

La Deforestación en la Reserva Forestal Caparo-Venezuela Períodos 1987-1994, 1994-2007 y 1987-2007. (Aplicación de la Teledetección y los SIG)

Deforestation in Caparo Forest Reserve - Venezuela. Time periods 1987-1994, 1994-2007, and 1987-2007. (Remote sensing and GIS were applied)

Hernán Maldonado*, Alexander Parra**, Angnes Aldana***

Recibido:29/04/2011 / Aceptado:18/10/2011

Resumen

Se realizó esta investigación mediante análisis digital de imágenes de satélite y datos históricos-cartográficos, con el fin de determinar, caracterizar y analizar la deforestación en la Reserva Forestal Caparo (RFC) Estado Barinas - Venezuela para el período 1987-1994-2007. Los resultados son preocupantes por la magnitud y rapidez de la deforestación que sufrió el bosque de la RFC. Entre 1987-1994 su cubierta boscosa disminuyó 14,33%, pasando de 147.119,9 ha a 126.025,1 ha, perdiéndose 21.095 ha, equivalentes a 3.014ha menos de bosque al año, representando una alta tasa media anual de deforestación de 2,0%. Entre 1994-2007, se obtuvieron los valores más altos en las tasas de deforestación con 4,5%/año, que se corresponde con una tasa muy alta de deforestación, perdiéndose 5.759 ha de bosque al año, destinado principalmente a pastizales para actividades agropecuarias. Finalmente entre el período 1987-2007, el bosque de la RFC disminuyó 65,2% transitando de 147.119,9 ha a 51.158,6 ha, significando una supresión de 95.961,2 ha, estos valores equivalen a una pérdida de 4.798ha/año, que representan una tasa promedio anual de 3,2%, considerándose como una tasa "muy alta" de deforestación, que amerita mayor seguimiento y control de los actores sociales, instituciones y autoridades competentes presentes en la RFC.

Palabras clave: Reserva Forestal Caparo, deforestación, teledetección, sistemas de información geográfica, bosques, Barinas.

Abstract

The main purpose of this research was to determine, characterize and analyze deforestation in Caparo Forest Reserve (CFR) Barinas State - Venezuela during

*Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA), Unidad de Geomática, Mérida- Venezuela. Correo E.: hmaldonado@ifla-ve.org
**Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Instituto de Fotogrametría, Mérida-Venezuela. Correo E.: parraa@ula.ve

***Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Mérida-Venezuela. Correo E.: angnest@hotmail.com

the 1987-1994-2007 time periods by using digital satellite images and historical cartographic data. Results are alarming due to the magnitude and rapidity with which deforestation has occurred in CFR. Between 1987 and 1994, forest floor decreased by 14.33%, and went from 147,119.9 ha to 126,025.1 ha. That is to say, 21,095 ha were lost (3,014 ha per year) which represents a very high annual deforestation rate: 2.0%. From 1994 to 2007, CFR had the highest deforestation rate which was 4.5%/year. Consequently, 5,759 ha were lost per year destined primarily to grasslands for agricultural and livestock activities. Finally, during the time period from 1987 to 2007, forests in CFR decreased by 65.2%, and went from 147,119.9 ha to 51,158.6 ha. This means that 95,961.2 ha were lost (4,798 ha/year). The average annual rate was 3.2% which is a "very high" deforestation rate. Therefore, social actors, public institutions and authorities in charge, present in the CRF must monitor and control this situation immediately.

Key words: Forest reserve, Caparo, deforestation, remote sensing, geographic information system, forest, Barinas.

Introducción

En Venezuela son diversas las figuras legales que permiten dar protección a las áreas naturales y a sus recursos, mediante un sistema de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), que incluye figuras como los Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Refugios de Fauna, Reservas Forestales, Zonas Protectoras, entre otras. Algunas de estas figuras permiten mantener porciones del territorio en su estado natural y otras como las Reservas Forestales promueven el uso sustentable de los recursos naturales allí contenidos.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, 2001), las cifras de deforestación indican que en Venezuela, durante el período 1990-2000, se perdieron aproximadamente 218.000 ha/año de bosques lo que representa una tasa de deforestación del 0,4 % anual; desde ese entonces hasta el presente no existen estudios científicos que monitoree la deforestación en Venezuela (Ministerio del Ambiente. MINAMB, 2005). Razón por la cual existe la urgente necesidad de actualizar el monitoreo de las deforestaciones hasta el momento en nuestro país.

La Reserva Forestal Caparo (RFC), como la mayoría de las reservas forestales del país, está sometida a las presiones sociales y serios problemas de tenencia y ocupación de la tierra que demandan

áreas donde establecer las actividades agropecuarias. A pesar de haber sido decretada como Reserva el 02 de febrero de 1961, en la RFC ha venido ocurriendo un proceso de ocupación creciente con la ampliación de fundos y potreros ya establecidos, la deforestación incontrolada de áreas boscosas es cada vez mayor, causando pérdidas en la diversidad biológica, la fragmentación de hábitat y el aprovechamiento irracional y desmedido los recursos naturales.

El proceso de ocupación de la RFC puede ser definido como un proceso de colonización que ha sido favorecido tanto por las limitaciones existentes para su vigilancia y control, como por el enorme potencial económico que representa el recurso maderero y la ampliación de las fronteras agropecuarias. El proceso involucra la sustitución progresiva del uso forestal por el uso agrícola y pecuario, lo cual significa la destrucción paulatina del bosque para extender la frontera pecuaria. Esta tendencia de incremento de fundos y potreros, es claramente incompatible con las funciones biológicas, económicas y sociales de una Reserva Forestal (Pozzobon, 1995).

Marco General

Deforestación:

Se define, como aquel cambio de uso de la tierra, que implica disminuir la cubierta de copa de los árboles a menos de un diez por ciento” (FAO, 1993), la deforestación es la casi total desaparición del bosque y la utilización de esas tierras en otra actividad diferente (Vargas, 1995), esta pérdida de bosque sólo puede ser causada o mantenida por una perturbación continuada debida a la intervención humana o a causas naturales (FAO, 2001).

Sin embargo, a veces es un término bastante impreciso y mal definido, que tiende a ser empleado para denotar pérdidas cuantitativas de vegetación maderera. Puede indicar también cambios cualitativos, como paso de especies de bosque tropical a secundario o la pérdida de bosque secundario (Vargas, 1995).

“En las zonas donde se practica la agricultura itinerante, el bosque, el barbecho forestal y las tierras de labranza se enmarcan en un sistema dinámico en el que se suceden la deforestación y la regeneración

del bosque en pequeños mosaicos. Para simplificar la notificación de esas zonas, se suele recurrir a la variación neta en una amplia superficie” (FAO, 2001).

Cobertura de la Tierra

De acuerdo con algunos autores citados por Briassoulis (1999), “la cobertura comprende el estado biofísico, expresada en términos de cantidad y tipos de cubierta vegetal, cuerpos de aguas, materiales terrestres y estructuras humanas que la integran”. La expresión cartográfica de la cobertura terrestre, constituye una de las aplicaciones básicas de la teledetección espacial desarrollada con múltiples fines, tales como inventarios y diagnósticos espaciales, ordenación territorial y detección de cambios entre otros (Aplin, 2004); conformando una importante fuente de datos geográficos sobre los aspectos formales del uso de la tierra (Aldana, 2006).

“Las diferencias entre cobertura y uso son remarcadas por algunos autores, en tanto que el tipo de ocupación de la superficie terrestre, es obtenida de la información captada por sensores remotos sobre la señal emitida por los objetos, la cual no siempre indica el uso al que se destinan los mismos (Chuvieco *et al.*, 2002). Por lo tanto, los límites de la cobertura no necesariamente coinciden con los del uso” Jansen y Di Gregorio, 2002 (citado por Aldana y Bosque, 2008).

Detección de Cambios

Las técnicas de detección de cambios, mediante análisis digital, se dividen en dos categorías, las que utilizan variables continuas de imagen a imagen, por ejemplo, diferencia entre imágenes y las que utilizan variables categorizadas o de post-clasificación, la utilizada en este trabajo; esta última en mención, es la técnica de detección de cambios en que las dos fechas son clasificadas independientemente usando los procesos de clasificación. Chuvieco (2007), señala que la detección de cambios a partir de técnicas de clasificación puede abordarse empleando dos grupos de técnicas: 1) comparando imágenes previamente clasificadas, y 2) clasificar conjuntamente las imágenes de

organizada sobre la base territorial de pequeñas comunidades, cuyos habitantes en edad productiva, se dedican, esencialmente, a actividades agrícolas y pecuarias.

Metodología

El esquema metodológico seguido en este estudio puede observarse en la figura 2. Primero se obtiene la base de datos cartográfica de la cobertura/uso de la tierra para los años 1987 y 1994, por medio de la digitalización vectorial de los mapas existentes.

Luego se realiza el mapa de cobertura de la tierra para el año 2007 a partir de las imágenes de satélites ASTER y Spot 5, adquiridas el 8 de enero de 2007 y el 8 de diciembre de 2007, respectivamente, las cuales permiten cubrir la totalidad de la Reserva Forestal Caparo, se realizaron los tratamientos previos a las imágenes como son las correcciones radiométrica y geométrica y las fases de entrenamiento, asignación y verificación en la clasificación supervisada.

En tercer lugar, se abordaron los cambios en la cobertura de la tierra experimentados en el área de estudio durante los períodos 1987-1994, 1994-2007 y 1987-2007. Para lo cual se utilizó el modelador de cambios de la tierra (*LandChangeModeler*) incluido en el Sistema de Información Geográfica Idrisi Andes, que permite analizar las diferentes transiciones de cambios a partir de los mapas de cobertura de la tierra para cada dos fechas consecutivas, obteniéndose como resultado una serie de mapas de cambios, persistencia y pérdida-ganancia entre cada par de mapas consecutivos en el tiempo; esto permitió analizar el avance de la deforestación en los lapsos de tiempo mencionados.

Por último, para el cálculo de las tasas de deforestación anual se utilizó la ecuación lineal propuesta por Sader y Armond (1988), la cual se expresa de la siguiente manera:

Porcentaje por año = $(F1 - F2) \times 100 / F1 \times N$; donde:

F1 = Área boscosa al comienzo del período

F2 = Área boscosa al final del período

N = Número de años del período

Finalmente se utilizó la clasificación propuesta por Catalán (1991), para analizar y comparar el significado de los diferentes valores arrojados al calcular las tasas de deforestación de la Reserva Forestal Caparo (tabla1).

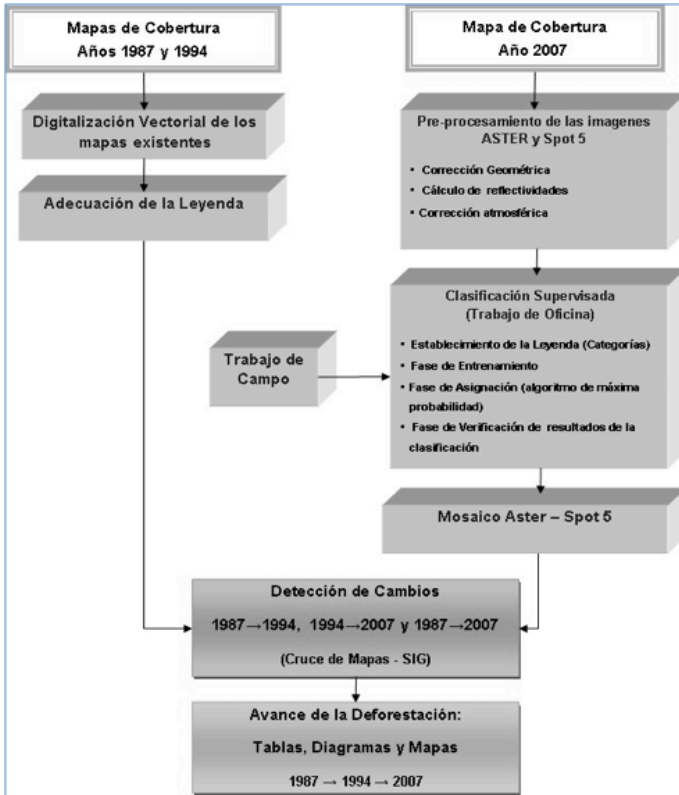


Figura 2. Esquema metodológico.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Propuesta de clasificación de las tasas de deforestación.

Deforestación (%/año)	Calificativo
< 0,5	Baja
0,5 -2,0	Media
2,0 -3,0	Alta
>3,0	Muy Alta

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Catalán (1991).

Resultados

Mapa de Cobertura Año 1987

A partir de la digitalización del mapa de cobertura correspondiente al año 1987 se obtuvieron los resultados que se muestran en las figuras 3 y 4, los cuales incluyen cada una de las clases o categorías de cobertura de la tierra que se describen a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Unidades de información temática de la RFC definitivas años 1987-1994-2007.

Código	Tipo de Cobertura	Descripción
1	Bosque	Se incluyen los bosques naturales propiamente dichos, las plantaciones forestales y los bosques de galerías o ribereños. Corresponde a un tipo de formación vegetal dominado por elementos arbóreos de gran desarrollo. La fisonomía y composición florística de esta formación vegetal, varía dependiendo de la posiciones geomorfológicas (banco, sub-banco y estero) y del grado de inundación y anegamiento del sustrato.
2	Matorral	Corresponde a una formación vegetal semiforestal, conformada predominantemente por estratos arbustivos y herbáceos, que en conjunto cubren totalmente el suelo (Huber y Riina, 1997). En general los elementos arbustivos son fuertemente ramificados
3	Pastizal	Se incluyen las sabanas naturales propiamente dichas y los pastos introducidos o mejorados. Son formaciones monoestratificadas donde predominan las gramíneas perennes y dispuestas en macollas, exentas de elementos arbóreos (sábanas abiertas) o asociadas con formas arbóreas dispersas o en pequeños grupos (sábanas arboladas). La continuidad de las sabanas puede verse interrumpida por la presencia de palmares o bosques de galería (MARNR, 1982)
4	No Aplica/Sin Información	Se incluyen los cuerpos de agua, nubes, sombra de nubes y el suelo descubierto, clases que son poco relevantes para el objetivo de la investigación.

La clase más extensa y dominante para este año es el bosque con 147.119,85 ha (85,19%) del área total en estudio, el pastizal ocupa el segundo lugar con una extensión de 20.404,34 ha (11,81%), el tercer lugar lo ocupa la categoría no aplica/sin información con 2.885,54 ha (1,67%) seguida muy de cerca por la categoría matorral que ocupa menos superficie en la RFC para ese año con 2.292,88 ha (1,33%).

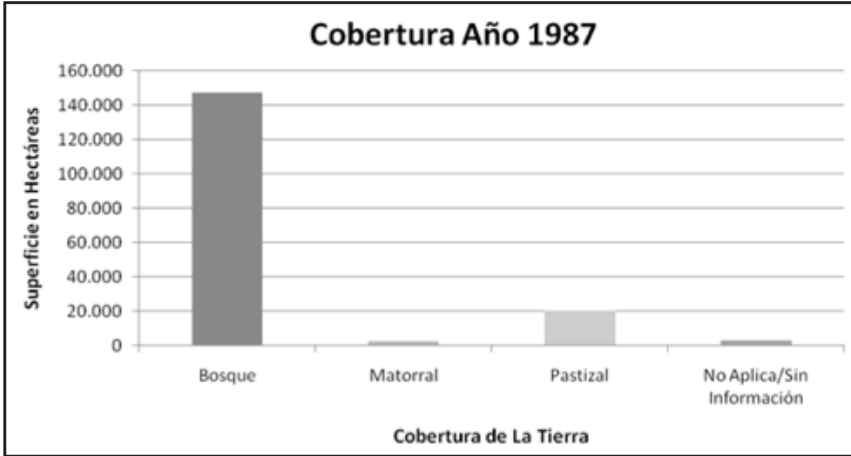


Figura 3. Cobertura de la Tierra RFC. Año 1987.
Fuente de datos: Pozzobon (1995).Elaboración propia.

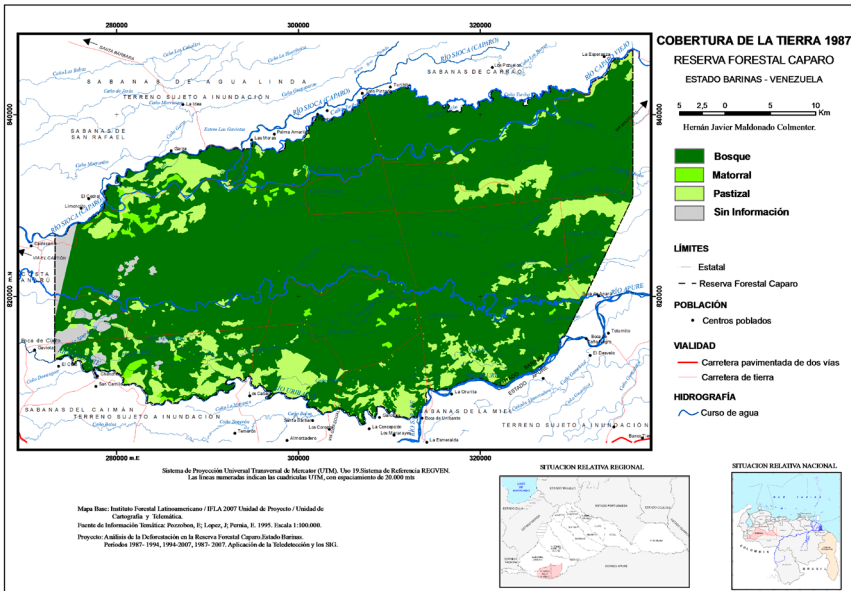
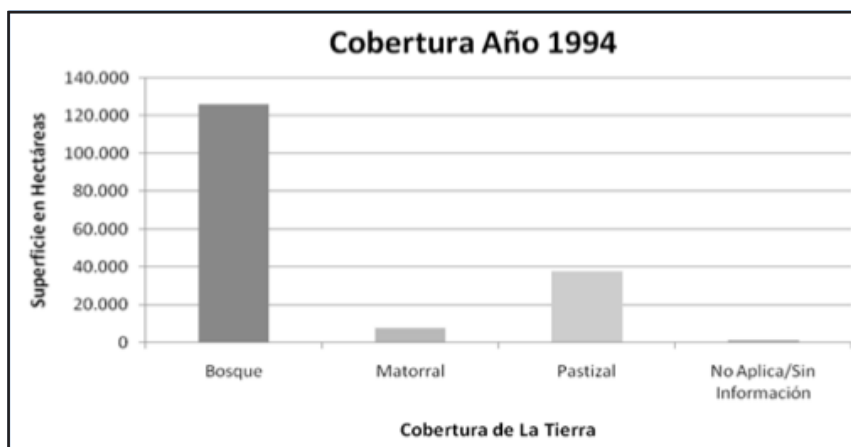


Figura 4. Mapa de Cobertura de la Tierra Año 1987. RFC.
Fuente: Elaboración propia.

Mapa de Cobertura de la Tierra Año 1994

Para este año los resultados de la digitalización de este mapa se muestran en las figuras 5 y 6, para cada una de las clases o categorías de cobertura de la tierra. La clase más extensa y dominante sigue siendo el bosque con 126.025,10 ha (72,97%) del área total en estudio, el pastizal aumenta su superficie, pero, para este año continua ocupando el segundo lugar en extensión con 37.732,24 ha (21,85%), el tercer lugar en superficie lo pasa a ocupar la categoría matorral con 7.582,73 ha (4,39%), la categoría que ocupó menos extensión de superficie para este año fue, la categoría no aplica/sin información con 1.362,54 ha (0,79%) del total de superficie de la RFC.



Figuras 5. Cobertura de la Tierra RFC. Año 1994.

Fuente de datos: López, *et al.* (1996).

Fuente: Elaboración propia.

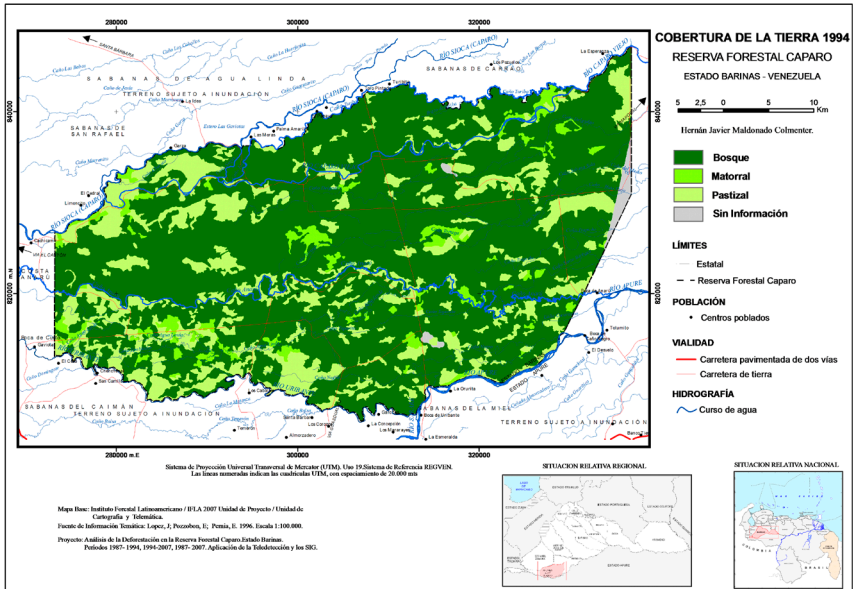


Figura 6. Mapa de Cobertura de la Tierra Año 1994. RFC.

Fuente: Elaboración propia.

Mapa de Cobertura de la Tierra Año 2007

Los resultados del mapa de cobertura de la tierra para el año 2007, generado a partir de las imágenes de satélites ASTER y Spot 5, se muestran en la figura 7 y 8, la clase más extensa y dominante para este año es pastizal con 92.788,38 ha (53,73%) del área total en estudio, lo que se traduce en un 32% más de superficie de pastizal en comparación con el año 1994. El bosque ocupa el segundo lugar en extensión ya que disminuye de 126.025,10ha (72,97%) a 51.158,61ha (29,62%) es decir un 43% menos bosque para el 2007 comparado con el año 1994. El tercer lugar en extensión, al igual que en 1994, lo sigue ocupando la categoría matorral pero aumentando su extensión de 7.582,73ha (4,39%) en 1994 a 25.340ha (14,67%) para el año 2007, es decir un 10% más de superficie ocupada por esta categoría. La categoría que ocupa menos extensión o superficie en la RFC es la no aplica/sin información que a pesar de su aumento en un 1% es decir, de 1.362,54ha (0,79%) en 1994 a 3.415,29ha (1,98%) en el 2007 sigue ocupando la menor extensión del área de estudio.



Figuras 7. Cobertura de la Tierra RFC. Año 2007.
Fuente: Elaboración propia.

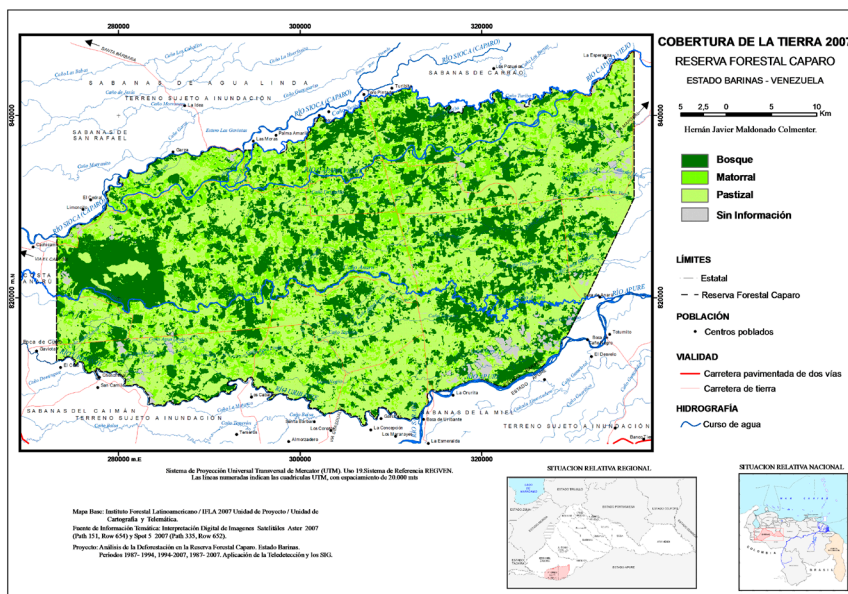


Figura 8. Mapa de Cobertura de la Tierra Año 2007. RFC.
Fuente: Elaboración propia.

En términos de persistencia, la clase más estable fue el bosque con 68,21%, respecto al área que ocupaba para 1987, seguido por pastizal con 7,96%, el matorral con 0,17% y sin estabilidad, la clase no

aplica, categoría en la cual no existió persistencia para este período (ver tabla 3, figura 9). La persistencia del bosque se ve distribuida a todo lo largo y ancho de la Reserva Forestal Caparo, por el contrario la mayor estabilidad del pastizal se da en la parte noroeste, suroeste y este de la reserva donde se ve reflejada la mayor persistencia de dicha categoría y finalmente la poca pero existente estabilidad del matorral se ve reflejada en la parte noroeste y suroeste de la reserva. El bosque en este período es la categoría más estable, aspecto importante en este lapso de tiempo, por lo que representa esta clase para los procesos ecológicos, el mantenimiento de la diversidad biológica y de las especies autóctonas de la región.

Análisis de los cambios en la cobertura de la tierra para el período 1987-1994

Tabla3. Matriz de transición de la cobertura de la Tierra RFC 1987-1994 (Superficie en ha).

Categorías en 1994	Categorías en 1987						Cambio Total
	Bosque	Pastizal	Matorral	No Aplica	Total 1987	Ganancias	
Bosque	117.793,66 68,21	5.437,32 3,15	1.277,49 0,74	1.516,63 0,88	126.025,1 72,97	8.231,44	18.778,81 10,87
Pastizal	22.289,97 12,91	13.740,66 7,96	719,31 0,42	982,3 0,57	37.732,24 21,85	23.991,58	15.327,63 8,87
Matorral	6.061,44 3,51	842,32 0,49	292,36 0,17	386,61 0,22	7.582,73 4,39	7.290,37	4.645,44 2,68
No Aplica	974,78 0,56	384,04 0,22	3,72 0	0 0	1.362,54 0,79	1.362,54	2.124,02 1,22
Total 1994	147.119,85 85,19	20.404,34 11,81	2.292,88 1,33	2.885,54 1,67	172.702,62 100	40.875,94	40.875,94 23,66
Pérdidas	29.326,19	6.663,68	2.000,52	2.885,54	40.875,94		

*Las cantidades en negrita expresan la superficie en porcentaje.

Fuente: Elaboración propia.

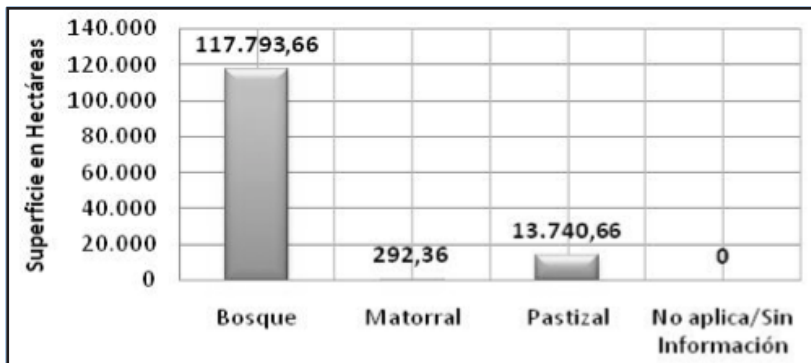


Figura 9. Persistencia entre 1987-1994. RFC.

Fuente: Elaboración propia.

Desde la perspectiva del análisis de cambios, ver tabla 3, la categoría pastizal incrementa su superficie a expensas del bosque (12,91%) y en una menor medida debido al aporte de la categoría no aplica (0,57%) y matorral (0,42%). Estas pérdidas que se producen en la categoría bosque provienen de la tala indiscriminada del área boscosa para convertirlos en espacios agropecuarios económicamente e inmediatamente más productivos. Otro cambio o conversión significativa que proviene de la tala con un posterior abandono es la de bosque a matorral (3,51%), es decir, matorrales que se desarrollan levemente desde antiguas deforestaciones que se recuperan; un cambio menor en proporción pero no menos significativo es de matorral a bosque (0,74%) donde el proceso de sucesión secundaria, contribuye a esta transición, aunque para este período, por el corto tiempo monitoreado (7 años) podemos inferir que este cambio es de difícil explicación y se cataloga como un cambio dudoso producto de la georeferenciación, la clasificación supervisada o del cruce de mapas de coberturas provenientes de diferentes fuentes.

La conversión pastizal-matorral (0,49%), sucede del abandono de las actividades agrícolas de subsistencia (conucos), caracterizada por ocurrir en mínimas extensiones de terrenos y que luego de ser aprovechados son abandonadas ocurriendo así mecanismos de regeneración parecidos al mencionado anteriormente. Otra de las actividades que genera cambios es

la quema de matorrales o aclareo (conversión matorral-pastizal 0,42%), para ser sustituidos por pastos introducidos de diversas especies entre las que se encuentran el pasto estrella (*Cynodon plectostachium*), tanner (*Brachiaria arrecta*), *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria brizantha*, guinea mombasa (*Panicum máximum*), entre otros, que según los productores agropecuarios de la zona les da mayores rendimientos que el pasto nativo ya que eleva la productividad del ganado.

Por último, los cambios de difícil explicación, matorral a bosque mencionado anteriormente también conocidos como cambios dudosos o erróneos, igualmente se generan en la conversión pastizal a bosque (3,15%), debido a que las fuentes de información son distintas, mapas analógicos y mapas clasificados a partir de imágenes de satélite, de distintos autores, con distintas leyendas y con criterios diferentes generan conversiones donde la evolución de la cobertura de la tierra no se ajusta o difiere de la lógica normal.

Desde el punto de vista espacial se observa un patrón de distribución de los cambios bosque-pastizal que tienden a establecerse por toda la Reserva Forestal Caparo pero con una mayor concentración para este período en el extremo sur de la misma entre el caño Anarú, el río Uribante y Apure y en menor concentración a lo largo de los bancos y diques del río Caparo y el río Caparo Viejo en los extremos noroeste y noreste de la reserva. Entre las principales razones para estos cambios figura el fácil acceso hacia estas áreas cuyas características edáficas, drenaje y textura favorecen el desarrollo de las actividades agropecuarias, la cual se caracteriza por ser una actividad extensiva y tradicional (Sánchez, 1993). Otra de las principales razones para que el cambio de cobertura ocurriera en estos extremos es que los mismos son áreas de influencia y suscitan estrechas relaciones funcionales con las principales capitales de parroquias: el Cantón, Santa Cruz de Guacas, Maporal; y Ciudad Bolivia, capital del municipio Pedraza y Santa Bárbara de Barinas capital del municipio Ezequiel Zamora, e incluso con otras capitales de municipios de estados vecinos: Guasualito, Apure y Abejales, Táchira que circundan la RFC.

Las transiciones de bosque a matorral se localizan de manera

dispersa pero en mayor concentración y superficie desde el centro y hacia el extremo este de la reserva y distribuidas en pequeñas manchas hacia el suroeste y noreste de la misma. Los matorrales es un tipo de vegetación secundaria que se establece en áreas abandonadas donde anteriormente existieron formaciones boscosas bien desarrolladas. La composición florística remanente y la secundaria del matorral dependerá de las características del sitio en términos de disponibilidad de agua y régimen de inundación, es por esta razón que esta transición se da en la mayoría de los casos cercana a los caños y ríos presentes en la RFC. En este tipo de transición dependiendo del grado de intervención del matorral es posible encontrar abundante regeneración natural de especies intolerantes a la sombra típicas de la sucesión secundaria. En la tabla 4, se presentan los valores de las transiciones para el período 1994-2007, los mismos fueron tomados en cuenta para el análisis de las tasas de deforestación, pero no se describen en este artículo.

Cambios en la cobertura de la tierra para el período 1994-2007

Tabla 4. Matriz de transición de la cobertura de la Tierra RFC 1994-2007 (Superficie en ha).

Categorías en 2007	Categorías en 1994						
	Bosque	Pastizal	Matorral	No Aplica	Total	Ganancias	Cambio Total
Bosque	43.626,13 25,26	5.458,93 3,16	1.929,86 1,12	143,69 0,08	51.158,61 29,62	7.532,48	44.965,72 26,03
Pastizal	61.882,94 35,83	25.814,66 14,95	3.943,46 2,28	1.147,32 0,66	92.788,38 53,73	66.973,72	39.445,65 22,84
Matorral	18.337,12 10,62	5.410,92 3,13	1.551,77 0,9	40,52 0,02	25.340,33 14,67	23.788,56	14.909,76 8,63
No Aplica	2.178,91 1,26	1.047,73 0,61	157,64 0,09	31,01 0,02	3.415,29 1,98	3.384,28	2.357,90 1,36
Total	126.025,1 72,97	37.732,24 21,85	7.582,73 4,39	1.362,54 0,79	172.702,62 100	101.679,05	101.679,05 58,87
Pérdidas	82.398,97	11.917,58	6.030,96	1.331,53	101.679,05		

*Las cantidades en negrita expresan la superficie en porcentaje.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los cambios en la cobertura de la tierra para el período 1987- 2007

Para este período en términos de estabilidad (persistencia), los resultados se muestran en la diagonal de la tabla 5 y en la figura 10 donde el bosque es la categoría con mayor persistencia, 27,44% del total del área de estudio, seguido del pastizal con 8,67%, matorral con 0,3% y,

con una estabilidad ínfima, la categoría no aplica con 0,08%. En síntesis, el porcentaje del territorio de la RFC que permaneció estable fue del 36,50% (63.022,38 ha), mientras que el porcentaje de zonas que sufrieron algún cambio de cobertura de la tierra fue del 63,50% (109.680,24 ha). Los cambios que se presentan revisten gran importancia ya que según se desprende de otros estudios, el nivel de persistencia en el paisaje debería ser mayor al 90% (Pontius *et al.*, 2004; Burnicki *et al.*, 2007; Aldana y Bosque, 2008; Plata *et al.*, 2008) lo que se convierte en una variante significativa en los resultados analizados.

Tabla 5. Matriz de transición de la cobertura de la Tierra RFC 1987-2007 (Superficie en ha).

Categorías en 2007	Categorías en 1987						
	Bosque	Pastizal	Matorral	No Aplica	Total	Ganancias	Cambio Total
Bosque	47.392,13 27,44	2.345,48 1,36	508,35 0,29	912,65 0,53	51.158,61 29,62	3.766,48	51.747,10 29,96
Pastizal	75.249,99 43,57	14.973,02 8,67	1.210,84 0,7	1.354,53 0,78	92.788,38 53,73	77.815,36	41.623,34 24,10
Matorral	21.932,61 12,7	2.418,29 1,4	514,15 0,3	475,28 0,28	25.340,33 14,67	24.826,18	13.302,45 7,70
No Aplica	2.545,12 1,47	667,55 0,39	59,54 0,03	143,08 0,08	3.415,29 1,98	3.272,21	3.007,33 1,74
Total	147.119,85 85,19	20.404,34 11,81	2.292,88 1,33	2.885,54 1,67	172.702,62 100	109.680,24	109.680,24 63,50
Pérdidas	99.727,72	5.431,32	1.778,73	2.742,46	109.680,24		

*Las cantidades en negrita expresa la superficie en porcentaje.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10. Persistencia entre los Años 1987 - 2007.

Fuente: Elaboración propia.

Espacialmente, la mayor persistencia bosque, ver figura 11, se localiza de forma dispersa en todo el territorio de la RFC, pero con mayor concentración y magnitud hacia los extremos norte, sureste y oeste de la RFC, en este último extremo del área de estudio se ven más homogéneos, extensos y con una geometría más regular los polígonos que conforman las áreas boscosas que se mantienen estables. El patrón de distribución espacial de áreas estables de pastizal se establece con mayor homogeneidad y extensión hacia los extremos sur, este y noroeste de la reserva, este patrón de distribución ha sido condicionado por factores naturales y socioeconómicos; de la misma forma, en las zonas cercanas a los ríos, en posiciones de banco (subutilizando los mismos) y muy cercanos a los centros poblados circundantes de la RFC donde se instaló y persiste el pastizal de las explotaciones pecuarias; en tanto el matorral, persiste, en proporciones pequeñas, principalmente, hacia la parte noroeste de la RFC y en forma de pequeñas manchas dispersas hacia el sur y sur oeste de la RFC.

En la tabla 5 también se puede observar que la mayor proporción de pérdida de bosque es debida al avance, principalmente del pastizal (43,57%), mediante procesos de deforestación, en menor proporción debida al avance de matorral (12,7%) donde el proceso de sucesión secundaria, contribuye con sus mecanismos de regeneración natural y crecimiento in situ (de individuos o poblaciones de especies vegetales de menor tamaño), a que el matorral pase o transite a otro estadio o categoría superior; y por último, en una mínima proporción, pero no menos significativa la pérdida de bosque debida al avance de la categoría no aplica (1,47%). Por su parte pastizal, obtiene sus pérdidas, por el establecimiento en magnitudes similares de superficies de matorral 1,4% (2.418 ha) y bosque 1,36% (2.345 ha), principalmente. En el caso de matorral sus pérdidas se dan, especialmente, mediante la actividad de la quema, para el establecimiento de nuevas áreas de pastizal 0,7% (1.210 ha) y mediante procesos de regeneración de vegetación secundaria, para el caso de recuperación del bosque 0,29% (508 ha).

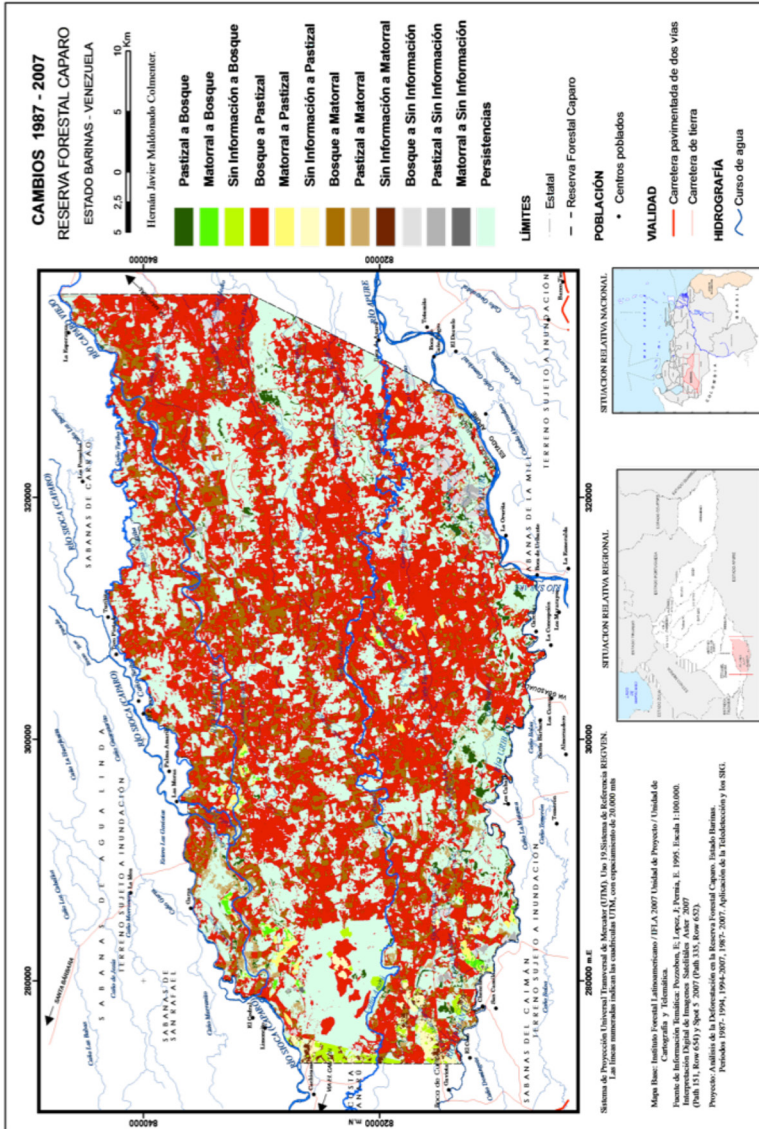


Figura 11. Mapa cambios en la cobertura de la tierra de la RFC, período 1987 - 2007.

Fuente: Elaboración propia.

El patrón espacial de los cambios los podemos observar en el mapa de cambios, figura 11 que se encuentra en la página siguiente, donde el cambio más significativo, de bosque a pastizal (43,57%) se distribuye de forma geométrica regular a largo y ancho de todo el territorio de la Reserva Forestal Caparo, pero con una mayor agregación y extensión de los polígonos o formas geométricas que lo conforman, hacia los extremos noreste, centro, sur y suroeste de la RFC. El cambio de bosque a matorral (12,7%), ocurrió hacia el norte, noroeste y centro de la RFC, alineado paralelamente en forma de corredor con la vialidad principal de la misma (terraplén principal). Los parches o geometría que conforman dicho cambio son más fragmentados y menos extensos que los del cambio anterior, a consecuencia, de la deforestación y posterior abandono, como se comentó anteriormente, debido a que en este sector operaban las primeras compañías madereras a las que les revocaron las concesiones de explotación de los bosques de la RFC cesando su actividad y dando lugar, a la conformación de pequeños arbustos muy jóvenes mezclados con hierbas de varias especies.

En el caso del cambio de pastizal a matorral (1,4%), ocurre con discontinuidad y en menor extensión que los cambios anteriores hacia el extremo noroeste entre el río Caparo y los cauces abandonados (madre vieja) del río Caparo Viejo, muy cerca también de la Estación Experimental Cachicamo (Comodato ULA-MINAMB), aunque hacia los extremos norte, sur y suroeste también se puede ver este cambio pero aún más fragmentado, difuso y en menor magnitud y extensión que todas las anteriores transiciones. Por último, el cambio de matorral a pastizal (0,7%), ocurre muy cercano a las áreas establecidas de la transición anterior, con la variante de ser un cambio disperso y de menor extensión de superficie, es decir, conformado por pequeñas manchas con intercalación de otras transiciones y de áreas estables.

Asimismo, el cambio pastizal a bosque (1,36%), que en los períodos evaluados anteriormente fueron catalogados de difícil explicación o cambios dudosos, revisten gran atención e importancia para este período, ya que el mismo es posible, debido a factores como, el tiempo físico-biológico mínimo necesario para ello, la estacionalidad

marcada de las precipitaciones, la gran cantidad de áreas inundables y la variación de los suelos y de la fisiografía; con el paso del tiempo es posible que se recuperen y evolucionen las unidades vegetales hasta el punto de conformarse en comunidades con diferentes tipos de bosques.

Análisis de las Tasas de Deforestación

La tabla 6 y la figura 12 presentan los valores de superficies y el porcentaje del paisaje de la RFC que fue sometido a procesos de deforestación. Para el período 1987-1994 (7 años) la cubierta boscosa de la RFC disminuyó en un 14,33 % pasando de 147.119,9 ha en el año 1987 a 126.025,1 ha en el año 1994, lo que indica que se perdieron 21.094,8 ha de bosque, esto representa una tasa de deforestación media anual de 2,0%/año, lo que equivale a una pérdida de 3.014 ha de bosque al año. Este valor porcentual se considera como una tasa “alta” de deforestación para el corto período de tiempo evaluado.

También se puede observar que para el período 1994-2007 (13 años), se obtuvieron los valores más altos en la tasa de deforestación 4,5%/año suprimiéndose por año 5.759 ha de vegetación boscosa, lo que indica, según el clasificador utilizado, una tasa “muy alta” y acelerada de deforestación. Por último para el período 1987-2007, 20 años evaluados, el paisaje boscoso de la RFC disminuyó en un 65,2% transitando de 147.119,9 ha en el año 1987 a 51.158,6 ha para el año 2007, significando lo anterior, una supresión de 95.961,2 ha del bosque de la RFC.

Tabla 6. Resumen de la deforestación entre los Períodos 1987-1994, 1994-2007 y 1987-2007 en la RFC.

RFC Períodos	Años	Area con bosque al inicio	Area con bosque al final	Deforestación		Tasa media anual de deforestación	
		(ha)	(ha)	(ha)	%	(%/año)	ha/año
1987 - 1994	7	147.119,9	126.025,1	21.094,8	14,3	2,0	3.014
1994 - 2007	13	126.025,1	51.158,6	74.866,4	59,4	4,5	5.759
1987 - 2007	20	147.119,9	51.158,6	95.961,2	65,2	3,2	4.798

Fuente: Elaboración propia

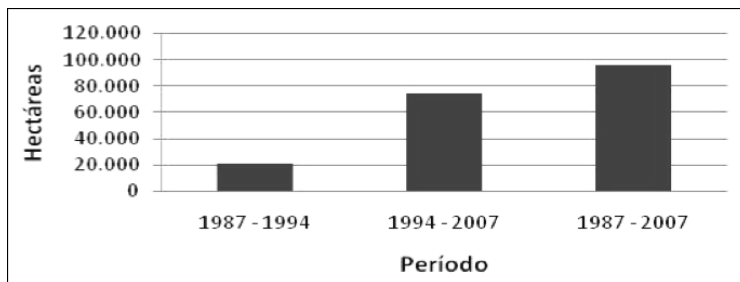


Figura 12. Deforestación en hectáreas en la RFC.

Fuente: Elaboración propia.

Estos valores representan una tasa promedio anual de deforestación de 3,2%, que equivale a una pérdida de 4.798 ha/año de bosque. Valor que se considera como una tasa “muy alta” de deforestación en la Reserva Forestal Caparo (ver figura 13). En la figura 13 se representa espacialmente, el avance de la deforestación en los tres periodos analizados.

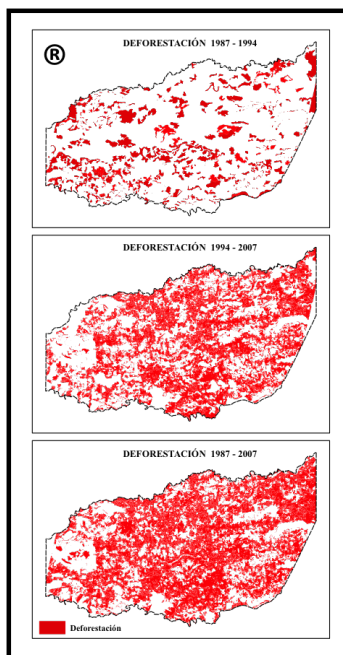


Figura13. Avance de la deforestación en la RFC, entre los periodos 1987-1994, 1994-2007 y 1987-2007.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación reflejan la magnitud y la rapidez de las deforestaciones que han experimentado los bosques de la Reserva Forestal Caparo, cuya figura jurídica de área bajo régimen de administración especial permite el aprovechamiento de sus recursos pero de manera limitada y con un estricto control, el cual no se ha venido cumpliendo a cabalidad permitiendo el aprovechamiento irracional y desmedido de los bosques

En general desde la perspectiva del análisis de cambios, las transiciones entre categorías aportadas por la matriz de cambios y el análisis de pérdidas/ganancias, arrojan un 63,51% de cambios en la cobertura/uso de la tierra de la Reserva Forestal Caparo para el período de 20 años evaluado en este estudio, es decir, un gran cambio en la cobertura de la tierra y el paisaje de esta importante Reserva Forestal de los llanos occidentales venezolanos. La gran mayoría de ellos se produjeron disminuyendo la superficie boscosa a un 29,62 % (51.158,61ha), que de mantenerse esta tendencia generara un efecto negativo irreversible en las condiciones climáticas, regímenes hidrológicos, la biodiversidad y el desarrollo sustentable de la RFC.

Para el período 1994-2007 (13 años), se obtuvieron los valores más altos en la tasa de deforestación 4,5%/año, suprimiéndose por año 5.759 ha de vegetación boscosa, indicando una tasa “muy alta” y acelerada de deforestación.

El estudio para un período de 20 años arrojó una tasa promedio anual de deforestación de 3,2%, que equivale a una pérdida de 4.798 ha/año de bosque, lo que se considera como una tasa “muy alta” de deforestación que amerita un mayor seguimiento y control de las actividades socioeconómicas que se establecieron en la RFC por parte de los actores sociales: habitantes, docentes, consejos comunales, cooperativas, instituciones y autoridades competentes que hacen vida y se encargan de la gestión, resguardo, manejo de los recursos en la Reserva Forestal Caparo.

La mayor parte de la superficie boscosa suprimida se ha destinado a la ampliación de las fronteras agropecuarias (pastizales).

Las tierras bajo bosque no pueden considerarse ociosas e improductivas. En áreas de comprobada vocación forestal, especialmente en las Reservas Forestales y Áreas Boscosas bajo protección deben prevalecer los usos y las actividades forestales y en las áreas intervenidas de las mismas la recuperación del bosque, a través de la promoción y manejo integral de la tierra, combinando las actividades forestales como los viveros, las plantaciones y los sistemas agroforestales con otras actividades de producción, como una forma de potenciar el desarrollo rural sustentable.

Se demostró, una vez más, las bondades y capacidades que brindan el uso de las nuevas tecnologías para el manejo de información territorial (teledetección, SIG y los sistemas de posicionamiento global), para el seguimiento temporal y espacial de los bosques.

Continuar con los programas de manejo integral comunitario del bosque que es una estrategia que compromete a los habitantes locales dentro de un espacio socio productivo, ambiental integral, centrado en la capacidad de autogestión y cogestión comunitaria de las actividades forestales, agrícolas, pecuarias, piscícolas, eco turísticas y de protección del ambiente a fin de lograr un proyecto de vida rural sostenible y sustentable.

Referencias Bibliográficas

- ALDANA, A. 2006. Evaluación de los Cambios ocurridos en la Cobertura/ Uso de la Tierra del Parque Nacional Sierra de la Culata. Mérida-Venezuela. Período 1988-2003, Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, Facultad de Filosofía y Letras, Departamento de Geografía.
- ALDANA, A. y BOSQUE, J. 2008. Cambios Ocurridos en la Cobertura/ Uso de la Tierra del Parque Nacional Sierra de la Culata. Mérida-Venezuela. Período 1988-2003, Geo Focus, **Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, 8, p.p 139-168.
- APLIN, P. 2004. Remote Sensing: Land Cover. En: **Progress in Physical Geography**. Vol.28, Nº 2, pp. 283-293.

- BRIASSOULIS, H. 1999. **Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches**. En: The web Book of Regional Science, Regional Research Institute, West Virginia University. <http://www.rr.iwvu.edu/webBook/Briassoulis/>
- BURNICKI, A., BROWN, D., GOOVAERTS, P. 2007. **Simulating error propagation in land- cover change analysis: The implications of temporal dependence, Computers, Environment and Urban Systems**, 31, pp.282-302.
- CATALÁN, A. 1991. El proceso de deforestación en Venezuela entre 1975 – 1988. MARNR, Dirección General Sectorial de Investigaciones de Aguas, Suelos y Vegetación, Dirección de vegetación.
- CHUVIECO, E. 2007. Teledetección Ambiental: La observación de la Tierra desde el Espacio, Barcelona, **Ariel Ciencia**. 586 p.
- CHUVIECO, E., SALAS, J., MEZA, J. y VARGAS, F. 2002. Empleo de la teledetección en el análisis de la deforestación tropical: El Caso de la Reserva Forestal de Ticoporo (Venezuela). **Serie Geográfica**, 10:55-76. <http://www.fao.org/docrep/003/y0900s/y0900s00.htm#TopOfPage>
- HUBER, O. y RIINA, R (eds). 1997. **Glosario fitoecológico de las Américas**. Vol. 1. América del Sur: Países hispano parlantes. UNESCO, FIBV, Caracas.
- LÓPEZ, J., PERNÍA, E. Y POZZOBON, E. 1996. Avance de las Deforestaciones en la Reserva Forestal Caparo, Estado Barinas, Venezuela, Entre 1987 y 1994. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Laboratorio de Fotogrametría y Sensores Remotos. Mérida – Venezuela. **Revista Forestal Venezolana**, 40 (2), 29-36, 1996.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (MINAMB) 2005. Información forestal. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Bosque. Caracas Venezuela
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES (MARNR), 1982. Mapa de la vegetación actual de Venezuela. Proyecto Ven/79/001 Sistemas Ambientales Venezolanos.

- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN.(FAO) 1993. Ordenación y Conservación de los Bosques Densos de América Tropical. Roma 1993.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN.(FAO) 2001. Situación de los bosques del mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
- PLATA, W., GÓMEZ, M. y BOSQUE, J. 2008. Cambios de uso del suelo y expansión urbana en la Comunidad de Madrid (1990-2000), Scripta Nova. **Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales.**
- PONTIUS, R., SHUSAS, E. y MCEACHERN, M. 2004. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 101: 251-268.
- POZZOBON, E. 1995. Estudio de la dinámica de las deforestaciones en la Reserva Forestal Caparo mediante imágenes de HRV SPOT. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Departamento de Ingeniería. Mérida – Venezuela.
- SADER, S. y ARMOND, J. 1988. Deforestation Rates and Trends in Costa Rica, 1940 to 1983. **Biotropica**. 20(1): 11-19
- SÁNCHEZ, M. 1993. “Escenarios de la Ocupación de la Reserva Forestal Caparo”. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Magíster en Ciencias en Ordenación Territorial. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Postgrado de Ordenación Territorial.
- VARGAS, F. 1995. **Análisis de las técnicas de detección de cambios para estudiar procesos de deforestación: El caso de la Reserva Forestal de Ticoporo-Venezuela.** Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Geografía, Mérida-Venezuela.