

Dinámica de la cobertura boscosa en la Unidad de Manejo Forestal El Manteco I. Reserva Forestal San Pedro, Venezuela (1987-2013)

---

Dynamics of forest cover in the Forest Management Unit El Manteco I. Forest Reserve San Pedro, Venezuela (1987-2013)

**Franklin Arias**<sup>1</sup>

**Pedro Gil**<sup>1</sup>

**Carlos Pacheco**<sup>2</sup>

Fecha de recepción: 10/11/2015

Fecha de aceptación: 11/01/2016

**Resumen**

La dinámica de la cobertura boscosa en la Unidad de Manejo Forestal El Manteco I, de la Reserva Forestal San Pedro fue evaluada para los periodos 1987-1997 y 1997-2013, con imágenes Landsat y el sistema TerraAmazon. Este último se configuró según criterios cartográficos que permitieron generar la cobertura boscosa y su dinámica, a partir de la interpretación de imágenes de los años 1987, 1997 y 2013, las cuales fueron validadas por un experto externo; posteriormente se discutieron los cambios en la cobertura boscosa, así como los elementos causales de dichos cambios. Los resultados indican, que la superficie de bosque para 1987 fue de 177.089 ha, la cual tuvo una pérdida entre ésta fecha y 1997 de 7.624 ha. con una tasa media anual de deforestación (TMAD) de 0,29 %, mientras que entre 1997-2013 la pérdida fue de 19.164 ha. con un TMAD de 0,56 %; en ambos periodos la expansión de la frontera agropecuaria fue la causa principal de estas deforestaciones con un 86,57 % y 98 %, respectivamente. Con respecto a las ganancias, para el primer periodo fueron de 2.562 ha. y para el segundo de 3.674 ha., asociadas principalmente a la recuperación natural del bosque, en áreas erosionadas y en áreas donde hubo el cese de las actividades de aprovechamiento forestal.

---

<sup>1</sup>Escuela de Geografía, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, ULA. Vía Chorros de Milla, Mérida – Venezuela Código Postal 5101. franklinbarza@hotmail.com pedro\_jose24@hotmail.com

<sup>2</sup>Escuela de Técnica Superior Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, ULA. Vía Chorros de Milla, Mérida – Venezuela Código Postal 5101, carlosa@ula.ve.

**Palabras claves:** Deforestación, TerraAmazon, Reserva Forestal, San Pedro, El Manteco, Landsat.

### Abstract

The dynamics of the forest cover in the Forest Management Unit El Manteco I, Forest Reserve San Pedro was evaluated for the periods 1987-1997 and 1997-2013, with Landsat and TerraAmazon system. The latter was set up by mapping criteria that allowed to forest cover and its dynamics, from the interpretation of images of the years 1987, 2000 and 2013, which were validated by an external expert, later changes are discussed in coverage wooded and causal elements of those changes. The results indicate that forest area for 1987 was 177,089 ha, which had a loss between now and 1997 of 7,624 ha. with an average annual deforestation rate (AADR) of 0.29%, while between 1997 to 2013 loss was 19,164 ha. with 0.56 AADR % in both periods the expansion of the agricultural frontier was the main cause of this deforestation with 86.57% and 98% respectively. With respect to earnings for the first quarter were 2,562 ha. and 3,674 ha. for the second was associated mainly by natural forest recovery in eroded areas and areas where there was a cessation of logging activities.

**Key words:** Deforestation, TerraAmazon, Forest Reserve, San Pedro, El Manteco, Landsat.

## Introducción

Los bosques de la nación venezolana al igual que los de otros países tropicales, presentan una elevada pérdida de su cobertura derivada de un uso insostenible del recurso [FAO, 2011]; [Torres, 2008]. Como ejemplo se puede señalar que entre 1920 y 2008, en el país se perdieron 17.935.800 ha., es decir, el 26,43 % de los bosques, con una tasa promedio anual de 0,30 % [Pacheco, Aguado y Mollicone, 2011a], esto ha originado que actualmente el país se encuentre cubierto por un 52 % de bosques [FAO, 2011], de los cuales el 91 % pertenece a la Amazonía Venezolana [Bavilacqua, et al. 2007]; ésta según el estudio realizado por la Comunidad Europea en el año 2005 representa el 5,6 % del total de los bosques Amazónicos [Eva y Huber, 2005].

Venezuela, a pesar de estar dentro de los diez países a nivel mundial, en cuanto a área de bosque protegida y de reducir la deforestación en los últimos 15 años, ya que entre el periodo 1990-2000 se perdieron 287.500 ha/año con una tasa de 0,6 y para

los periodos 2000-2010 y 2010-2015 está perdida se redujo a 164.600 ha. y 164.400 ha. respectivamente con una tasa de 0,3; se sigue ubicando dentro de los diez países a nivel mundial que han comunicado las mayores reducciones anual de área de bosque [FAO, 2015a], [FAO, 2015b]. Las causas principales de esta deforestación, desde la época precolombina hasta nuestros días, han sido, la expansión agrícola en un 41,8%, la construcción de infraestructuras en un 26,2% y la explotación de madera en un 23,5% [Pacheco, Aguado y Mollicone, 2011b]. Con respecto a la explotación de madera, ha estado motivada, por el suministro de energía a los pobladores, el mejoramiento de fincas y el aprovechamiento selectivo de las especies forestales de mayor valor económico [Pacheco, Aguado y Mollicone, 2011b].

Para esta última actividad, el Estado venezolano mediante el Decreto N° 2.214 de fecha 23/04/1992, publicado en la Gaceta Oficial Extraordinaria N° 4.418 del 27/04/1992, estableció las *Normas para la Administración de Actividades Forestales en Reservas Forestales, Lotes Boscosos, Áreas Boscosa Bajo Protección y Áreas Boscosas en terrenos privados destinados a la Producción Forestal Permanente*. De esta manera, el recurso forestal venezolano está representado básicamente por las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), señaladas en dicho decreto, con el objetivo de dedicar estas áreas a la producción permanente de madera y otros productos forestales, incluyendo la protección de suelos y recursos hídricos, así como la conservación de la diversidad biológica.

La explotación del bosque en Reservas Forestales y Lotes Boscosos, se realizó mediante el otorgamiento de concesiones forestales a largo plazo (30 a 40 años), a través de la ejecución de Planes de Ordenación y Manejo Forestal (POMF). Los POMF contemplaban que anualmente una superficie entre 3.000 y 4.000 ha. debió ser aprovechada según una cuota establecida y un sistema de explotación forestal que consistió en la planificación de las actividades con base en la realización de un censo de las especies comerciales y potencialmente comerciales, así como un diseño de carreteras que no contemplaban el potencial impacto negativo sobre el bosque, el cual se designaba como Explotación Convencional (EC). Algunos autores como, Lozada y Arends (2000), OMB (2002), Kammesheidt et al. (2003), señalan que la EC produce daños a la masa remanente que pueden afectar hasta un 50% de la biomasa aérea, favorece a las especies sin valor comercial, a la erosión de suelo y a la sedimentación en los cursos de agua; asimismo, se aumenta innecesariamente los costos [Noguera et al. 2007]. A pesar que estas áreas protegidas contaban con POMF, la falta de manejo sobre estas ABRAE limitó su conservación [Bavilacqua, et al. 2007], lo que trajo como consecuencia que estas actividades de aprovechamiento de maderas mal planificadas hayan generado procesos de deforestación y de degradación del bosque, a partir del establecimiento de carreteras

primarias y secundarias, vías de acarreo y patios de acopio, que permitieron el acceso a los bosques nativos, y en consecuencia estimularon los procesos de ocupaciones y de asentamientos rurales, que poseen una dependencia de los recursos forestales y un incremento de la superficie para la producción agrícola y pecuaria [Pacheco, 2011]; [Pacheco, Aguado y Mollicone, 2011a].

Para la evaluación detallada de los impactos de estos aprovechamientos, existen diferentes técnicas que permiten obtener información con un alto nivel de precisión, en cuanto a la dinámica que han sufrido las superficies boscosas en los últimos años. Para ello, en las últimas décadas se cuenta, con la disponibilidad de datos procedentes de los sensores remotos, estos ofrecen un importante expediente sobre la variación de la cubierta del bosque en diferentes escalas desde la global, pasando por la regional y terminando en la local [Achard et al. 2006].

Actualmente, Venezuela no cuenta con un sistema de monitoreo de la cobertura boscosa, donde se evalué periódicamente la superficie de bosques y la deforestación [Pacheco, 2011], tal cual, como lo han venido realizando los hindúes cada dos años desde 1985, a través de su Estudio de los Bosques de la India [FSI, 2013], o los Brasileños anualmente desde 1988, a través del Proyecto de Monitoreo del Bosque Amazónico Brasileño por Satélite (PRODES)[INPE, 2013]. Sin embargo, existen algunas experiencias de manera puntual del uso de estos datos, a escala nacional, se puede señalar la identificación y evaluación de áreas “hot spot” de deforestación realizadas recientemente por Pacheco et al., (2014); a escala regional, la evaluación de los patrones de deforestación de la cuenca del Lago de Maracaibo [Portillo-Quintero et al. 2012]; ambos estudios con imágenes MODIS de resolución espacial media de 500 m; y a escala local, se pueden señalar la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, en tres Reservas Forestales de los Llanos Occidentales [Pacheco, et al. 2012] y en la cuenca del río Capaz en el estado Mérida [Londoño, 2013]; así como, el cambio de cobertura del uso de la tierra, en el Parque Nacional Sierra Nevada del estado Mérida [Aldana y Bosques, 2008], la cuenca del río El Valle del estado Táchira [Hoyo et al. 2013] y la Reserva Forestal de Caparo del estado Barinas [Maldonado, Parra y Aldana, 2011]; todos estos estudios realizados con imágenes Landsat con resolución de 30 m.

En este orden de ideas, se planteó como objetivo de esta investigación, la evaluación de la dinámica que ha experimentado una fracción boscosa ubicada al noreste del estado Bolívar, la cual corresponde a una Unidad de Manejo Forestal (UMF) El Manteco I, que recientemente fue asignada a la Empresa Nacional Forestal [ENAFOR, 2013]. El resultado de este estudio servirá de base a la empresa para el establecimiento de estrategias en la recuperación de sus bosques. De igual manera, este estudio permitirá implementar por

primera vez en estos ecosistemas venezolanos las técnicas de Teledetección y Sistema de Información Geográfica propias del Sistema de Monitoreo de la Deforestación del Amazonas (TerraAmazon), que fue desarrollado por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de Brasil [INPE, 2010]. El mismo utiliza componentes disponibles de software libre, basado en la librería TerraLib; es un sistema modular que permite la visualización, edición de vectores y la clasificación temática, con un control de procesos para operar en el entorno de cliente-servidor, con una base de datos PostgreSQL usando TerraLib DBMS [INPE-FUNCATE, 2010]. Este sistema permitió generar productos cartográficos que muestran los cambios sufridos a lo largo de las últimas dos décadas de evaluación ocasionados por los diferentes factores que intervienen de manera particular en esta zona del país.

## Materiales y Métodos

### Área de estudios

La Unidad de Manejo Forestal El Manteco I, se localiza en la zona nororiental del estado Bolívar, ubicada dentro del municipio Piar, jurisdicción de la parroquia Pedro Cova cuya capital es El Manteco (Figura 1). Con una superficie de 192.615 ha. ocupa un 25 % de la Reserva Forestal San Pedro, se ubica entre las coordenadas  $6^{\circ} 28'46''$  y  $7^{\circ} 7'31''$  de latitud norte y entre los  $62^{\circ} 22'27''$  y los  $62^{\circ} 54'24''$  de longitud oeste. Presenta elevaciones variables desde los 265 msnm hasta los 674 msnm, con una topografía caracterizada principalmente por penillanuras. Posee una vegetación dominada por el bosque primario, pluvial, siempre verde, que cubre la mayor extensión del área estudiada, el mismo es exuberante y además presenta una composición florística muy heterogénea. La variabilidad de la composición florística de esta formación boscosa, (Bosque Primario), determina los tipos de bosque: medio y alto, los cuales alcanzan alturas promedio de 15-20m y 20-25m respectivamente, en donde los árboles se disponen en tres estratos o doseles bien diferenciados entre sí por su altura y la presencia de especies diferentes en cada uno de ellos [Aserradero El Manteco].

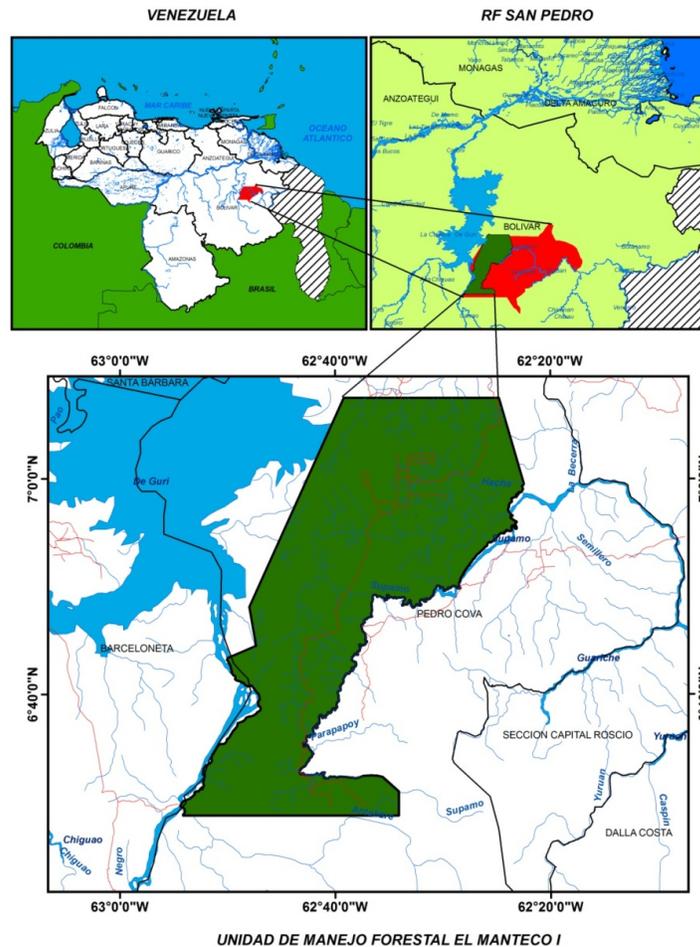


Figura 1: Localización de la Unidad de Manejo Forestal El Manteco I.  
Fuente: elaboración propia a partir de la base cartográfica del SIGOT y del Aserradero El Manteco.

## Datos

Se utilizaron datos del satélite Landsat TM y OLI, correspondientes al path/row 001/055 de los años 1987, 1997 y 2013; debido a las condiciones atmosféricas imperantes en el área de estudio que producen imágenes con nubes y sombras de nubes, fue necesario utilizar una imagen base para la cartografía de cada año de referencia e imágenes auxiliares con una diferencia no mayor a más o menos 2 años para eliminar dicha imperfección (Tabla 1). Las imágenes se obtuvieron gratuitamente del Visualizador Global (Glovis) del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) a través de su portal web

[USGS- GLOVIS, 2015]. Por su parte, para la delimitación de la UMF, la vectorización de la red hidrográfica, curvas de nivel y demás elementos de la cartografía básica se utilizó la cartografía elaborada en el Plan Ordenación y Manejo Forestal de la empresa *Aserradero El Manteco C.A* a escala 1:100.000.

Tabla 1: Imágenes Landsat utilizadas en la evaluación de cobertura boscosa.

Año	Imágenes		Sensor
1987	Base	LT50010551987214XXX02	TM
	Auxiliares	LT50010551987006XXX08	TM
		LT40010551987334XXX08	TM
1997	Base	LT50010551989363XXX02	TM
	Auxiliares	LT50010551997273XXX02	TM
2013	Base	LC80010552014128LGN00	OLI
	Auxiliares	LC80010552013317LGN00	OLI
		LC80010552013269LGN00	OLI

Fuente: elaboración propia.

### Crterios Cartográficos

En primer lugar, la definición de bosque asumida en el proyecto, es derivada de la Ley de Bosques, según Decreto Nro. 6.070, de fecha 14/05/2008, publicado en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Nro. 40.222, de fecha 06/08/2013. [Ley de Bosques, 2013]; esta precisa que los bosques nativos deben poseer una superficie mínima de 0,5 ha, adicionalmente se tomó en cuenta que la cobertura mínima de copa de árboles fuese del 10 % y que el potencial de alcanzar una altura mínima de madurez in situ fuese del 5 m. En cuanto a la definición de deforestación, la asumida en este estudio, es tomada de la Decisión 11/CP.7 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), está comenta que la deforestación se define como *... la conversión directa, inducida por el hombre de tierras boscosas en tierras no forestales.* [UNFCCC, 2001]. Por otra parte, se asumió 1 ha. como la unidad mínima de interpretación (UMI); y se definió como línea base el año 1987 como año 0, el año 1997 como el año 1 y el 2013 como el año 2. En cuanto a la leyenda, está compuesta por las clases bosque y no bosque para el año 0, mientras que para el año 1 y 2, se consideró adicionalmente las categorías perdida y ganancia. Asimismo, se asumió el sistema de coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM), zona 20 del hemisferio norte y el elipsoide GRS 80 (Geodetic Reference System 1980) – REGVEN (Sistema Geodésico Mundial 1984 - Red Geocentrica Venezolana), el cual es el datum oficial según resolución Nro. 10 del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, de fecha

22/01/99, publicado en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Nro. 36.653, de fecha 03/03/99.

## Proceso Metodológico

### Cartografía del año 0 (1987)

Para la elaboración de la cartografía de los años de estudios (1987, 1997 y 2013), se empleó la versión 4.4.4 de TerraAmazon, al cual fue necesario realizarle una configuración, que consistió en la creación de la base de datos PostGresSQL, el modelo conceptual, control de acceso, control de fase, el proyecto, reglas de control, definición de clases, definición de control de reglas y definición del área de interés [INPE-FUNCATE, 2010]. Posteriormente, para interpretar y editar el año 0 se creó de la imagen base una composición a falso color con un RGB 453, y se aplicó la técnica del Modelo Lineal de Mezclas Espectrales [Shimabukuro y Smith, 1991], la cual estimó la proporción de los componentes suelo, vegetación y sombra para cada píxel, a partir de la respuesta espectral de las bandas de Landsat, dando como resultado imágenes del fragmento suelo, vegetación y sombra (o agua), a través de la ecuación (1):

$$r_i = a * vege_i + b * suelo_i + c * sombra_i + e_i \quad (1)$$

Dónde:  $r_i$  es la respuesta del píxel en la banda  $i$ ;  $a$ ,  $b$ , y  $c$  son las proporciones de vegetación, suelo y sombra (o agua), respectivamente;  $vege_i$ ,  $suelo_i$  y  $sombra_i$ , son las respuestas espectrales de los componentes de vegetación, suelo y sombra, respectivamente;  $e_i$  es el error en la banda  $i$ . Luego, se segmentó el componente suelo, ya que es el que proporciona mayor contraste entre el suelo descubierto y el bosque, para ello, se utilizaron los valores del proyecto PRODES, 8 como criterio mínimo de similitud y 16 como valor de área mínima [Cámara, et al. 2006]; [Bins, et al. 1993].

El resultado de esta segmentación, fue utilizado para el proceso de interpretación, que consistió en asignar cada segmento (Polígono) a cada categoría de bosque y no bosque, utilizando para ello, la composición 453 del año 0 como fondo. Una vez culminado este proceso se procedió a realizar el respaldo correspondiente a la base de datos (Backup) y a exportar los archivos vectoriales en formato shape.

### Cartografía del año 1 (1977) y año 2 (2013)

Para la creación del año 1, se utilizó la base de datos del año 0, la cual se restauró con el nombre de "año 1", posteriormente se eliminó las imágenes del año 0 y se le añadió la regla topológica *intersección*, con la finalidad de cortar los polígonos interpretados visualmente

de deforestación y ganancia del bosque, sobre las respectivas clases de bosque y no bosque del año 0. Esta interpretación se realizó teniendo como base la imagen de 1997. De esta manera, se obtuvo el año 1 con las categorías bosque, no bosque, deforestación y ganancia. De igual manera, se generó la base de datos y la interpretación para el año 2, considerando que a las categorías bosque y no bosque del año 1, se le añadió correspondientemente las ganancias y la deforestación del periodo 1987 y 1997.

### **Validación de las cartografías**

Con el propósito de evaluar el nivel de fiabilidad de los productos cartográficos se siguió la sugerencia de los científicos, quienes recomiendan utilizar expertos externos que no participaron en la fase de interpretación; estos expertos seleccionaron aleatoriamente los puntos de verdad-terreno de las mismas imágenes utilizadas en la elaboración cartográfica [Congalton y Green, 2009]. En este caso se empleó un experto externo, el cual extrajo de forma aleatoria estratificada 100 puntos de bosque y 100 puntos de no bosque, el doble de lo recomendado por Congalton (1988). Con estos puntos de verdad-terreno se formó una matriz de confusión que recoge los conflictos que se presentan entre categorías; en esta matriz bidimensional, las filas ocupan las clases de referencia y las columnas las categorías deducidas de la clasificación [Chuvieco, 1995]; [Chuvieco, 2009]. De dicha matriz se derivaron otros índices que funcionarían como medidas de fiabilidad o correspondencia con la realidad de los productos cartográficos, como lo fueron los errores de omisión y comisión, error global e índice Kappa [Cohen, 1960].

### **Análisis espacial y causal de la dinámica de la cobertura boscosa**

Se analizó en primer lugar, tanto la distribución espacial de las diferentes clases correspondientes a cada periodo de evaluación como la superficie ocupada por la misma, a partir del cálculo de áreas. Posteriormente, se determinaron los elementos causales que originaron este comportamiento y distribución a partir de la correspondencia de los elementos espaciales, detectados en la cartografía generada con la recopilación de información recogida durante el recorrido de campo llevado a cabo con el apoyo logístico de la Empresa Nacional Forestal (ENAFOR), además se logró recabar información por parte de las familias involucradas en procesos de invasión, las cuales expusieron su conocimiento y puntos de vista referidos a este fenómeno. Adicionalmente, se obtuvo la localización y distribución de los compartimientos diseñados por la empresa *Aserradero El Manteco* para llevar a cabo aprovechamiento dentro de esta UMF. Estos compartimientos se interceptaron con los productos cartográficos generados para cada periodo de evaluación y de esta manera determinar para cada uno de los procesos de degradación del bosque y de deforestación derivados directa e indirectamente la actividad forestal (Figura 2).

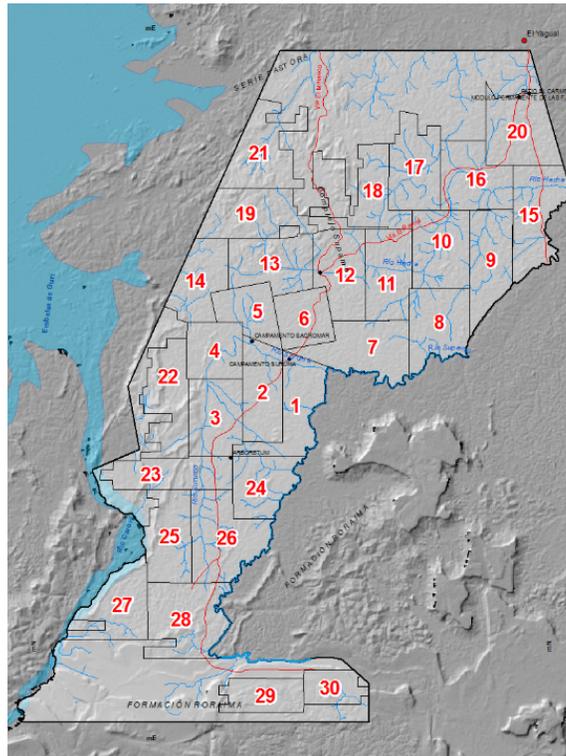


Figura 2: Compartimientos diseñados por Aserradero El Manteco C.A.  
Fuente: elaboración propia a partir de la base cartográfica del aserradero El Manteco.

## Resultados y Discusión

### Validación

Los resultados de las matrices de confusión se presentan en la tabla 2. En éstos se puede indicar, que para el año 0 (1987), la clase bosque tuvo un acorde de 95 %, llegándose a confundir con la clase no bosque en un 5 %, sin embargo, la clase no bosque tuvo un acorde un 88 % y una confusión de 12 % con la clase bosque. Por su parte, para el año 1 (1997), la clase bosque tuvo un acorde de 96 %, llegándose a confundir con la clase no bosque en un 4 %, no obstante, la clase no bosque tuvo un acorde de 87 % y una confusión de 13 % con la clase bosque. Por último, se tiene que para el año 2(2013), la clase bosque tuvo un acorde de 97 %, confundiéndose con la clase no bosque en un 3 %, en este caso la clase no bosque tuvo un acorde de 96 % y una confusión de 4 %.

Tabla 2: Matrices de Confusión de los mapas de cobertura boscosa.

<b>Verdad Terreno (%) UMF El Manteco I</b>				
<b>Año</b>	<b>Clases</b>	<b>Bosques</b>	<b>No Bosques</b>	<b>Total</b>
<b>1987</b>	Bosque	95,00	12,00	53,50
	No Bosque	5,00	88,00	46,50
	<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>1997</b>	Bosque	96,00	13,00	54,50
	No Bosque	4,00	87,00	45,50
	<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>2013</b>	Bosque	97,00	4,00	50,50
	No Bosque	3,00	96,00	49,50
	<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, los resultados de los errores de omisión y comisión se observan en la tabla 3; en ella se puede interpretar que para todos los años la clase bosque fue la que tuvo mayor error de comisión con 11,21 %; 11,93 % y 3,96 % respectivamente, es decir, error producido por el exceso de asignación de la clase bosque en áreas que no corresponden a bosque. Mientras que la clase no bosque fue la que tuvo mayores errores de omisión con 12,00 %; 13,00 % y 4,00 % respectivamente, es decir, error producido por la falta de asignación de la clase no bosque. Por su parte, la precisión global de los mapas para cada uno de los años, estuvo por encima del 90 %, ubicándose dentro de los límites establecidos (85 a 100 %) por los científicos para diferenciar estas clases, y posteriormente evaluar sus cambios [GOFC-GOLD, 2013]. Mientras que los resultados de índices Kappa para todos los casos, resultó dentro del rango de 0,81-1,00 establecido por Landis y Koch (1977), según estos autores estos productos cartográficos son considerados con un grado de acuerdo casi perfecto con la realidad.

Tabla 3: Errores de comisión y omisión (%) encontrados en mapas.

<b>Error / Clase</b>	<b>1987</b>		<b>1997</b>		<b>2013</b>	
	<b>Bosque</b>	<b>No Bosque</b>	<b>Bosque</b>	<b>No Bosque</b>	<b>Bosque</b>	<b>No Bosque</b>
<b>Error por comisión</b>	11,21	5,00	11,93	4	3,96	3,00
<b>Error por omisión</b>	5,38	12,00	4,40	13	3,03	4,00
<b>Precisión Global</b>	91,50		91,50		96,50	
<b>Índice Kappa</b>	0,83		0,83		0,93	

Fuente: elaboración propia

### Análisis espacial y causal de la dinámica de la cobertura forestal

La superficie de bosques correspondientes a la UMF El Manteco I, presentó una variación significativa, tal como se observa en la figura 3, ésta contaba con 91,94 % (177.089,33 ha.) para 1987, 89,31 % (172.030,01 ha.) para 1997 y 81,27 % (156.537,9 ha.) para el 2013, de esto se deduce que a lo largo de 26 años (1987-2013) la superficie boscosa disminuyó en un 10,66 % (20.551,43 ha), concentrándose dicha disminución en la parte norte de la UMF.

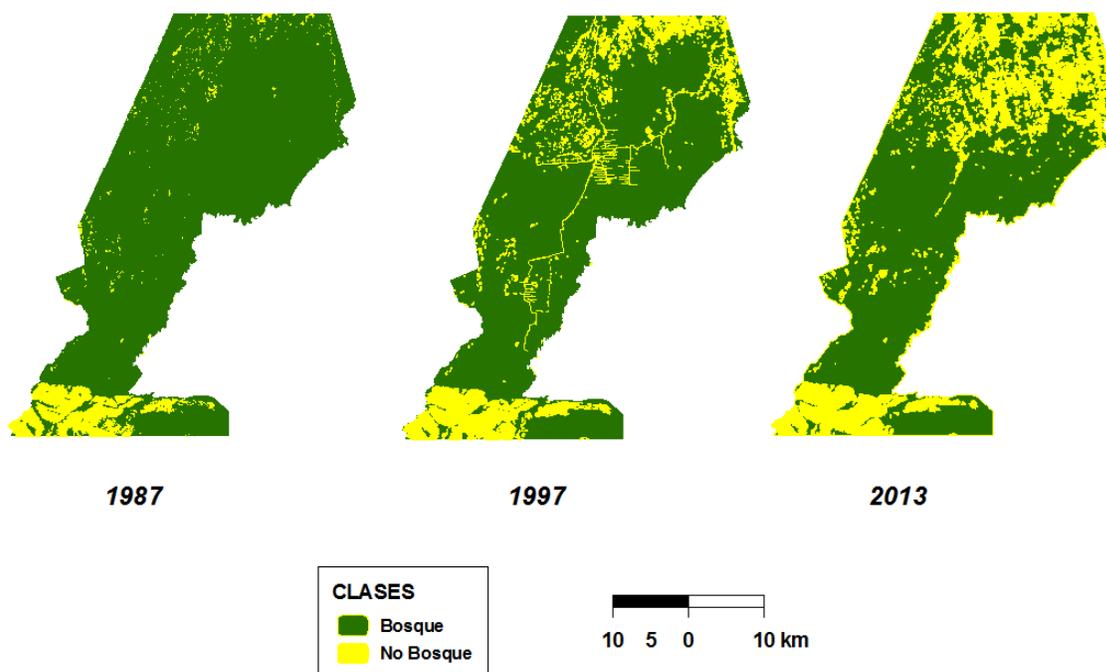


Figura 3: Cobertura Boscosa UMF El Manteco (1987, 1997 y 2013).

Fuente: elaboración propia a partir de imágenes Landsat.

Con respecto, a la dinámica de la cobertura forestal durante el periodo 1987-1997, hubo una ganancia de bosque de 2.562 ha., concentrada mayormente en el sector sur de la UMF donde se localizan las formaciones tepuyanas, de igual manera, se evidenciaron otras áreas de recuperación localizadas en al norte. Por su parte, las pérdidas de cobertura boscosa durante este periodo triplicaron a las ganancias, ya que se detectó una superficie de 7.623 ha., siendo la expansión de la frontera agropecuaria ubicadas al norte de la UMF la principal causa, superando a las otras causas por un amplio margen con un 86,57 %, producto de la intensificación de los procesos de invasión que se llevaron a cabo durante el período, lo que ocasionó la deforestación sobre las superficies que previamente

habían sido taladas y quemadas de manera indiscriminada para establecer pastizales para la actividad ganadera; ello reflejo de factores demográficos, económicos, sociales y al clima político, como lo planteó en su momento Catalán (1992), para el occidente del país. Así mismo, se produjeron diferentes procesos erosivos, que contribuyeron a la pérdida de cobertura forestal, estos alcanzaron una superficie de 525 ha. que representó un 7% de las pérdidas de superficie boscosa, las mismas se localizan sobre la formación tepuyana al sur de la Unidad. Estas formaciones han sido modeladas y esculpidas por diferentes procesos erosivos, trayendo esto como resultado una superficie de 525 ha. de pérdida de cobertura boscosa, asociadas a estos procesos dentro del periodo 1987-1997, significando un 7% de las pérdidas de superficie boscosa. De igual manera, los nuevos tramos viales para las actividades de aprovechamiento forestal se extendieron hacia el sur en aproximadamente 102 km. de interconexión entre tramos existentes y penetración interna significando el 2,75%, es decir, 210 ha. de pérdidas de bosque producto de esta actividad (Figura 4).

Durante el periodo 1997-2013, las ganancias se incrementaron en relación al período anterior, con una superficie de 3.674 ha. distribuida a lo largo y ancho de la UMF, que se recuperó desde el punto de vista cuantitativo; este resultado es producto de tres procesos principalmente: el primero, asociado a la culminación de actividades forestales sobre los compartimientos aprovechados en el periodo anterior; el segundo, relacionado con sectores boscosos que se recuperaron después de acciones de quema que lograron extenderse más allá de los perímetros invadidos durante procesos de expansión agrícola detectados para 1997; y el tercero, relacionado con factores físico naturales que tienen que ver con la estabilización de laderas y piedemontes en algunos sectores de la zona tepuyana ubicada al sur de la UMF. Con respecto, a las pérdidas de cobertura boscosa durante este período se magnificaron en relación al período anterior, añadiendo 19.166 ha. a las zonas desprovistas de bosque. Se puede decir, que prácticamente la totalidad de las pérdidas detectadas durante la fase interpretativa están monopolizadas por la intensificación de los procesos de expansión agropecuaria, sin embargo, la actividad forestal también estuvo presente durante este período, a pesar de que la empresa *Aserradero El Manteco* finalizó actividades de aprovechamiento dentro de esta UMF luego de 2007, por lo que el factor tiempo no permitió visualizar pérdidas por parte de esta actividad durante la fase de interpretación sobre las imágenes satelitales de 2013. Este comportamiento se debe fundamentalmente, al nivel de intensidad en las pérdidas de bosque, que responden a su vez a la magnitud con la que se manifestaron los diferentes factores causales asociados a las actividades humanas realizadas sobre estas UMF (Figura 5), además del hecho de que la explotación no estaba dirigida a preservar la masa para una producción futura, sino que más bien constituía el primer paso hacia el cambio de uso de la tierra a la ganadería principalmente, tal y como sucediera por ejemplo en el estado Barinas, significando que para 1970 la superficie

boscosa de este estado se viera reducida a 37% con respecto al 56% de 1950.

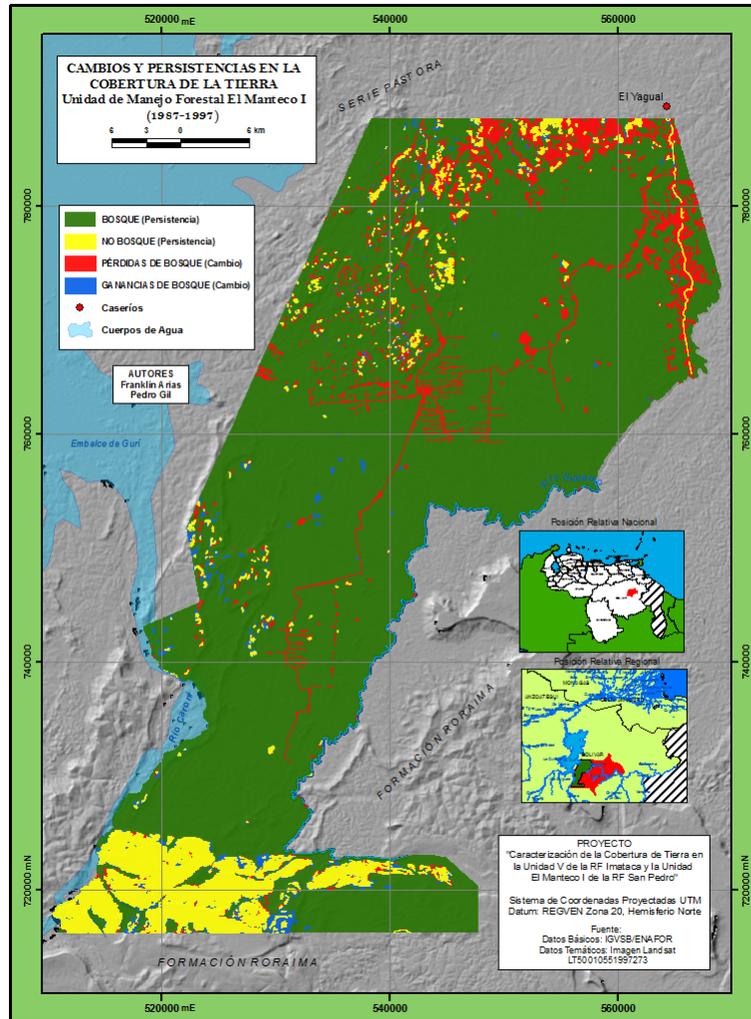


Figura 4: Dinámica de cobertura de la tierra 1987-1997.  
Fuente: elaboración propia a partir de imágenes Landsat.

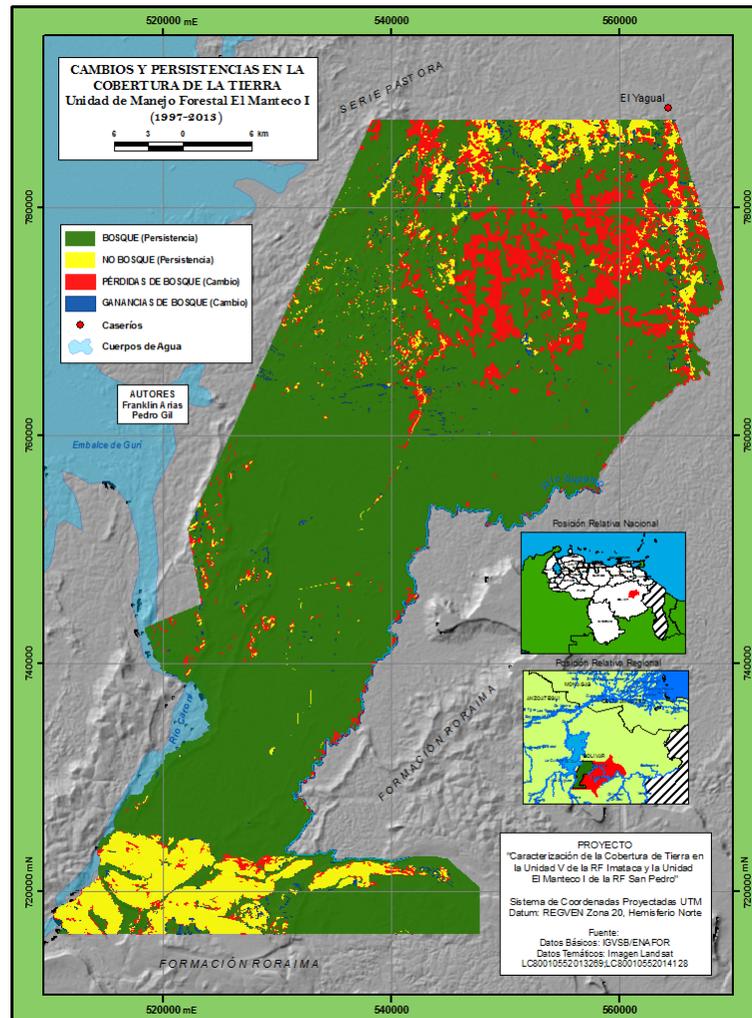


Figura 5: Dinámica de cobertura de la tierra 1997-2013.  
Fuente: elaboración propia a partir de imágenes Landsat.

En termino general, durante este periodo se suscitó un desequilibrio bastante significativo entre las pérdidas ocasionadas por cada factor, siendo en este caso la expansión de la frontera agropecuaria la que monopolizó las pérdidas con 26.700 ha., representado de esta manera el 97,59% del total de pérdidas de bosque que fueron generadas por la acción humana hasta 2013. Cabe destacar, que a pesar de este comportamiento, los otros dos factores causales, tanto el aprovechamiento forestal como la apertura vial, si bien han generado mucho menos pérdidas que la expansión de la frontera agropecuaria, las mismas representan un grado de influencia determinante para dicha

expansión, porque fue justo cuando se comienza a anexar nuevos tramos viales dentro de esta UMF con fines de interconectar las zonas a ser aprovechadas forestalmente, cuando los procesos de invasión se comienzan a magnificar en dirección a esas nuevas vías, trayendo como resultado los alarmantes procesos de deforestación que se manifestaron en esta UMF; situación que coincide, si bien no a nivel de porcentajes, sí en orden de elementos causales con la observada para el país desde la época precolombina hasta nuestros días, donde la expansión agrícola con un 41,8 %, la construcción de infraestructuras con un 26,2 % y la explotación de madera con un 23,5 %, fueron las principales causas de deforestación [Pacheco, Aguado y Mollicone, 2011a]. En la figura 7, se ubica el tramo vial que funciona como comunicación entre el caserío el Yagual con el sector El Ñamal, así como vía de transición a otras zonas fuera de la Unidad, como el caso de algunos campos mineros localizados en la formación Roraima. A lo largo de ésta se observa una preocupante pérdida de los bosques que se ubicaban a sus costados, producto de la expansión agropecuaria, asociada mayormente al pastoreo de ganado vacuno, en estos nuevos potreros que alguna vez fueron bosques.

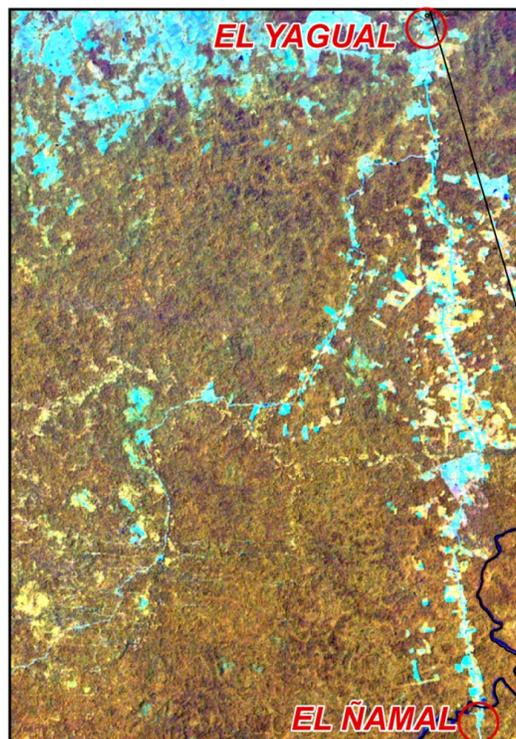


Figura 6: Expansión agropecuaria detectada para el 2013.

Fuente: imagen Landsat.

En cuanto, a las tasas anuales de deforestación, se tiene que para el primer periodo (1987-1997), fue de 0,29 %, mientras que para el segundo periodo (1997-2013) fue de un 0,56 %, significando un aumento de casi el doble con respecto al anterior, este último teniendo un valor similar al reportado por Pozzobon et al. (2004) para las cuencas de río Frio, Tucaní y Torondoy entre 1988-2003 (0,59 %). Si bien estos valores son mucho más bajos que por ejemplo, los reportados por Catalán (1992), entre 1975 y 1988 para la región occidental de Venezuela (2,72 %), son mucho más elevados si los comparamos por ejemplo, con los obtenidos por la Red Amazónica de Información Socioambiental y Georeferenciada (RAISG) para la Guayana Venezolana que incluyen los estados Amazonas, Bolívar y Delta Amacuro (0,14 %) entre 2000 y 2010 [RAISG, 2012]. Esta última comparación se presenta más acertada si tenemos en cuenta la fragilidad ecológica que caracteriza a el bosque tropical localizado en la región de Guayana, de la cual también forma parte esta Unidad de Manejo Forestal, por lo que este último valor de 0,56 % resulta alarmante debido a la irreversibilidad del impacto ambiental que ha ocasionado la intervención humana en esta zona. Si esta tasa anual de deforestación sigue aumentando, se podría estar en presencia de un escenario similar al ocurrido debido a las pérdidas aceleradas de bosque en el occidente venezolano en donde se tiene que en los actuales momentos existe una desaparición casi absoluta de los bosques en los estados Portuguesa y Cojedes, así como la mayoría de los bosques del estado Barinas, Apure y de la región sur del Lago de Maracaibo [Catalán, 1992]; [Pacheco, 2011].

### **Análisis espacial y causal de la dinámica de la Cobertura boscosa a nivel de compartimientos aprovechados por Aserradero El Manteco C.A.**

Durante el periodo 1987-1997, se ejecutaron nueve planes anuales de aprovechamiento forestal por parte de *Aserradero El Manteco C.A.* extrayendo un volumen de madera de más de  $118.000m^3$  [ENAFOR, 2013]. En los compartimientos 5, 7, 8, 9, 24, 26 y 28 hubo una recuperación del bosque bastante significativa, estos compartimientos se encuentran relativamente distantes de las vías principales, por lo que no se convirtieron zonas candidatas a la intervención humana una vez y que se culminaron las actividades de aprovechamiento.

En este sentido, se detecta e interpreta que sobre estos 7 compartimientos existe en este período de evaluación un proceso de degradación del bosque más que de deforestación. Por su parte, en los compartimientos 6, 10, 11, 12, 13 y 23 sí se detectaron procesos de deforestación, ya que estos compartimientos fueron los que mejor accesibilidad vial poseían, puesto que contaban con un contacto directo con la vía principal, por lo que fueron candidatos a la intervención humana una vez culminadas las actividades forestales, generándose de esta manera a lo largo de la vía principal y vías internas de los

compartimientos procesos de expansión de la frontera agrícola, significando esto un gran impacto sobre la cubierta boscosa (Figura 6).

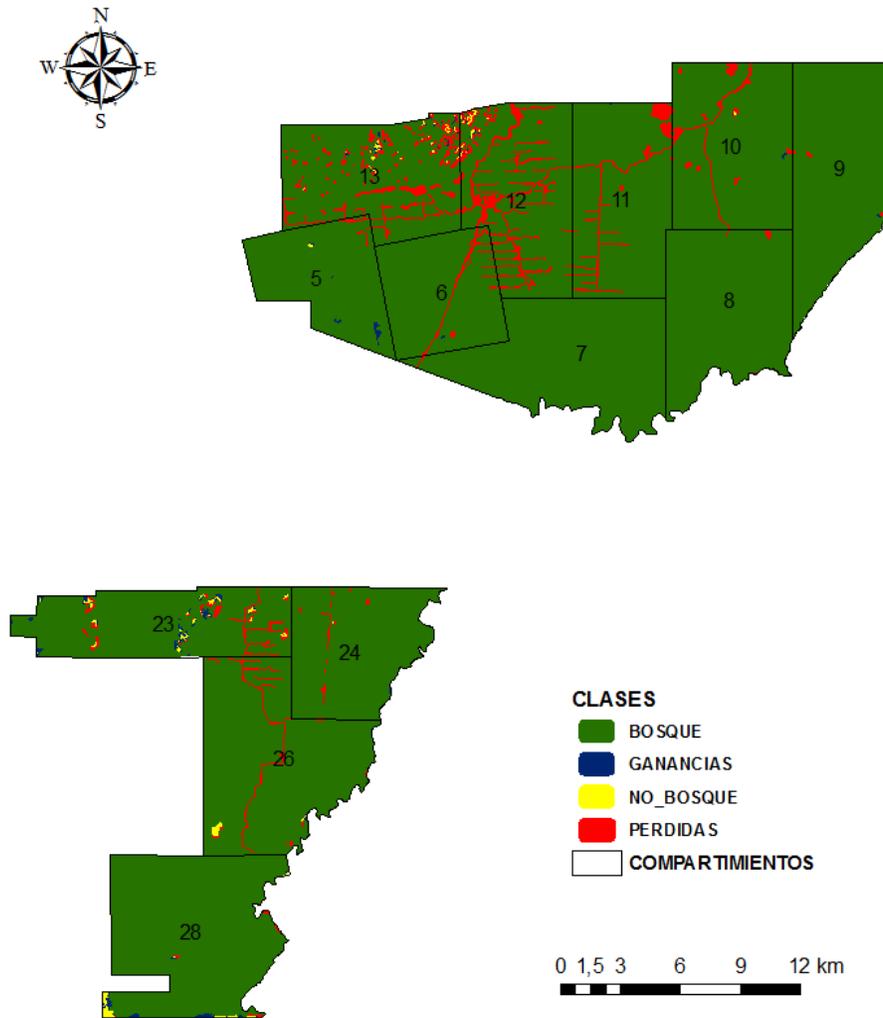


Figura 7: Dinámica de cobertura boscosa en los compartimientos aprovechados (1987-1997).

Fuente: elaboración propia a partir de la base cartográfica del aserradero El Manteco e imágenes Landsat.

La actividad forestal también estuvo presente durante el periodo 1997-2013, sin embargo, la empresa *Aserradero El Manteco* finalizó en el 2007 las actividades de aprovechamiento dentro de la UMF, lo cual no permitió visualizar pérdidas de esta actividad forestal durante la fase de interpretación sobre las imágenes satelitales de 2013. No obstante, se conoce que entre 1997 y 2007 se ejecutaron siete planes anuales de los cuales se extrajo un volumen de madera de 43.598  $m_3$  [ENAFOR, 2013]. Resulta interesante entonces evaluar la dinámica de cobertura boscosa a nivel de los compartimientos una vez culminaron las actividades de aprovechamiento forestal.

La dinámica de la cobertura boscosa varía dependiendo del compartimiento que se examine, en algunos casos se observa que la culminación de actividades de aprovechamiento sobre ciertos compartimientos no significaron una recuperación del bosque, expresando esto que la intervención humana sobre los mismos no cesó. Los compartimientos aprovechados ubicados a lo largo de la zona oeste y sureste se consideran los que recuperaron gran parte de su cobertura boscosa una vez culminaron las actividades de aprovechamiento, debido fundamentalmente al hecho de contar con menor accesibilidad vial con respecto al resto, no representando de esta manera la primera opción a la hora de establecerse invasiones humanas dentro de los mismos.

En este sentido, se interpreta que sobre estos compartimientos la actividad forestal fundamentalmente derivó posteriormente en procesos de degradación. Por su parte, los compartimientos aprovechados localizados en el noreste se consideran los que mayor superficie aportaron a las áreas de pérdida de cobertura boscosa una vez culminadas las actividades de aprovechamiento en esta UMF. Estos compartimientos se consideran los de mejor accesibilidad vial con respecto a los demás compartimientos aprovechados durante este período, representando de esta manera la primera opción a la hora de establecerse invasiones humanas, por lo que sufrieron una gran intensificación de procesos de expansión agrícola y a partir de la tala y quema del bosque con fines de conferirle una vocación ganadera a estos espacios (Figura 8), gran parte de la superficie de estos compartimientos vieron configurada su cobertura boscosa a pastizales. En este sentido, se interpreta que sobre estos 3 compartimientos la actividad derivó posteriormente, tanto en procesos de deforestación como de degradación, representado un impacto bastante significativo sobre el frágil equilibrio ecológico de esta zona.

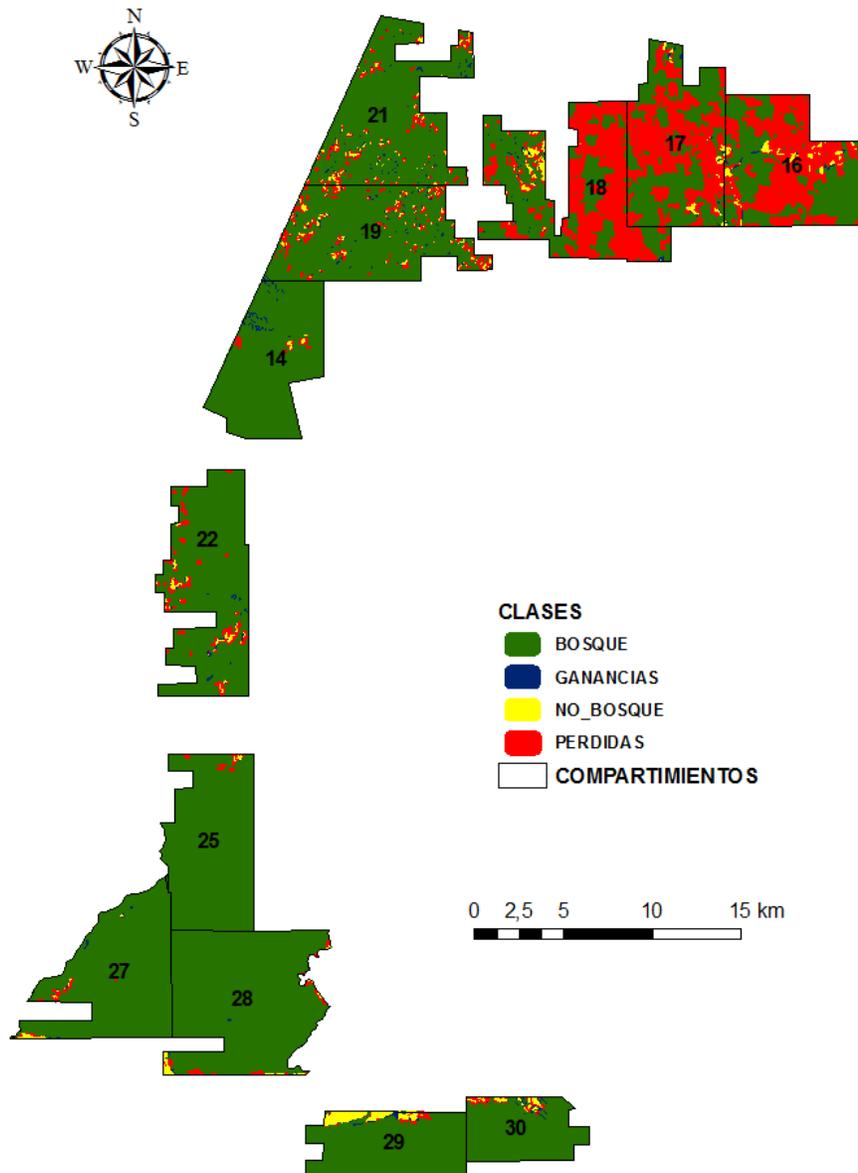


Figura 8: Dinámica de cobertura boscosa. Compartimientos aprovechados 1997-2007.  
Fuente: elaboración propia a partir de la base cartográfica del aserradero El Manteco e imágenes Landsat.

## Conclusiones

La ejecución de la metodología basada en la aplicación del sistema TerraAmazon permitió monitorear la dinámica de los bosques directamente de la fase de interpretación,

lo que significa un nuevo enfoque de evaluación multitemporal, que presenta mayores ventajas sobre el enfoque tradicional de detección de cambios y su matriz, que son aplicadas generalmente en estos tipos de estudios.

Los resultados generados demuestran que los bosques de la UMF El Manteco I, se han deteriorado a lo largo de estas dos últimas décadas. Este deterioro se ha originado por la expansión de la frontera agrícola y el aprovechamiento forestal selectivo que fue realizado por parte de la empresa concesionaria, la cual generó un proceso de degradación del bosque, que dependiendo de las distancias del compartimiento aprovechado a las vías principales, originó procesos de deforestación, a causa de la ocupación ilegal de un grupo de personas que aplicaron técnicas de tala y quema para establecer y expandir las actividades agropecuarias. De no prestar atención al resto de las áreas de la amazonia venezolana, podría llegar a ocurrir lo de las reservas forestales del occidente del país, las cuales en los actuales momentos se encuentran casi todas desprovistas de masa boscosa.

El cálculo de la tasa anual de deforestación, para la última década fue de un 0,56%. Este valor es similar, a la tasa reportada para toda Venezuela [FAO, 2010]. Este último representa un valor crítico si se tiene en cuenta, que con el mismo Venezuela es señalada en los actuales momentos por la comunidad internacional como uno de los diez primeros países del mundo con los más altos porcentajes de deforestación.

En lo que respecta a la adquisición de datos (Imágenes Landsat), así como, del propio sistema TerraAmazon fueron obtenidos de manera gratuita, lo cual da respuesta a los nuevos paradigmas tecnológicos que actualmente se promueven por los entes del estado venezolano a la hora de abordar procesos de investigación científica.

Con este estudio queda comprobado, que el difícil acceso, las grandes distancias, la poca disposición de recursos económicos, entre otros, no representan en la actualidad una limitante para el monitoreo de nuestros bosques tropicales, los cuales poseen un gran valor ecológico, social y económico para las presentes y futuras generaciones, y si bien las condiciones atmosféricas hacen más complejo este tipo de estudios, sobre todo en la región Guayana, donde existe una gran nubosidad generada por la Zona de Convergencia Intertropical, la técnica de obtención de imágenes básicas o auxiliares provenientes de sensores remotos llegan a solventar esta situación.

### **Agradecimiento**

A la Empresa Nacional Forestal (ENAFOR), por abrir sus puertas durante la ejecución de las pasantías de los dos primeros autores, los cuales alcanzaron el título de geógrafo.

Especialmente a su presidente el Dr. Leonardo Lugo y la jefa de la Sala de Geomática la Geog. Yaneth Sánchez.

## Bibliografía

- [Achard et al. 2006] Achard, F. Mollicone, D. Stibig, H. Aksenov, D. Laestadius, L. Li, Z. Popatov, P. y Yaroshenki, A. (2006). Areas of rapid forestcover change in boreal Eurasia. *Forest Ecology and Management*, 237: 322-334.
- [Aldana y Bosques, 2008] Aldana, A.y Bosque J. (2008). *Cambios ocurridos en la cobertura/uso de la tierra del Parque Nacional Sierra La Culata*. Mérida - Venezuela. Período 1988-2003. *Geofocus* 8:139-168.
- [Aserradero El Manteco] Aserradero El Manteco C.A. (1986). *Plan de Ordenamiento y Manejo Forestal*. Unidad I, Lote Boscoso San Pedro. Venezuela. 223 p
- [Bavilacqua, et al. 2007] Bevilacqua, M, Medina, D. y Cárdenas, L. (2007). *Situación de los Bosques en la Guayana, Venezuela: La Cuenca del Río Caura como Caso de Estudio*. Asociación Venezolana para la Conservación de Áreas Naturales (ACOANA). Caracas, Venezuela. 15 p
- [Bins, et al. 1993] Bins, S. Fonseca, L. Erthal, G. y Li, M. (1993). *Satellite imagery segmentation: a region growing approach*. INPE, Salvador, Brazil.993 p.
- [Cámara, et al. 2006] Cámara, G. Valeriano, D. y Soares, J. (2006). *Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal*. Brazil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 13p.
- [Catalán, 1992] Catalán, A. (1992). *El Proceso de Deforestación en Venezuela entre 1975-1988*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas, Venezuela. 12 p.
- [Chuvieco, 1995] Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid: RIALP, S. A. 449 p
- [Chuvieco, 2009] Chuvieco, E. (2009). *Teledetección Ambiental*. Barcelona, España: Ariel Ciencia.589 p.
- [Cohen, 1960] Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, (20): 37-46.
- [Congalton, 1988] Congalton, R. (1988). Comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 3 (54): 593-600.
- [Congalton y Green, 2009] Congalton, R. y Green, K. (2009). *Assesing the accuracy of remotely sensed data: Principles and Practices*. Taylor and Francis Group, London, New York, CRC Press.183 p.

- [ENAFOR, 2013] ENAFOR (2013). *Proyecto Forestal Imataca V Bloque Santa Maria - Unidad De Producción Santa Maria I (STMI)*. Empresa Forestal Venezolana. Venezuela. 125 p.
- [Eva y Huber, 2005] Eva, H. y Huber, O. (2005). *Una propuesta para la definición de los límites geográficos de la Amazonía*. Síntesis de los resultados de un taller de consulta de expertos organizado por la Comisión Europea en colaboración con la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica / CCI Ispra, 7/8 de junio de 2005. JRC / OTCA. EUR 21808-ES. X + 39 pp.
- [FAO, 2010] FAO. (2010). *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010. Informe Nacional*. República Bolivariana De Venezuela. Roma: Fiat-Panis. 35 p.
- [FAO, 2011] FAO. (2011). *Situación de Los Bosques del Mundo*. Roma: Fiat-Panis. 193 p.
- [FAO, 2015a] FAO. (2015a). *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2015, ¿Como está cambiando los bosques del mundo?.* Roma: Fiat-Panis. 49 p.
- [FAO, 2015b] FAO. (2015b). *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2015, Compendio de datos*. Roma: Fiat-Panis. 245 p.
- [FSI, 2013] FSI. (2013). *State of Forest Report 2013*, Ministry of Environment and Forests, Government of India, 2013. Dehradun, India. Recuperado el 7 de octubre del 2014 en: [www.fsi.com](http://www.fsi.com).
- [GOFC-GOLD, 2013] GOFC-GOLD. (2013). *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation* GOFC-GOLD Report version COP18-1. Canada, Alberta, Canada: GOFC-GOLD Project Office, NaturalResources. 232p.
- [Hoyo et al. 2013] Hoyo, S. Pacheco, C. Bustillo, L y López, R. (2013). Cambio de cobertura y uso de la tierra en la microcuenca El Valle, estado Táchira-Venezuela. Períodos: 1991-2003 y 2003-2013. *Revista Forestal Venezolana*, 57(1): 57-77.
- [INPE, 2010] INPE (2010). *TerraAmazonUser'sGuideAdministrator*. In, Instituto Nacional de PesquisasEspaciais., Brazil. 235 p
- [INPE, 2013] INPE (2013). *Monitoring of the Brazilian Amazonian: Projeto PRODES. NationalSpace Agency of Brazil*. Recuperado el 28 de marzo de 2014 en [www.obt.inpe.br/prodes/](http://www.obt.inpe.br/prodes/).
- [INPE-FUNCATE, 2010] INPE-FUNCATE. (2010). *TerraAmazon2014. 4.4 User's Guide Administrator*. INPE FUNCATE Brazil 2013. 156 p.
- [Kammescheidt et al. 2003] Kammescheidt, L. Torres, A. Franco, W. y Plonczak, M. (2003). Historia del aprovechamiento forestal y los tratamientos silviculturales en los

- bosques de los Llanos Occidentales de Venezuela y perspectivas de manejo forestal sostenible. Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 47(1):87-110.
- [Landis y Koch, 1977] Landis, J. y Koch, G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*(33): 159-174.
- [Ley de Bosques, 2013] Ley de Bosques. (2013). Decreto Nro. 6.070, de fecha 14/05/2008, publicado en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. Nro. 40.222, de fecha 06/08/2013.
- [Londoño, 2013] Londoño, A. (2013). *Análisis de la deforestación en la cuenca del río Capaz bases para el establecimiento de una potencial estrategia REDD+*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Forestal. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. 210 p.
- [Lozada y Arends, 2000] Lozada, J. y E. Arends. (2000). Impactos de diferentes intensidades de aprovechamiento forestal sobre la masa remanente, en la estación Experimental Caparo. *Revista Forestal Venezolana*. 44 (1): 73-80.
- [Maldonado, Parra y Aldana, 2011] Maldonado, H. Parra, A. Aldana, A. (2011). La Deforestación en la Reserva Forestal Caparo-Venezuela Períodos 1987-1994, 1994-2007 y 1987-2007. (Aplicación de la Teledetección y los SIG). *Revista Forestal Latinoamericana*. 26 (2): 107-132
- [Noguera et al. 2007] Noguera, O. Pacheco, C. Plonczak, M. Jerez, M. Moret, A. Quevedo, A y Carrero, O. (2007). Planificación de la Explotación de Impacto Reducido como Base para un Manejo forestal Sustentable en un Sector de la Guayana Venezolana. *Revista Forestal Venezolana*, 51 (1): 67 - 78.
- [Observatorio Mundial de Bosques, 2002] Observatorio Mundial de Bosques. (2002). *Situación de los bosques en Venezuela. La región Guayana como caso de estudio*. Observatorio Mundial del Bosque, 132 p.
- [Pacheco, 2011] Pacheco, C. (2011). *Análisis de la deforestación en Venezuela: bases para el establecimiento de una estrategia REDD+*. Alcalá de Henares. Madrid- España. 120 p.
- [Pacheco, et al. 2012] Pacheco, C. Aguado, I. Vilanova E. y Martínez, S. (2012). *Utilización de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) en el desarrollo de un sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV) de emisiones de CO2 en tres áreas "hot spot" de deforestación en Venezuela*. XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. 19 al 21 de septiembre de 2012. Madrid, España.

- [Pacheco, Aguado y Mollicone, 2011a] Pacheco, C. Aguado, I. y Mollicone, D. (2011a). Las causas de la deforestación en Venezuela: un estudio retrospectivo. *Biollania* 10, 281-292.
- [Pacheco, Aguado y Mollicone, 2011b] Pacheco, C. Aguado, I. y Mollicone, D. (2011b). Dinámica de la deforestación en Venezuela: análisis de los cambios a partir de mapas históricos. *Interciencia* 36, 578-586.
- [Pacheco, Aguado y Mollicone, 2014] Pacheco, C. Aguado, I. y Mollicone, D. (2014). Identification and characterization of deforestation hot spots in Venezuela using MODIS satellite images. *Acta Amazonica*, 44 ( 2): 185-196.
- [Portillo-Quintero et al. 2012] Portillo-Quintero, C. Sanchez, A. Valbuena, C. Gonzalez, Y. y Larreal, J. (2012). Forest cover and deforestation patterns in the Northern Andes (Lake Maracaibo Basin): A synoptic assessment using MODIS and Landsat imagery. *Applied Geography*, 35(1-2): 152-163.
- [Pozzobon, Hernández y Dugarte, 2004] Pozzobon, E. Hernandez, E. y Dugarte, I. (2004). Evaluación del proceso de deforestación en tres cuencas del piedemonte lacustrino de La Cordillera de Los Andes. *Revista Forestal Venezolana*, (48): 14-22.
- [RAISG, 2012] RAISG, (2012). *Amazonía bajo presión*. Red Amazónica de Información Socioambiental y Georeferenciada. 68 p.
- [Shimabukuro y Smith, 1991] Shimabukuro, Y. y Smith, J. (1991). The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. *Geoscience and Remote Sensing*, IEEE Transactions. 29 (1): 16-20.
- [Torres, 2008] Torres, A. (2008). *La cuidada movilización de los recursos forestales. La industria forestal*. En F. E. Polar, Medio Humano Establecimiento y Actividades .Caracas: Exlibris, pp. 382 - 434.
- [UNFCCC, 2001] UNFCCC. (2001). *COP-7: The Marrakech accords*. Bonn, Germany. 245 p.
- [USGS- GLOVIS, 2015] USGS- GLOVIS. (2015). *USGS Global Visualization Viewer*. United States Geological Survey, 2015. EEUU.Recuperado 2 octubre de 2014 en: [www.http://glovis.usgs.gov/](http://glovis.usgs.gov/).