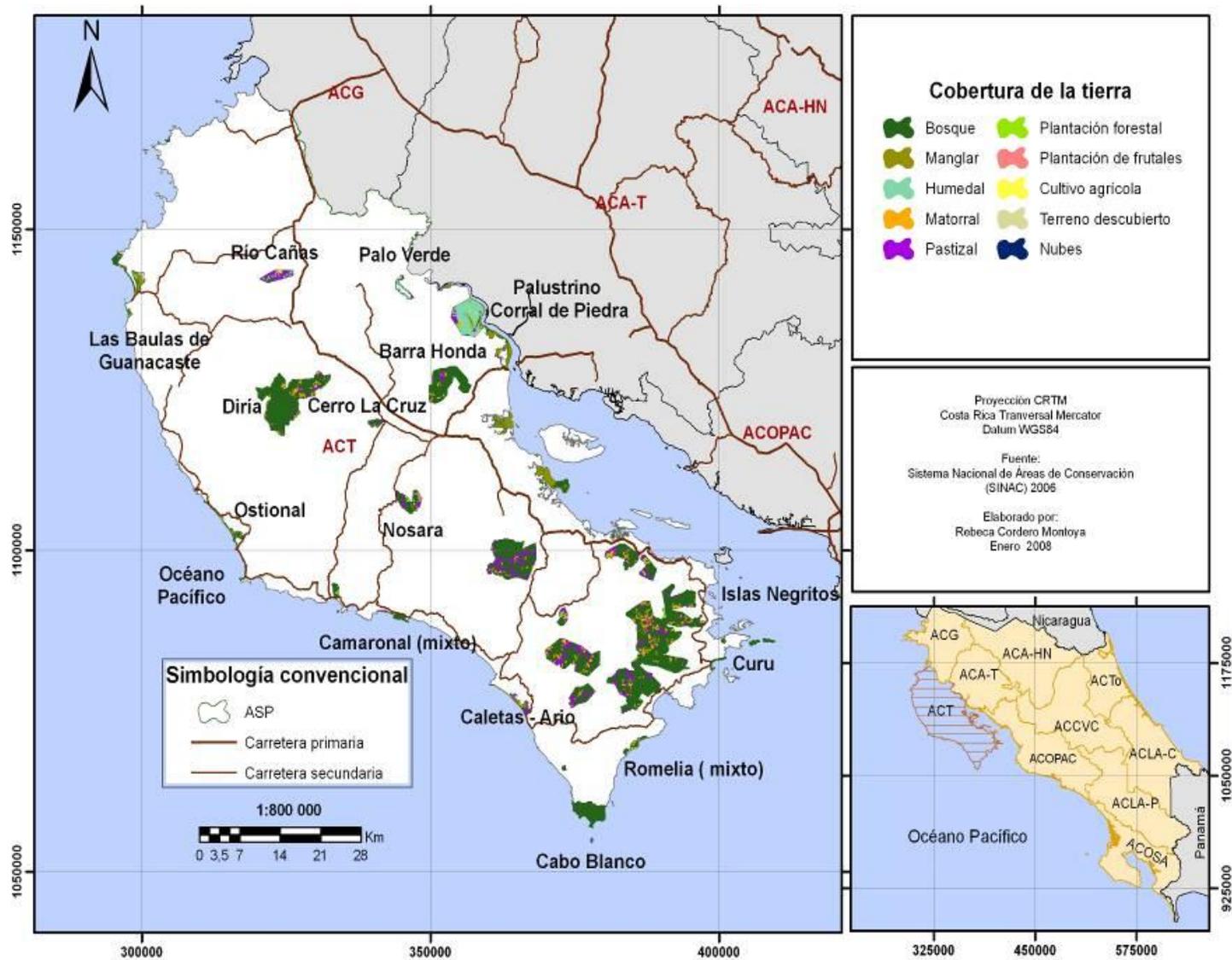
PN= Parque Nacional, RB= Reserva Biológica, RNA= Reserva Nacional Absoluta, RNVS= Refugio Nacional de Vida Silvestre, ZP= Zona Protectora y HH= Humedal.

Cobertura de la tierra en áreas de Pago por Servicios Ambientales

La capa de Pago de Servicios Ambientales (PSA) se comparó con el mapa de cobertura del 2003. Para el periodo 1998-2003, el 4.5% del área del ACT estaba protegida temporalmente por los PSA con 23 684 ha distribuidas en 251 fincas con un promedio de 94.36 ha por finca (Cuadro 4 y Figura 4). Del total de la cobertura forestal un 3.8% corresponde a la categoría "PSA-protección" y un 0.7% a la categoría "PSA-reforestación".

Cuadro 4. Pago por Servicios Ambientales para el Área de Conservación Tempisque, periodo 1999-2003. Costa Rica.

| Año | Área de cobertura <i>ha</i> /modalidad de PSA | | | | Total | |
|--------------|---|------------|---------------|--------|--------|-----|
| | Manejo | Protección | Reforestación | (ha) | (%) | |
| 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 | |
| | ha | 11 | 19 956 | 3 716 | 23 684 | 100 |
| Total | (%) del total de cobertura forestal de ACT | 0 | 3.8 | 0.7 | 4.5 | --- |



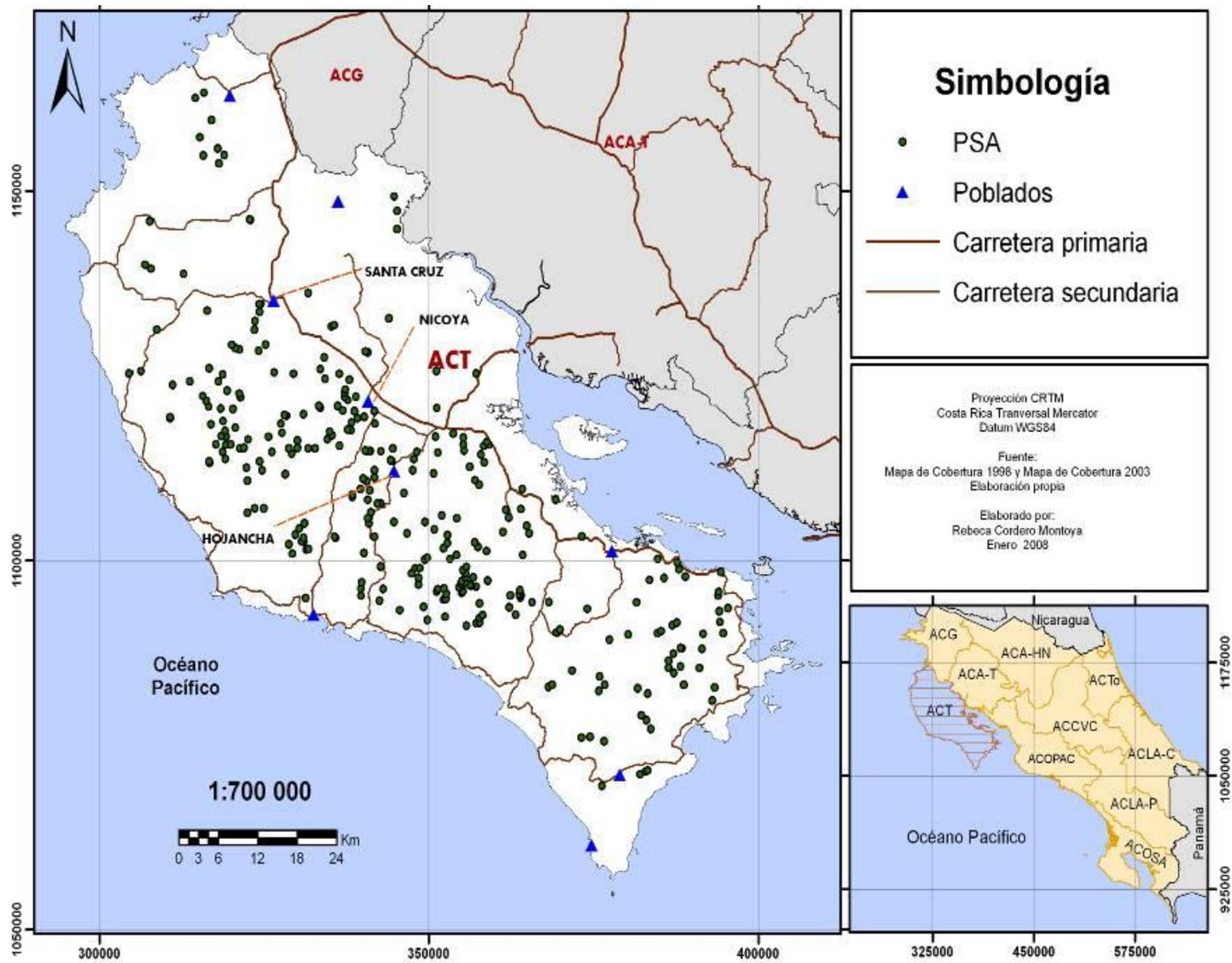


Figura 4. Unidades con Pago de Servicios Ambientales (PSA) en el Área de Conservación Tempisque, periodo 1999-2003. Costa Rica.

El aporte de PSA por protección en el ACT ha sido muy variable (Cuadro 4), 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. 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 para reforestación la dinámica es diferente, cada año se incrementa la cantidad de superficie bajo esta categoría, excepto para el 2003. Una de las razones de la baja demanda para el 2003 es la venta de tierras a extranjeros en lugar de invertir en reforestación (com. personal Sánchez, 2008)⁴.

Al comparar, la totalidad de superficie otorgada bajo la modalidad de PSA reforestación durante el período 1998-2003 (3 716 ha), con la totalidad de superficie identificada en el mapa de cobertura de la tierra del 2003 (16 857 ha en plantaciones forestales), se puede deducir que hay una fuerte inversión en reforestación con fondos propios en ACT por parte de empresas reforestadoras.

En resumen la cobertura forestal del 2003 para el ACT está protegida en un 8% por ASP y un 4.5% por PSA, consecuentemente en total existe un 12.5% de la cobertura forestal bajo 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.

Comparación de las estimaciones de cobertura forestal 2003 y 2005.

Para el 2005 la estimación de la cobertura con imágenes Landsat fue de 292 335 ha y para el 2003 con fotografías infrarrojas fue de 276 213 ha, lo que corresponde a una diferencia de 16 122 ha, equivalente a un 3%. Este resultado indica que la clasificación de Sánchez *et al* (2006) tiene un error despreciable si se considera la escala del estudio.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados para los años 1998 y 2003 el uso de la tierra de la ACT se concentra en dos grandes clases: bosque (260 601 ha y 247 934 ha, respectivamente) y pastizales (153 836 ha y 162 723 ha, respectivamente). Durante este periodo se detectó una reducción de cobertura del bosque de 12 668 ha. La cobertura del bosque se ve principalmente disminuida por causa de la expansión de pastizales (12 753 ha) y matorrales (2 806 ha) debido probablemente a incendios o tala sucedida durante el período.

Las clases de pastizales y cultivos agrícolas muestran un aumento en su extensión de 8 886 ha y de 3 801 ha, respectivamente. Por lo tanto, el estudio detectó una tendencia a la pérdida de cobertura de bosque, lo que contradice la tendencia en restauración de cobertura forestal mostrada en las últimas décadas para la Península de Nicoya. Estos resultados indican que posiblemente el desarrollo inmobiliario, la infraestructura del turismo, los mejores precios de la carne y algunos cultivos sean factores socioeconómicos y políticos que estén revertiendo la recuperación de cobertura natural de la región (Calvo-Alvarado *et al.*, 2008 y 2009).

Las clases de cobertura manglares y humedales presentan un cambio mínimo en su extensión. Esto debido a que se encuentran dentro de las Áreas Silvestres Protegidas por ley y que han sido debidamente identificadas por las autoridades y las comunidades.

⁴ Sánchez, O. Pago de Servicios Ambientales (entrevista). San José, CR. FONAFIFO.

En resumen la cobertura forestal del 2003 para el ACT está protegida en un 8% por ASP y un 4.5% por PSA, consecuentemente en total existe un 12.5% de la cobertura forestal bajo alguna categoría de protección. En total las ASP contienen 28 219 ha de bosques que equivalen a un 69% del área total del área de las Áreas Silvestres Protegidas.

El área clasificada como cobertura forestal en el estudio de Sánchez *et al.* (2006) es ligeramente mayor que la detectada en este estudio, siendo la diferencia del 3%. Esta diferencia es despreciable si se toma en cuenta que la información de Sánchez *et al.* (2006) se generó con imágenes Landsat.

RECOMENDACIONES

Luego de analizar los resultados de este estudio se sugiere continuar con las siguientes acciones con el objetivo de retroalimentar a los tomadores de decisiones sobre el diseño y la efectividad de las políticas de conservación y desarrollo que han fomentado en la ACT:

1. Estudiar las causas de los cambios en cobertura de la tierra encontrados en este estudio para poder comprender la dinámica del paisaje en función de los factores sociales, económicos y políticos.
2. Continuar con el monitoreo del uso de la tierra en la ACT y en general en la región Chorotega para monitorear si la tendencia de la pérdida de bosque continua o se ha estabilizado.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo es parte del Proyecto ECOMAPAS del INBio y del Proyecto de Investigación TROPI-DRY (Human, Ecological and Biophysical Dimension on Tropical Dry Forest), una iniciativa de investigación patrocinada por Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) CRN II # 021 y apoyada por el US National Science Foundation (Grant GEO-0452325). Se reconoce el apoyo logístico del INBio, la University of Alberta y el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Los autores agradecen los comentarios y aportes de dos revisores.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, H; Bustamante, J; Paniagua, L; Chaves, R. 2002. Ecosistemas de la cuenca hidrográfica del río Savegre Costa Rica. Heredia, CR. INBio. 352 p.
- Arroyo Mora, J; Sánchez Azofeifa, A; Rivard, B; Calvo Alvarado, J; Janzen, D. 2005a. Dynamics in landscape structure and composition for the Chorotega region, Costa Rica from 1960 to 2000. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 106(1): 27–39.
- Arroyo Mora, J; Sánchez Azofeifa, A; Kalacska, M; Rivard, B; Calvo Alvarado, J; Janzen, D. 2005b. Secondary Forest Detection in a Neotropical Dry Forest Landscape Using Landsat 7 ETM+ and IKONOS Imagery. *BIOTROPICA* 37(4): 497–507.
- Bolaños, R; Watson, V. 1993. Mapa Ecológico de Costa Rica según el sistema de Zonas de Vida de Holdridge. San José, CR. CCT. Escala 1:200,000.
- Calvo Alvarado, JC; Sánchez Azofeifa, A; Kalacska, M. 2008. Deforestation and Restoration of Tropical Dry Forest: The case of Chorotega Region-Costa Rica. *In* Applying Ecological Knowledge to Landuse Decisions. Eds. H. Tiessen and J. Stewart. Sao Paulo, BR. SCOPE, IAI, IICA. p 123-133.
- Calvo Alvarado, J; McLennan, BJ; Garvin, T; Sanchez Azofeifa, AG. 2009. Putting conservation policies in context: The social dynamics of forest regrowth in Guanacaste, Costa Rica. *Forest Ecology and Management* (en prensa).
- Castillo, E. 2007. Grúas II Propuesta de Ordenamiento Territorial para la conservación de la biodiversidad en Costa Rica. Informe Final II parte por Área de Conservación, informe técnico N° 7. Heredia, CR. 217 p.

- Centro Nacional de Información Geoambiental. 1997. Mapa del Modelo Digital de Elevación del Área de Conservación Tempisque, escala 1:25000. Basado Fotografías aéreas, color verdadero, escala 1:40,000. Costa Rica: Proyecto TERRA.
- Cordero, R. 2008. Cambio de la cobertura forestal de la tierra para el Área de Conservación Tempisque, período 1998-2003. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 75 p.
- Goldsmith, FB. 1991. *Monitoring for Conservation and Ecology*. London, UK. Chapman and Hall. 1-14 p.
- Hartando, H; Lorenzo, MC; Frio, AL. 2002. Collective action and learning in developing a local monitoring system. *International Forestry Review* 4 (3): 184 -195.
- Holdridge, LR. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, CR. IICA. 216 p.
- Kalacska, M; Sánchez Azofeifa, A; Rivard, B; Caelli, T; White, P; 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(1): 82–96.
- Kappelle, M; Castro, M; Acevedo, H; González, L; Monge, H. 2002. *Ecosistemas del Área de Conservación Osa (ACOSA)*. Heredia, CR. INBio. 496 p.
- Obando, V; García, R. 2000. *Estrategia de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad: Área de Conservación Tempisque*. MINAE-SINAC-INBio. GEF-PNUD-NORAD. San José, Costa Rica. 36p.
- Quirós, B. 2005. Manejo y análisis de imágenes digitales: Taller capacitó a periodistas. (en línea). *Boletín Ciencia y Tecnología* N° 32. Consultado el 10 jul. 2007. Disponible en <http://www.conicit.go.cr/boletin/boletin32/taller.shtml>
- Sánchez-Azofeifa, A; Calvo Alvarado, J; Chong, M; Castillo, M; Jiménez, V. 2006. *Estudio de Monitoreo de Cobertura Forestal de Costa Rica 2005. I. Parte: Clasificación de la Cobertura Forestal con Imágenes Landsat ETM+ 2005*. Proyecto ECOMERCADOS. 36 p.
- Van Gils, HAM; Van Wijgaarden, W. 1984. Vegetation structure in reconnaissance and semi-detailed vegetation surveys. *ITC. Journal*. 3: 213-218.