

Evaluación de las deforestaciones en la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas-Venezuela, en base al análisis multitemporal de imágenes de percepción remota

Evaluation of deforestation in the Ticoporo Forest Reserve, Barinas State-Venezuela, by means of multi-temporal analysis of remote sensing images.

Ennio N. Pozzobon B.* y Ramón A. Osorio M.*

Recibido: noviembre, 2002 / Aceptado: diciembre, 2002

Resumen

El presente estudio comprende la aplicación de un análisis multitemporal para evaluar las deforestaciones en la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas, Venezuela, empleando diferentes técnicas de interpretación sobre imágenes de satélite TM de LANDSAT y HRV de SPOT, y sobre fotografías aéreas de distinta data. El período analizado comprendió 38 años (1963, 1976, 1987, 2001), iniciándose con la interpretación estereoscópica de la misión aerofotográfica 050311, del año 1963, a escala 1/25.000; posteriormente la misión 050390, de 1976, a escala 1/20.000. La información para el año 1987 se obtuvo mediante interpretación visual directa de una imagen analógica HRV de SPOT, mientras que para el año 2001 se empleó una imagen TM de LANDSAT en formato digital. En general, para el período analizado, la Reserva Forestal de Ticoporo disminuyó su superficie boscosa en un 77%, pasando de 171.171,5 ha en el año 1963, fecha esta muy cercana a su decreto y creación, a 39.740,8 ha en el año 2001. Esto representa una tasa de deforestación total media anual del 2%, equivalente a una pérdida de 3.424,4 ha de bosque por año. En base a los resultados obtenidos, se determinó que la reserva forestal para el año 2001, presenta una cobertura boscosa de 39.740,8 ha, lo que representa sólo el 21% de la totalidad del área.

Palabras clave: Reserva Forestal Ticoporo; deforestaciones; análisis multitemporal; imágenes de percepción remota.

Abstract

This study describes the use of multitemporal analysis to evaluate the deforestation in the Forest Reserve of Ticoporo, Barinas State, Venezuela by means of different interpretation techniques on LANDSAT TM and SPOT HRV images, and aerial photos of different dates.

* Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Laboratorio de Fotogrametría y Sensores Remotos, Mérida-Venezuela. E-mail: pozzobon@ula.ve / raosorio@ureach.com

The analyzed period is of 38 years (1963, 1976, 1987, 2001), beginning with the estereoscopic interpretation of the 050311 aerial mission, dated 1963, at the scale 1:25.000, then the 050390 aerial mission, of 1976 at the scale 1:20.000. The information for the year 1987 was obtained from an analogical HRV of SPOT image, while for the year 2001 an TM of LANDSAT, was used in digital format. In general, for the thirty eight year period, the Forest Reserve of Ticoporo decreased its forest surface in 77%, passing from 171.171,5 ha in 1963, close to its ordinance and creation to 39.740,8 ha, in year 2001. This represents a rate of total yearly deforestation of 2%, equivalent to a loss of 3.424,4 ha, of forest per year. Based on the obtained results, it was determined that the forest reserve in 2001, presents a forest coverage of 39.740,8 ha, this represent 21% of the entire of the area.

Key words: Ticoporo Forest Reserve; deforestation; multi-temporal analysis; remote sensing images.

Introducción

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la dinámica temporal y espacial de las deforestaciones en la Reserva Forestal de Ticoporo, en base a la comparación de los mapas producidos para los años 1963, 1976, 1987 y 2001, y analizar las tasas de deforestación media anual calculada para cada uno de ellos. Para tal fin se desarrolló un análisis multitemporal (38 años), empleando imágenes de percepción remota, (fotografías aéreas e imágenes de satélites SPOT y LANDSAT).

De los estudios hasta ahora realizados sobre las deforestaciones en la Reserva Forestal de Ticoporo, se observa que éstas han sido estudiadas tratando de caracterizar la dinámica geográfica (Rojas, 1993), y la dinámica socioespacial (Delgado, 1986). De igual manera, se observa que las cifras y porcentajes de deforestación señalados en los diferentes estudios revisados se basan, a excepción de Vargas (1995), en análisis de datos

recopilados y en encuestas realizadas a los ocupantes.

Las reservas forestales de Venezuela, son áreas bajo régimen de administración especial (ABRAE), creadas con el propósito principal de suministrar la materia prima para la industria de la madera nacional, sin menoscabo de las demás funciones conservacionistas y su aprovechamiento debe regirse por Planes de Ordenación y Manejo (Ley Forestal de Suelos y Aguas).

Sin embargo, la existencia de las normativas jurídicas que restringían el uso en sus primeros años de decreto, como el caso del artículo 57 de la Ley Forestal de Suelos y Aguas, el cual establece que: "*En ningún caso se podrá colonizar o enajenar las reservas forestales sin la previa autorización del congreso*" (hoy Asamblea Nacional); así como la presencia de empresas concesionarias tanto públicas como privadas a partir de la década de los 70, no han sido obstáculos suficientes para evitar las sucesivas y constantes invasiones a que

han sido sometidas estas áreas desde su creación hasta el presente.

Las invasiones en las reservas forestales han traído como consecuencia el aumento en magnitud y frecuencia de las deforestaciones. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, 1993), entre 1981 y 1990 la deforestación anual promedio en Venezuela aumentó más del doble a la registrada en la década de los 70, alcanzando un promedio de 600 mil hectáreas por año, lo que equivale a más de mil seiscientos hectáreas por día durante toda la década (FAO Forest

Resource Assessment, 1993, citado por Centeno, 2001).

Una forma de evaluar el grado y avance de las superficies afectadas por este proceso de deforestación en las áreas de las reservas forestales y en particular la de Ticoporo, es a través del monitoreo o análisis multitemporal.

Descripción general del área de estudio

La Reserva Forestal de Ticoporo (Figura 1) está ubicada en la Región de los Llanos

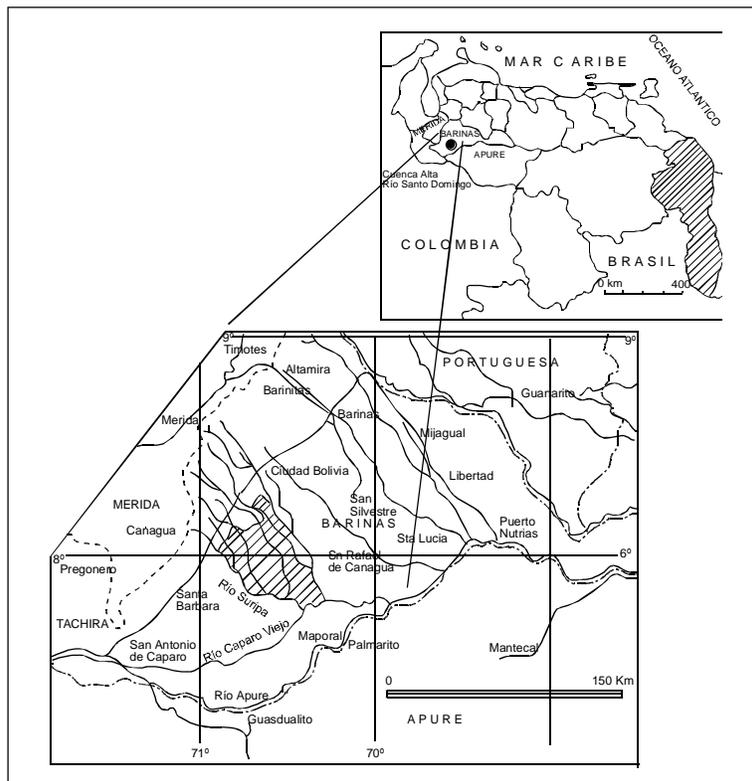


Figura 1. Ubicación relativa del área de estudio

Occidentales de Venezuela, al Oeste del estado Barinas, en jurisdicción del municipio autónomo Antonio José de Sucre de la parroquia Pedraza. Geográficamente, la Reserva Forestal de Ticoporo se localiza entre las coordenadas $70^{\circ} 17' 49''$ y $70^{\circ} 73' 72''$ de longitud Oeste y, $7^{\circ} 48' 49''$ y $8^{\circ} 18' 08''$ de latitud Norte.

La superficie oficial actual de la Reserva Forestal de Ticoporo es de 187.156 ha, de las cuales 146.075 ha están bajo régimen de concesión, con contratos administrativos a largo plazo, a empresas privadas y mixtas. En la reserva existen actualmente cuatro unidades de manejo forestal (Figura 2). La Unidad I,

de 45.000 ha, fue cedida a la empresa Emifoca en junio de 1982. La Unidad II, con una superficie de 40.775 ha, fue otorgada a la empresa CONTACA en marzo de 1970. La Unidad III, de 60.300 ha, fue otorgada a la empresa EMALLCA en julio de 1972. Hacia el sudeste de la reserva existen 24.000 ha que fueron cedidas en comodato a la Universidad de Los Andes, por el MARNR, en diciembre de 1982. En esta unidad se localizan las Sabanas de Anaro, con una extensión de 12.000 ha, decretada Refugio de Fauna Silvestre, siendo utilizada actualmente con fines pecuarios, aunque en forma extensiva. La Unidad IV o Área Experimental cedida inicialmente contaba con

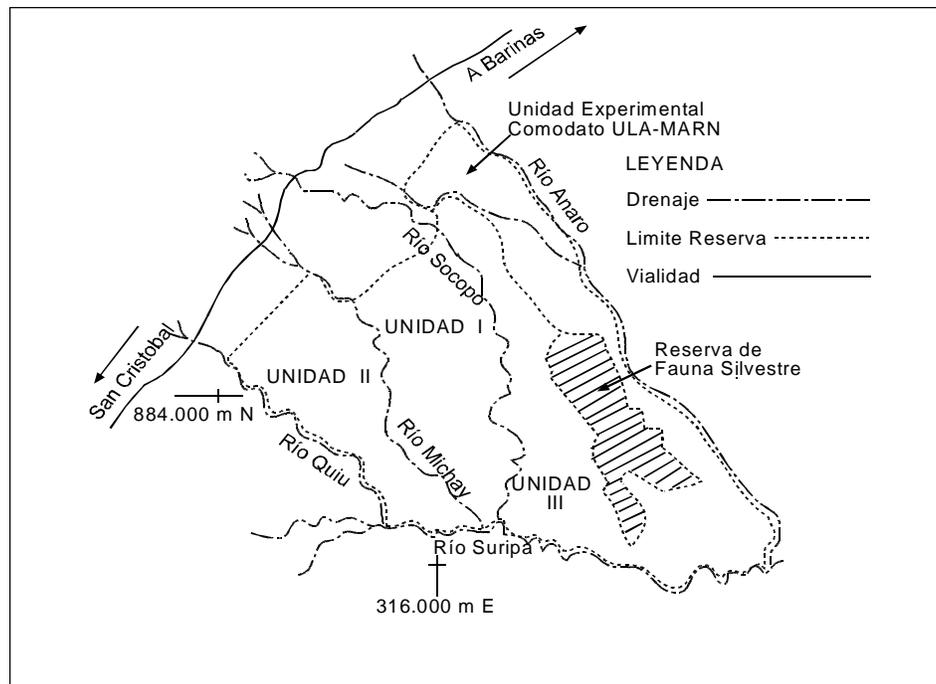


Figura 2. Unidades de manejo de la Reserva Forestal de Ticoporo. Mapa realizado en el Laboratorio de Fotogrametría y Sensores Remotos

24.000 ha, hoy día solo cuenta con aproximadamente 1.200 ha como consecuencia de las numerosas invasiones sufridas (Pozzobon, 1994).

Metodología y materiales

El procedimiento metodológico utilizado para desarrollar el presente estudio, se puede dividir en dos fases: un procedimiento general y un procedimiento específico.

1. Procedimiento general

El procedimiento general implicó las siguientes fases:

- 1.1 *Búsqueda y adquisición del material fotográfico.* Se obtuvieron dos misiones aerofotográficas de la reserva, la misión 050311 a escala 1:25.000 del año 1963, la cual fue cedida en calidad de préstamo por la Mapoteca de la Escuela de Geografía de la Universidad de Los Andes, y la misión 050390 a escala 1:20.000 del año 1976, cedida en donación por la Dirección General del Recurso Bosque, del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN). Se contó con una imagen analógica HRV de SPOT, de escala 1:100.000, tomada en marzo de 1987. Para obtener los datos del año 2001 se interpretó una subimagen en formato digital TM de LANDSAT 7. Para tal fin se extrajo una subimagen del área compuesta por 3860 líneas y 4331 columnas de píxeles.

- 1.2 *Recopilación y revisión de información básica.* Se seleccionó el material cartográfico existente de la reserva y se obtuvieron las cartas codificadas: 6039, 6040, 6139 y 6140, a escala 1:100.000.

- 1.3 *Digitalización de las cartas base de la Reserva Forestal de Ticoporo.* Se procedió a digitalizar las cartas obtenidas, haciendo uso de una tableta digitalizadora GTCO y el software AUTOCAD 2000, con el fin de homogenizar la cartografía básica sobre la cual se restituiría la información temática obtenida de la interpretación de las diferentes imágenes.

- 1.4 *Definición de la leyenda.* La leyenda utilizada fue una adaptación de la Leyenda empleada por López (1996), en su estudio sobre la Vegetación de la Reserva Forestal de Caparo, conjuntamente con la Leyenda del Mapa de Vegetación Actual de Venezuela (1982) definida en el proyecto Sistemas Ambientales Venezolanos, Proyecto Ven/79/001 desarrollado por el MARN, 1982.

- *Bosque natural no intervenido (Bn).* En esta clase están incluidos todos los tipos de bosques naturales (no intervenidos) presentes en la reserva.
- *Bosque natural intervenido (By).* Se incluye en esta categoría todas aquellas extensiones de bosques naturales que presentan cierto grado de intervención humana, sea por efecto de los conuqueros (invasiones) en sus inicios, o por extracciones forestales selectivas, como conse-

cuencia del manejo forestal implementado después del año 1970 en la reserva.

- *Bosque secundario (Bs)*. Esta clase en la reserva está asociada a aquellas áreas que fueron intervenidas, tales como conucos abandonados, áreas boscosas explotadas, carreteras abandonadas etc. Generalmente esta clase se observa casi siempre asociada a vías de penetración, caños o ríos y a aquellas áreas de desarrollo agropecuario.
- *Matorral (Ma)*. Para este estudio en particular, esta clase se refiere a la vegetación arbustiva pionera establecida como parte de la sucesión ecológica al igual que el bosque secundario se establece en áreas intervenidas abandonadas, asociadas a viviendas, vías de penetración abandonadas, caños etc.
- *Herbazal (Hz)*. Esta clase se refiere tanto a los herbazales de hoja ancha desarrollada en los sitios con alto contenido de humedad, característico de los bajíos y esteros presentes en la reserva, como a la vegetación herbácea establecida en sitios intervenidos abandonados como producto de la etapa inicial o pionera en la sucesión ecológica.
- *Sabanas naturales (Sn)*. Se refiere a la formación vegetal herbácea, compuesta mayoritariamente por herbazales de hoja lineales (gramíneas). Su condición fisiológica varía de acuerdo a la disponibilidad de humedad y están constituidas generalmente por

especies de los géneros *Trachypogon*, *Axonopus*, *Imperata*, y *Andropogon* entre otros. Esta formación en algunos sectores puede estar acompañada de árboles aislados.

1.5 *Definición del área mínima de delimitación (AMD)*. El área mínima de delimitación empleada fue definida de manera uniforme tanto para las fotografías aéreas como para las imágenes satelitales, y fue establecida para el presente estudio en $1/4 \text{ cm}^2$. Aun cuando se cuenta con diferentes escalas entre las fuentes de información (fotografías aéreas e imágenes de satélite) y que la escala definitiva de publicación, representación cartográfica, para todos los mapas es de $1/100.000$, el AMD para las fotografías aéreas de la Misión 050311, a escala $1:25.000$ se estableció en 4 cm^2 y para las fotografías de la Misión 050390, a escala $1:20.000$ en $6,25 \text{ cm}^2$ (cuadrado de $2,5 \times 2,5 \text{ cm}$). Manteniendo un $1/4 \text{ cm}^2$ para las imágenes de satélite tanto SPOT como LANDSAT de escala $1/100.000$, el valor del AMD para la representación cartográfica final equivale uniformemente a 25 ha en el terreno.

2. *Procedimiento específico*

El uso de diferentes imágenes de percepción remota en la elaboración de los mapas de cobertura vegetal y deforestaciones de la Reserva Forestal de Ticoporo para cuatro períodos de tiempo diferentes, lleva necesariamente a aplicar procedimientos metodológicos específicos a cada una, los cuales se exponen a continuación:

2.1 En la elaboración del mapa de cobertura y deforestaciones de la reserva para los años 1963, 1976 y 1987, en los cuales se utilizaron fotografías aéreas pancromáticas para los dos primeros años y una imagen SPOT analógica en papel para el tercero, el procedimiento fue el siguiente:

- *Preparación de las imágenes.* La preparación de las fotografías aéreas consistió en:
 - La colocación de láminas de acetato sobre cada una de las fotografías a interpretar.
 - Determinación del punto central de cada una de las fotografías y transferencias de los mismos a las fotografías vecinas (puntos homólogos), necesarios en la orientación de las fotografías bajo el estereoscopio de espejos.
 - Determinación del área útil de delineación, la cual, por tratarse de un área relativamente plana, se interpretaron y delinearon las fotografías alternas, sobre el centro de las mismas, de cada faja.
 - La preparación de la imagen SPOT consistió simplemente en sobreponele una lámina transparente de acetato, definir el área de la reserva y realizar una interpretación visual directa.
- *Trabajo de fotointerpretación.* Se basó en la interpretación estereoscópica de 367 fotografías aéreas de la misión 050311, a escala 1:25.000 y 398 fotografías aéreas de la misión 050390, de escala 1:20.000, para

producir el mapa de cobertura vegetal y deforestaciones de la Reserva Forestal de Ticoporo para el año 1963 y 1976 respectivamente. De igual manera, se interpretó directa y visualmente la imagen de SPOT, para elaborar el mapa de cobertura vegetal y deforestaciones de la reserva para el año 1987.

Las características generales interpretadas fueron: drenaje, vialidad, viviendas, etc. y las características específicas fueron: la cobertura vegetal y las deforestaciones.

- *Restitución.* Este proceso se realizó a través de un instrumento fotogramétrico aproximado de tercer orden, llamado Sketchmaster.

De esta manera se obtuvieron las primeras versiones de los mapas de cobertura vegetal y deforestaciones de la Reserva Forestal de Ticoporo para los años 63, 76 y 87 respectivamente.

- *Digitalización.* Los mapas resultantes de la restitución, una vez chequeados y mejorados, fueron digitalizados usando una tableta digitalizadora y el software AUTOCAD 2000. La digitalización de los polígonos de cobertura vegetal y deforestaciones se hicieron sobre los archivos vector de drenaje y vialidad, previamente georeferenciados y digitalizados como mapa base de referencia.

Finalmente, todos los archivos vectoriales generados (drenaje, vialidad, cobertura) fueron exportados al

formato TNT MIPS, para crear la base de datos correspondiente a cada año.

- *Composición cartográfica e impresión.* Para el diseño de la estructura y presentación final de los mapas de cobertura y deforestaciones se utilizó el software Freehand 10. Para ello fue necesario exportar todos los archivos vector al formato MIF.

2.2 Para la elaboración del mapa de cobertura vegetal y deforestaciones del año 2001, para el cual se utilizó una imagen TM de LANDSAT en formato digital, el procedimiento específico fue el siguiente:

- *Corrección geométrica (georeferenciación).* Para georeferenciar la imagen se utilizó el mapa de referencia resultante de la digitalización de las cartas básicas de Cartografía Nacional, de escala 1:100.000. Se seleccionaron puntos de control fácilmente identificables tanto en los vectores de referencia como en la imagen, y el sistema relaciona las coordenadas UTM (Norte y Este) que tiene cada punto en el mapa de referencia con las coordenadas X (línea), Y (columna) de los mismos puntos de la imagen en la pantalla del monitor. De esta manera, la imagen quedó georeferenciada al sistema de proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), que es el sistema de proyección al cual están referidas las cartas básicas de Cartografía Nacional.

Los errores medio cuadrático por eje son:

Para el eje X

(Coordenadas Este) $EMC_x = 9,108$ m

Para el eje Y

(Coordenadas Norte) $EMC_y = 8,114$ m

El Error Medio Cuadrático Total (EMCT) = 12,198 m

Cabe señalar que la función de transformación que ajustó mejor la imagen al mapa de referencia y que arrojó un EMCT más bajo y aceptable (12,20 m), fue la polinomial de tercer grado. Considerando el máximo error tolerable para mapas de escala entre 1:100.000 y 1:50.000 en Venezuela, el cual debe ser menor que el resultado de multiplicar 0.5 mm por el factor de escala del mapa, tenemos que el error máximo tolerable para nuestro caso particular es de 50 m, ya que las cartas básicas usadas como referencia están a escala 1:100.000.

- *Mejoramiento de la imagen.* A la subimagen TM de LANDSAT, del año 2001, se le aplicó la técnica de mejoramiento del contraste, mediante el método de linearización.
- *Interpretación visual.* Esta modalidad consiste en interpretar visual y directamente sobre la imagen mejorada y georeferenciada, desplegada sobre la pantalla del sistema de procesamiento digital de imágenes (TNT MIPS). Este sistema ofrece una serie de herramientas que permitieron delinear los detalles o características delineadas en las anteriores imá-

genes. Este procedimiento permite generar archivos vectoriales para cada característica interpretada (drenaje, vialidad, cobertura etc.). El drenaje y la vialidad son interpretados en el archivo vectorial como líneas y la cobertura y deforestaciones son interpretados como polígonos.

La interpretación o análisis visual de imágenes de percepción remota es la técnica más conocida y ampliamente difundida. Consiste en extraer información de objetos, características y/o detalles de la superficie terrestre. La interpretación visual puede hacerse estereoscópicamente cuando se trata de fotografías aéreas o a simple vista o con lupas cuando son imágenes analógicas. Esta última se hace sobre ampliaciones fotográficas en papel y más recientemente, sobre la pantalla de un sistema de procesamiento digital de imágenes. Los principios básicos que se utilizan en la interpretación de fotografías aéreas (fotointerpretación) son aplicables a las imágenes de LANDSAT y SPOT.

El uso de la imagen digital en la pantalla del sistema de procesamiento, tiene la ventaja de que la calidad de la imagen es la original y no se produce pérdida de información que comúnmente ocurre al realizar interpretación visual en subproductos tales como los copiados en papel o en diapositivas. La interpretación visual sobre productos foto-

gráficos produce menos cansancio en el fotointérprete que la interpretación visual sobre la pantalla del sistema de procesamiento digital de imágenes. Ambas técnicas (visual-digital) tienen sus ventajas y desventajas, por lo que en ciertas aplicaciones deben ser complementarias. Sin embargo, en el presente estudio la decisión de interpretar las imágenes por el método visual obedeció, principalmente a la forma como se presentan las imágenes disponibles. El 75% del material existente está conformado por productos fotográficos (años 62, 76 y 87), susceptibles de interpretación visual para múltiples aplicaciones. El 25% restante, lo conforma una imagen en formato digital (año 2001), a la cual se le aplicó interpretación visual sobre la pantalla del sistema de procesamiento digital utilizado.

- *Chequeo de campo y ajuste de la interpretación.* El chequeo de campo consistió en la verificación en el terreno de ciertos tipos en los cuales el interprete presentó duda. Esta fase se cumplió señalando las áreas dudosas sobre una impresión en papel de la imagen interpretada y su posterior traslado y ubicación en el terreno, mediante el uso de un GPS para su posterior comparación entre lo codificado en la imagen y lo que realmente existía en el terreno. Terminada esta fase se procedió a realizar los ajustes correspondientes para obtener el archivo vectorial de

cobertura vegetal y deforestaciones definitivo para el año 2001.

- *Composición cartográfica e impresión.* El procedimiento específico seguido en la elaboración de los mapas de cobertura y deforestaciones de la reserva para los diferentes años analizados, se resume en la figura 3.

Resultados

Los resultados arrojados en el presente estudio se agrupan en dos categorías: cartográficos y planimétricos:

Cartográficos

El presente estudio condujo a la elaboración del mapa de cobertura vegetal y deforestaciones, a escala 1:100.000 para los años: 1963, 1976, 1987 y 2001.

Planimétricos

Los resultados de la planimetría de los tipos de cobertura vegetal y deforestaciones de la Reserva Forestal de Ticoporo se presentan a continuación.

Resultados de las superficies de los tipos de cobertura por unidades de manejo y años estudiados (Cuadros 1,2,3 y 4).

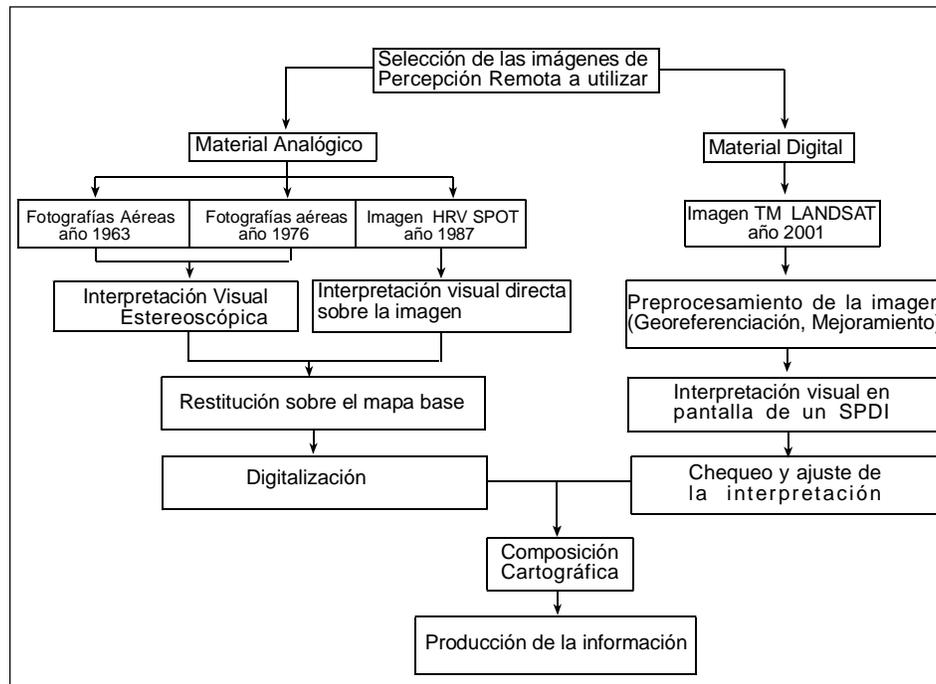


Figura 3. SPDI = Sistema de Procesamiento Digital de Imágenes

Cuadro 1. Tipos de cobertura vegetal y deforestaciones por unidades de manejo, 1963

Unidad	Tipos de Cobertura (ha)							Total general
	Bn	By	Bs	Ma	Hz	Sa	Ai	
I	44.180,45	0,00	0,00	0,00	67,98	16,78	216,51	44.481,72
II	39.177,27	0,00	0,00	0,00	16,44	0,00	89,43	39.283,14
III	63.270,51	244,03	100,39	53,21	231,61	2.319,19	152,70	66.371,64
IV	16.860,79	13,53	0,00	106,47	251,03	6.020,94	175,53	23.428,29
RFSA*	5.666,21	0,00	0,00	0,00	0,00	6.146,47	0,00	11.812,68
Sin manejo	1.538,66	40,13	79,57	0,00	40,36	886,40	875,56	3.460,68
Total general	170.693,89	297,68	179,96	160,18	607,42	15.389,78	1.509,73	188.838,15

* Reserva de Fauna Sabanas Anaro

Cuadro 2. Tipos de cobertura vegetal y deforestaciones por unidades de manejo, 1976

Unidad	Tipos de Cobertura (ha)								Total general
	Bn	By	Ma	Hz	Sa	Sap	Pbc	Ai	
I	34.197,32	906,74	67,99	0,00	0,00	0,00	0,00	9.309,67	44.481,72
II	26.589,31	2.173,15	0,00	9,61	0,00	0,00	1809,65	8.748,62	39.283,14
III	59.619,24	363,33	0,00	199,49	1.961,99	354,45	435,71	3.390,23	66.371,64
IV	4.616,30	3.230,72	0,00	83,86	2.168,31	3.816,74	2,72	9.509,64	23.428,29
RFSA	5.666,21	0,00	0,00	0,00	6146,47	0,00	0,00	0,00	11.812,68
Sin manejo	0,00	146,72	0,00	0,00	0,00	886,40	0,00	2.427,56	3.460,68
Total general	130.688,38	6.820,66	67,99	292,96	10.276,77	5.057,59	2.248,08	33.385,72	188.838,15

Análisis de resultados

Análisis por unidades de manejo Año 1963

Cabe destacar que para este año la Reserva Forestal Ticoporo no había sido aún dividida en las diferentes unidades

en las que, posteriormente, el Ministerio de Agricultura y Cría (MAC), lo hizo en 1964. Actualmente, la reserva está conformada por cuatro unidades de Manejo Forestal y una Reserva de Fauna llamada Sabanas de Anaro (RFSA).

Cuadro 3. Tipos de cobertura vegetal y deforestaciones por unidades de manejo, 1987

Unidad	Tipos de Cobertura (ha)								
	Bn	By	Hz	Sap	Pca	Ai	AN	SC	Total general
I	14.407,58	3.583,77	0,00	0,00	0,00	26.490,33	0,00	0,00	44.481,72
II	14.338,35	12.834,61	669,67	0,00	2.941,26	1.810,42	6.688,83	0,00	39.283,14
III	41.026,29	254,40	0,00	1.979,92	1.747,67	2.727,03	0,00	18.636,33	66.371,64
IV	1.847,37	4.022,31	0,00	2.049,64	0,00	14.812,50	0,00	726,65	23.428,29
RFSA	4.110,13	0,00	0,00	6.133,56	0,00	3,76	0,00	1.565,23	11.812,68
Sin manejo	0,00	424,91	0,00	0,00	0,00	2.612,53	0,00	452,42	3.46068
Total general	75.729,72	21.120,00	669,67	10.163,12	4.688,93	48.456,57	6.688,83	21.380,63	188.838,15

Cuadro 4. Tipos de cobertura vegetal y deforestaciones por unidades de manejo, 2001

Unidad	Tipos de Cobertura (ha)							
	Bn	By	Bs	Ma	Pca	Ai	SC	Total general
I	0,00	2.198,23	697,38	911,34	0,00	39.884,00	791,70	44.481,72
II	0,00	6.966,91	2.008,33	486,96	1.525,18	23.321,89	5.024,81	39.283,14
III	3.166,31	20.213,37	1.403,23	1.107,65	1.266,84	25.915,13	13.299,11	66.371,64
IV	72,37	1.316,01	0,00	1.526,72	0,00	20.513,20	0,00	23.428,29
RFSA	134,44	1.468,95	0,00	40,33	0,00	9.841,05	377,91	11.812,68
Sin manejo	0,00	95,23	0,00	1.715,06	0,00	1.650,40	0,00	3.46068
Total general	3.373,12	32.258,70	4.108,94	5.788,06	2.792,02	119.475,27	19.493,53	188.838,15

La Reserva Forestal de Ticoporo para el año 1963, con apenas cuatro años de haber sido decretada, contaba con una cubierta boscosa en general de 171.171,5 ha; este total representa la sumatoria de los tres tipos de bosques definidos en este estudio: Bosque natural no intervenido

con 170.693,9 ha, bosque natural intervenido con 297,7 ha y el bosque secundario con 197,7 ha. El área boscosa en su totalidad representaba aproximadamente el 91% de la superficie total de la reserva forestal.

En cuanto a las áreas intervenidas (deforestación) se observa en el cuadro 1, que sólo representaban el 0.8% del área total de la reserva (1.509,7 ha).

Como lo demuestran los resultados y se puede apreciar en el mapa de este año, la Reserva Forestal de Ticoporo se encontraba totalmente saneada, con pequeños focos de deforestación asociados al caño Quiú y río Acequia al noreste, río Anaro hacia el sureste y a la trocha de exploración minera que comunicaba al caserío de Socopó para ese entonces, con la parte central de la reserva.

Partiendo del supuesto de que para la fecha del análisis ya existían estas unidades se tiene que: La Unidad I arrojó una superficie de 44.481,7 ha, de las cuales casi el 100% estaba cubierta por bosques, es decir 44.180,1 ha y sólo 216,5 ha eran áreas intervenidas.

La Unidad II presenta una superficie total de 39.283,1 ha cubierta casi en su totalidad por bosques. Se diferenciaron en esta unidad 16,4 ha de Herbazal y 89,4 ha de áreas intervenidas.

La Unidad III, de mayor extensión, sumó 66.371,6 ha de las cuales 63.270,5 ha eran Bosques naturales no intervenidos (95,3%), 244 ha de Bosques intervenidos, 100,9 ha de Bosque secundario, 53,2 ha de Matorral, 231,61 ha de Herbazal, 2.319,2 ha de Sabanas naturales y 132,7 ha de áreas intervenidas.

La Unidad IV sumó una superficie de 23.428,3 ha. El área boscosa no intervenida era de 16.860,8 ha, el Bosque intervenido 13,5 ha; 106,5 ha Matorral; 251,03 ha Herbazal; 6.020,9

ha Sabanas naturales y 175,5 ha áreas intervenidas.

Por último la RFSA, presentó un área de 11.812,7 ha, de las cuales 5.666,2 eran Bosque no intervenido y el resto 6.146,5 de Sabanas naturales.

Año 1976

Para el año 1976, la Reserva Forestal de Ticoporo contaba con 137.509,0 ha de cobertura boscosa incluyendo el Bosque natural no intervenido (130.688,4 ha) y el Bosque natural intervenido (6.820,7 ha). Esta cobertura representaba aproximadamente el 73% del total de la reserva (Cuadro 2).

Analizando el cuadro 2, se aprecia una disminución del bosque de 33.662,5 ha en un período de 13 años (1963-1976) que equivale al 20% de la superficie total del bosque existente para el año 1963. Esta disminución representa una tasa promedio de deforestación porcentual anual del 1.5 %/año.

El Bosque intervenido muestra un aumento considerable, ya que pasa de 297,7 ha en el año 63, a 6.820,7 ha para este año; representa el 3,8% del total de Bosque no intervenido de la reserva para el año 1963.

Las áreas intervenidas presentan un fuerte incremento con respecto al año 63, pasando de 1509,7 ha a 33.419,6 ha lo que representa el 17,7% de la superficie de la reserva y el 20% aproximadamente del área inicial de bosque de la misma.

La Unidad I presentaba 34.197,32 ha de Bosque natural no intervenido, a pesar de que para este año esta unidad

todavía no había sido cedida en concesión a ninguna empresa. Presenta una disminución de sus bosques con respecto al año 1963 de 9.983,1 ha. Las deforestaciones se presentaban el 20,9% del área de la Unidad, es decir 9.299,7 ha.

La Unidad II que desde 1968 era objeto de extracciones forestales mediante permisos especiales otorgados a la Empresa CONTACA, presentaba 26.589,3 ha de Bosque no intervenido y 2.173,2 ha de Bosque intervenido.

Las áreas intervenidas presentaban una superficie de 8.701,4 ha que representaban el 22,15% de la superficie total de la Unidad.

La Unidad III, con cuatro años bajo manejo por parte de la Empresa EMALLCA, presentó una superficie de 59.619,24 ha de Bosque natural no intervenido y solo 363,33 ha de Bosque intervenido. Contaba con 3.390,23 ha de áreas intervenidas, es decir solo el 5,10% del total de su superficie.

La Unidad IV, que para esta fecha no estaba bajo manejo, presentaba 4.616,3 ha de Bosque no intervenido y 3.230,72 ha de Bosque intervenido. Las áreas intervenidas representaban el 40,6% de su superficie total, con 9.509,6 ha .

De este análisis se desprende que las Unidades que para 1976 no habían sido dadas en concesión para su explotación y manejo son las que presentaban mayor porcentaje de deforestaciones. Es el caso de la Unidad I con el 20,9% y la Unidad IV con el 40,6%.

Año 1987

Para este año, la reserva contaba con 96.849,7 hectáreas de bosque, 20,5% menos que 1976.

La imagen interpretada para este año permitió identificar e incluir en la leyenda del respectivo mapa, una categoría más. Ésta se refiere a las áreas con plantación a campo abierto que arrojaron una superficie de 4.688,4 ha, equivalente al 2,5% del área total de la reserva.

En el cuadro 3 podemos observar que las áreas intervenidas ocupaban una superficie de 48.456,6 ha equivalente al 25,7% de la superficie total. Hubo un incremento de aproximadamente 45% con respecto a 1963.

Para el presente año, la unidad I estaba bajo concesión de la Empresa EMIFOCA. Se observa que alrededor del 60% de su área estaba deforestada (26.490,3 ha), y 35,5% (32.399 ha) quedaba bajo bosque.

La Unidad II que para la fecha tenía seis años bajo el control y manejo de la Empresa CONTACA, mediante contrato administrativo, presentó 27.173,0 ha de bosque, equivalente al 69% de su superficie total. Se definieron 2.941,3 ha de plantación a campo abierto y 669,7 ha de Herbazal. Las áreas intervenidas sumaron un total de 1.810,4 ha. El resto de la superficie lo suma un área de 6.688,8 ha cubierta por nubes.

La Unidad III contaba con 41.280,7 ha de bosque, lo que representaba el 61% de su área, 1.979,9 ha fueron clasificadas como sabanas con uso agropecuario y

1.747,7 ha como plantación a campo abierto. Las áreas intervenidas sumaron un total de 2.727,0 ha (4%) y el resto (18.636,3 ha) se corresponde con un área no cubierta por la imagen.

La Unidad IV bajo el control de la Universidad de los Andes, contaba con un área bajo cubierta boscosa de 5.869,7 ha, equivalente al 25% del área total de la Unidad. El 63%, es decir, 14.812,5 ha eran áreas intervenidas. El 12% restante de su superficie lo conformaban las plantaciones a campo abierto (9%) y un área sin cobertura fotográfica (3%).

Año 2001

Con base a los resultados obtenidos se determinó que la reserva forestal para el año 2001, presentaba una cobertura boscosa de 39.740,8 ha, lo que representa sólo el 21% de la totalidad del área (Cuadro 4).

Cabe destacar que de este porcentaje el bosque clasificado como no intervenido, con una superficie de 3.373,1 ha, sólo aporta el mínimo porcentaje de 1.8%. El mayor aporte lo representan el Bosque intervenido (17,1%) seguido del Bosque secundario (2,1%).

Las áreas intervenidas presentan una superficie de 119.475,3 ha, lo que equivale al 63,3% de la superficie total de la reserva.

Se observa un acelerado incremento de aproximadamente 146% con respecto al total de las áreas intervenidas para el año 87. Este incremento representa un total de 71.018,7 ha, lo que significa un promedio de 5.072,8 ha/año.

Para esta fecha en la Unidad I, el Bosque natural no intervenido había desaparecido. La poca cobertura boscosa que presentó fue clasificada como Bosque intervenido (2.198,2 ha) y Bosque secundario (697,4 ha). Esta cantidad de bosque solo representa el 6,5% de la superficie de la Unidad. Las áreas intervenidas hasta este año representaban el 90% del área total de la Unidad (39.884 ha). El porcentaje restante está entre matorral (911,34 ha) y un área no cubierta por la imagen (791,7 ha).

La Unidad II perdió igualmente el bosque original; sólo le quedan 8.975,2 ha entre Bosque intervenido (6966,9 ha), y Bosque secundario (2008,3 ha). Las plantaciones también fueron afectadas por la deforestación, observándose una disminución de 1.416,1 ha.

Las áreas intervenidas mostraron un fuerte incremento de más del 100%, pasando de 1.818,4 ha en el 87, a 23.321,9 ha para el 2001. El resto de la superficie estaba cubierto por Matorral con 486,9 ha y un área sin cobertura de 5.024,8 ha.

La Unidad III contiene en general 24.782,2 ha (37%) de cobertura boscosa, pero sólo el 12% de esta superficie es Bosque original no intervenido; el resto lo conforma el Bosque intervenido y el Bosque secundario. Las áreas intervenidas representan el 39% del total de la Unidad, es decir, 25.915,1 ha. Los otros tipos de cobertura que existen son el Matorral con 1.107,6 ha, plantación a campo abierto con 1.266,8 ha y sin cobertura 13.299,1 ha.

La Unidad IV prácticamente había perdido la totalidad de sus bosques, sólo le restaban 1.388,7 ha, lo que representa aproximadamente el 6% del área total. Las áreas intervenidas con 20.513,2 ha representan el 87,5% del área total de la Unidad. El resto del área lo conforma el Matorral con 1.526,7 ha.

Análisis de la deforestación

Para la reserva forestal en general

En el cuadro 5, se indica los detalles del avance de la deforestación para la Reserva Forestal de Ticoporo, correspondiente a los años analizados.

Cabe indicar que el cálculo de la tasa de deforestación (Td), expresada en porcentaje del área de bosque disminuida por año (%/año), se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$Td = (Abi - Abf) / (Abi * n) * 100$$

En donde:

Abi: se refiere a la superficie en hectáreas de bosque al inicio del periodo,

Abf: es la superficie en hectáreas del bosque al final del período en referencia y

N: es el número de años que comprende el período.

Conclusiones

En general, como lo demuestran los resultados presentados en el cuadro 5, la Reserva Forestal de Ticoporo ha presentado, desde sus inicios hasta el presente, una disminución progresiva de sus bosques. Y en contraposición, un aumento de igual manera progresivo de las áreas intervenidas.

En treinta y ocho (38) años que abarca el período analizado, la reserva perdió 131.430,7 ha de bosque, pasando de 171.171,5 ha en 1963 a 39.740,8 ha para el año 2001. Esta disminución representa aproximadamente el 77% de la superficie total de bosque con que contaba la reserva en sus inicios.

El cuadro 5 muestra claramente las diferentes tasas de deforestación promedio anual ilustrando el constante

Cuadro 5. Deforestación de la Reserva Forestal de Ticoporo, 1963, 1976, 1987, 2001

Período	Años	Bosque inicial (ha)	Bosque final (ha)	Deforestación en		Tasa media anual de deforestación	
				(ha)	(%)	(%/año)	(ha/año)
1963-1976	13	171.171,5	137.509,0	33.662,5	19,7	1,5	2.589,4
1976-1987	11	137.509,0	96.849,7	40.659,3	29,5	2,7	3696,3
1987-2001	14	96.849,7	39.740,8	57.109,0	59,0	4,2	4.079,2

aumento de las mismas (1,5; 2,7 y 4,2 %/ año respectivamente), lo que refleja el alto porcentaje de superficie boscosa destruida.

La tasa de deforestación promedio anual de la Reserva Forestal de Ticoporo es del 2%, lo que nos indica que la misma ha venido perdiendo, en promedio, 3.423,4 ha de bosque anualmente.

Agradecimiento

Queremos hacer público nuestro reconocimiento al CDCHT por su valioso apoyo tanto financiero como institucional para la realización del presente trabajo.

Referencias citadas

- DELGADO, M. 1992. *Dinámica socio espacial del proceso de ocupación de tierras en la Unidad Experimental de Ticoporo*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales.
- CENTENO, J. 2001. *Deforestación fuera de control en Venezuela*. www.zeldweb.demon.co.uk/spcenten.htm. (Consulta: 15 julio 2001).
- CENTENO, J. 2001. *Destrucción de reservas forestales en Venezuela*. www.ciens.ula.ve/_jcenteno/. [Consulta: 15 julio 2001].
- FAO, 1993. **Ordenación y conservación de los bosques densos de América Tropical**. Roma.
- LÓPEZ J., 1996. *Mapa de uso de la tierra y cobertura vegetal de la Reserva Forestal de Caparo, estado Barinas usando SIG y una imagen HRV de Spot*. Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Tesis de Maestría.
- MARN, 1982. **Mapa de la Vegetación Actual de Venezuela**. Sistemas Ambientales Venezolanos. Proyecto VEN/79/001. Caracas.
- POZZOBON, E., 1994. *Estudio de la vegetación de la Reserva Forestal de Ticoporo mediante algoritmos de clasificación automatizada sobre imágenes HRV-SPOT*. Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Tesis de Maestría.
- ROJAS, J. 1993. La colonización agraria de las reservas forestales: Un proceso sin solución? **Cuadernos Geográficos** N° 10. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales.
- 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 y Ambientales. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales.