

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
ESCUELA DE GEOGRAFÍA
TRABAJO DE LICENCIATURA



**ANALISIS ESPACIAL DE LA COBERTURA
DEL BOSQUE EN VENEZUELA**

**Caso de estudio
región norte del río Orinoco**

Tutor:
Dr. Antonio De Lisio

Autor:
Br. Ignacio Rincón

Caracas, abril de 2011

	Pág.
INDICE	i
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
CAP. I. MARCO REFERENCIAL.	5
I.1.- Planteamiento de la investigación	6
I.2.- Objetivos de la investigación	14
I.3.- Justificación y alcances de la investigación	15
I.4.- Antecedentes de la investigación	19
I.5.- Marco conceptual	29
I.6.- Localización y características del área de estudio	38
I.7.- Aspectos jurídicos relacionados con el bosque	42
CAP. II. METODOS Y ANÁLISIS ESPACIAL.	51
II.1.- Fases de la investigación	52
II.2.- Materiales	58
II.3.- Métodos y técnicas	70
CAP. III. EL MUNICIPIO EN VENEZUELA.	92
III.1.- Distribución geográfica de la cobertura del bosque	93
III.2.- Cobertura bosque actual por bioregiones	97
III.3.- Cobertura bosque actual por regiones hidrográficas	100
III.4.- Cobertura bosque actual por entidades federales	107
III.5.- Cobertura bosque actual por ABRAE	110
CAP. IV. DESARROLLO DE LA SUSTENTABILIDAD.	125
IV.1.- Evolución histórica de la deforestación (1980 - 2009)	127
IV.2.- Índice de Diversidad Espacial	137

IV.3.- Distribución y tasas de cambio de la cobertura del bosque por entidad federal (1980 - 2009)	140
IV.4.- Localización y distribución de Zonas Críticas	148
IV.5.- La deforestación, problema ambiental en Venezuela	156
CAP. V. LINEAMIENTOS GENERALES DE UN PROYECTO DE MONITOREO.	170
V.1.- Aspectos generales de la propuesta.	171
V.2.- Aspectos técnicos.	178
V.3.- Plan Estratégico, usuarios y relaciones Interinstitucionales.	196
CONCLUSIONES	202
RECOMENDACIONES	206
BIBLIOGRAFIA	209
ANEXOS	219

Índice de Cuadros.

Cuadro N°	Título	Pág.
I-1	Regiones hidrográficas y sus cuencas	36
II-1	Resumen de variables e indicadores	53
II-2	Insumos ó material base	59
II-3	Bioregiones localizados dentro del área de estudio	60
II-4	Regiones hidrográficas localizadas dentro del área de estudio	60
II-5	Entidades federales localizados dentro del área de estudio	63
II-6	ABRAE consideradas dentro del área de estudio	65
II-7	Niveles de procesamiento del MODIS	68
II-8	Imágenes MODIS utilizadas	69
II-9	Imágenes Landsat y SPOT utilizadas	69
II-10	Valores Digitales del NDVI para clasificar Bosque y No Bosque	78
II-11	Matriz de errores de Omisión y Comisión general, año 2009	81
II-12	Matriz de errores de Omisión y Comisión detallado, año 2009	82
II-13	Definición de los posibles escenarios para el bosque	90
II-14	Clasificación por rangos de las Zonas Críticas	90
III-1	Superficie estimada categorías Bosque y No Bosque, año 2009	94
III-2	Superficie de la cobertura del Bosque por bioregiones, año2009	98
III-3	Datos relevantes por bioregión del área de estudio	99
III-4	Regiones hidrográficas, superficie y cuencas hidrográficas	103
III-5	Superficie de la cobertura del Bosque por regiones hidrográficas, año 2009	104
III-6	Superficie y población de las entidades federales del área de estudio	107
III-7	Superficie de la cobertura del Bosque por Entidades Federales, año 2009	109
III-8	Figuras ABRAE consideradas en el área de estudio	112
III-9	Distribución y cobertura del bosque en Parques Nacionales, año 2009	114
III-10	Distribución y sup. del bosque en Monumentos Naturales, año 2009	116
III-11	Superficie de la cobertura del Bosque por Áreas de Vocación Forestal	119

Cuadro N°	Título	Pág.
III-12	Superficie de la cobertura del Bosque en la Reservas Forestales, año 2009	120
III-13	Índice de vegetación por ABRAE, año 1996 (nivel nacional)	122
III-14	Índice de cobertura bosque por ABRAE, año 2009 (norte de Venezuela)	122
IV-1	Cobertura boscosa del norte de Venezuela, período (1980 - 2009)	130
IV-2	Tasa de cambio de la cobertura del bosque norte de Venezuela, período (1980-2009)	131
IV-3	Clasificación de las tasas de deforestación	134
IV-4	Medidas de diversidad espacial, años 2.000 y 2.009	138
IV-5	Total de polígonos de bosque por condición de cambio, periodos 2000 – 2009	139
IV-6	Superficie de la cobertura boscosa y tasa de cambio por entidad federal, periodo (1980-2009)	145
IV-7	Totales de pérdida de la cobertura boscosa e índices de cambios por entidad federal, periodo (1980-2009)	146
IV-8	Total de superficie de las categorías de Zonas Críticas, año 2009	151
IV-9	Superficie de Zonas Críticas según categorías, por entidades federales, año 2009	152
IV-10	Cuadro síntesis de Zonas críticas, por Prioridades de actuación, por entidades federales, año 2009	153
IV-11	Inventario de estudios relacionados con la deforestación en el área de estudio	159
IV-12	Cobertura del bosque y tasa de cambio de las Reservas Forestales	160
IV-13	Evolución de la cobertura por tipo de bosque	165
IV-14	Tasas de cambio del bosque por piso altitudinal, periodo (1980 - 2009)	167
IV-15	Incidencia de las principales causas de la deforestación, en el área de estudio	168
V-1	Análisis preliminar por tipos de insumos y sus características principales	184
V-2	Propuesta de productos finales, cobertura y frecuencia del PMBOS-VEN	193
V-3	Cuadro de estimación del presupuesto inicial y anual del Proyecto PMBOS-VEN	195
V-4	Perfiles de usuarios	198

Índice de Gráficos.

Gráfico N°	Título	Pág.
I-1	Distribución porcentual por tipo de bosque, a nivel mundial	7
II-1	Perfil de los valores ND del matorral y agrícola inicial y el matorral y agrícola ajustado	76
III-1	Distribución porcentual de las categorías evaluadas, año 2009	94
III-2	Distribución porcentual de la cobertura Bosque por bioregiones, año 2009	98
III-3	Distribución porcentual coberturas Bosque y No Bosque por bioregiones	100
III-4	Distribución porcentual superficie de las regiones hidrográficas del área de estudio	104
III-5	Distribución porcentual de la cobertura Bosque por regiones hidrográficas	105
III-6	Distribución porcentual de la cobertura Bosque y No Bosque por regiones hidrográficas	105
III-7	Distribución porcentual superficie de las entidades federales	108
III-8	Distribución porcentual cobertura Bosque total por entidades federales	110
III-10	Distribución porcentual de las ABRAE en el área de estudio	112
III-11	Distribución porcentual de las Reservas Forestales, área de estudio	121
III-12	Superficie de la cobertura del bosque en las Reservas Forestales	121
IV-1	Distribución porcentual por tipo de bosque, año 1980	128
IV-2	Distribución porcentual por tipo de bosque, año 1990	129
IV-3	Evolución de la cobertura del bosque, período (1980-2009)	130
IV-4	Tasas de cambio de la cobertura del bosque, período (1980-2009)	133
IV-5	Dist. porcentual según condición de cambio y superficie de los polígonos de bosque, período (2000 - 2009)	140
IV-6	Tasas de cambio de la cobertura del bosque por estados, período (1980-1990)	141
IV-7	Tasas de cambio de la cobertura del bosque por estados, período (1990-2000).	142
IV-8	Tasas de cambio de la cobertura del bosque por estados, período (2000-2009)	143
IV-9	Distribución porcentual de la pérdida de bosque por entidades federales, periodo (1980 -2009)	147
IV-10	Evolución por tipo de cobertura en el área de estudio	165
IV-11	Distribución porcentual de la deforestación por tipo de relieve, periodo (2000 - 2009)	166

IV-12	Distribución porcentual de la cobertura del bosque años 1980 y 2009 y porcentaje de deforestación, según tipo de piso altitudinal	167
-------	---	-----

Índice de Figuras.

Figura N°	Título	Pág.
I-1	Cobertura forestal a nivel mundial	7
I-2	Mapa ecológico de Venezuela. Escala 1:2.000.000, H. Pittier. 1920	25
I-3	Carta de Regiones Naturales	26
I-4	Mapa de vegetación, elaborado por Huber, o y Alarcón, C. Escala 1:2.000.000, 1988	27
I-5	Carta de vegetación, a color, Escala 1:1:250.000	28
II-1	Análisis espacial del recurso bosque, modelo cartográfico simplificado	54
II-2	Plano índice de las cartas 1:250.000 seleccionadas.	56
II-3	Cobertura del MODIS, la zona marcada son los “tile” para Venezuela	72
II-4	Detalle de la cobertura espacial de los “tiles” para Venezuela y el área de estudio	73
II-5	Diagrama de la secuencia para la obtención de la imagen síntesis años 2000 y 2009	75
IV-1	Cobertura del bosque de los años 1990, 2000, 2009	132
IV-2	Localización de las cinco (5) grandes zonas de bosque, área de estudio	139
V-1	Cronograma de Fases del PMBOS-VEN	181
V-2	Diagrama estructura funcional del PMBOS-VEN	188
V-3	Organización por módulos de información del PMBOS-VEN	194
V-4	Diagrama secuencial del Plan Estratégico	196
V-5	Diagrama Relaciones interinstitucionales	201

Índice de Mapas.

Mapa N°	Título	Pág.
1	Situación relativa nacional del área de estudio	40
2	Delimitación del área de estudio	41
3	Bioregiones de Venezuela	61
4	Regiones hidrográficas de Venezuela	62
5	Entidades federales de Venezuela	64
6	ABRAE con fines de protección de Venezuela	66
7	ABRAE con fines de producción de Venezuela	67
8	Distribución geográfica de la cobertura del bosque de Venezuela, 2009	96
9	Cobertura del bosque 2009. Medio natural (bioregiones)	102
10	Cobertura del bosque 2009. Medio natural (regiones hidrográficas) rangos	105
11	Cobertura del bosque 2009. Estados	111
12	Cobertura del bosque 2009. ABRAE protección	117
13	Cobertura del bosque 2009. ABRAE producción	124
14	Distribución geográfica de la cobertura del bosque de Venezuela, 1990	135
15	Distribución geográfica de la cobertura del bosque de Venezuela, 2000	136
16	Evolución del proceso de deforestación del bosque (1990 - 2009)	149
17	Superficie deforestada y tasas de cambio por estado (1980 - 2009)	150
18	Localización de zonas críticas nivel estatal	154
19	Áreas Prioritarias de Actuación	155

Índice de Fotografías.

Foto N°	Título	Pág.
III-1	Una gran diversidad de formaciones arbórea, que existen en Venezuela	95
III-2	Vistas panorámicas de Parques Nacionales	113
III-3	Vistas panorámicas de Monumentos Naturales	115
IV-1	Zonas de potreros que antes eran áreas boscosas	134
IV-2	Imagen de la Sierra de Perijá, avance de la deforestación desde Colombia hacia Venezuela	158
IV-3	Imagen de satélite de la Reserva Forestal de Turen, año 2009	161
IV-4	Zona deforestada en la R.F. de Ticoporo	162
IV-5	Imágenes de la reserva Forestal de Ticoporo	164

DEDICATORIA.

*A mi madre,
que por siempre quedare en deuda.*

*A mis hermanos Judith, Rubén, Alfonzo y Naida
a María Luisa, a mis sobrinos Josue y Gabriela
y a los demás por todo el apoyo
que he recibido de ellos
y por su gran paciencia.*

*En memoria de mi hermano
Javier Omar Rincón (†)
que con sus excursiones y andanzas
supo despertar en mi
el deseo de conocer
los paisajes y pueblos de mi país
a ti hermano, gracias*

*A mi compañero de trabajo Luís Pérez (†),
excelente geógrafo y amigo, siempre serás bien recordado.*

AGRADECIMIENTOS

A toda mi familia, en especial a mi madre

A todo el personal docente y administrativo del
Centro de Estudios Integrales del Ambiente de la U.C.V.
(CENAMB)

y en especial a Antonio De Lisio mi Tutor
por su apoyo y confianza que ha depositado en mi.

A mis amigos eternos
Jesús, Ruth, Jorge, Pablo, Soraya
David, Henry, Witman, Goyo

A los que fueron compañeros(as) de tantas faenas y proyectos
Michael, Luís (†), Erick, Hugo, Nelson, Roderick, Carlos
Ybelitse, Jelen, Waikiki, Muñeco, Francisco y Eliana

En la Escuela de Geografía UCV, a los profesores Orlando Cabrera,
Raquel Manduca, Pedro Delfín, Wilfredo Acosta
y en especial a la profesora Eunice Siso por brindarme
su oportuna ayuda y amistad

A mi gran amiga Liliana Mujica, a su hija Grecia y demás familiares.



***“La tala del primer árbol es
el comienzo de la civilización humana,
la tala del último árbol
es su fin...”***

Arturo Eichler
1911-1992

RESUMEN

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA COBERTURA DEL BOSQUE EN VENEZUELA, CASO DE ESTUDIO MARGEN NORTE DEL RÍO ORINOCO.

Rincón, Ignacio A. Escuela de Geografía, Universidad Central de Venezuela.

Para alcanzar los objetivos propuestos para este estudio exploratorio de alcance regional, se definió en principio la tipología de las coberturas del bosque: el bosque propiamente, bosques de galería, manglar y las plantaciones forestales. Para el análisis de la cobertura del bosque en la región norte del río Orinoco, se realizó una revisión y análisis de los últimos inventarios de vegetación que se han efectuado en el país, 1.980 y 1.990. Para obtener las coberturas del bosque de los años 2.000 y 2.009, se utilizaron las herramientas de la geomática, como es la teledetección y los SIG, aplicando la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE), de Brasil, se pudo estimar en principio las coberturas del bosque y por medio del análisis multitemporal, las tasas de cambio de la deforestación en el área de estudio.

Para el análisis espacial y obtener la caracterización de la cobertura del bosque para el año 2009, se utilizaron diversas unidades espaciales de análisis como son: las entidades federales, regiones hidrográficas, ABRAE de conservación (Parques Nacionales y Monumentos Naturales) y ABRAE de producción forestal (Reservas Forestales y Áreas de Vocación Forestal). De los resultados generales se tiene que desde 1980 hasta el año 2.009 se han deforestado en total 87.044,58 km² y para el año 2.009 el área de estudio tenía una cobertura del bosque de 95.856,22 km², y para el periodo 2.000 - 2.009 la tasa de deforestación se estimó en 1,40%, lo que indica una leve disminución de dicha tasa.

Por último se presentan los lineamientos conceptuales generales de una propuesta para la implementación de un Proyecto Monitoreo del Bosque en Venezuela (PMBOS-VEN), cuyo objetivo principal es su aplicación como herramienta de captura de información actualizada de la cobertura del bosque en Venezuela para su estimación y evaluación, con la ayuda de la tecnología de la geomática (teledetección y SIG) y la combinación de imágenes de satélites de alta frecuencia temporal y baja resolución y sensores de media a alta resolución.

Palabras claves: Cobertura bosque, deforestación, tasa de cambio, geomática, análisis multitemporal.

INTRODUCCIÓN

La explotación de los recursos naturales por parte de la humanidad en los últimos siglos ha reflejado la necesidad de desarrollar el aprovechamiento de estos bienes ambientales con base a la planificación y gestión de los mismos con un enfoque de sostenibilidad. El uso irracional de estos recursos, conlleva indeteniblemente a su pérdida ó extinción, con graves consecuencias e impactos en el aspecto ambiental (social, económico y ecológico).

Un componente fundamental dentro de los bienes ambientales es el bosque, indispensable para el bien de los seres humanos. Es por medio de las funciones ecológicas del bosque que constituyen en gran parte la base de la vida en nuestro planeta. En ella se generan una serie de bienes primordiales como son: alimentos tanto para los humanos como animales de cría, madera, hábitat para una diversa variedad de especies, área de recreación y esparcimiento entre otros servicios ó productos, un ejemplo de ello es que se han encontrado en la selva amazónica, compuestos ó principios activos para nuevas medicinas, analgésicos y posibles curas contra el cáncer (Heinicke, RM. 1985) y (Hiramatsu T, et al 1993).

Sin embargo, actualmente los bosques sufren la presión del desarrollo a nivel mundial, lo que conlleva a su conversión o degradación. En la Conferencia de Estocolmo de 1972 (Naciones Unidas, 1972) se reconoció que de todos los ecosistemas, los bosques son el mayor, el más complejo y el de mayor capacidad de perpetuarse a sí mismo. Pero ha sido fuerte la reducción que ha sufrido este recurso principalmente en los últimos 60 años, de 40.000 km² de bosque estimados en 1948, se han deforestado hasta el 2005 alrededor de 1.000 km² de bosque a nivel mundial (FAO, 2009).

Otro ejemplo es el caso del bosque, que en los actuales momentos según datos disponibles de la FAO América Latina y el Caribe poseían en el año 2005 aprox. 8,6 millones de km² con cobertura de bosque (46% del total de la superficie de la zona), el 90% de los cuales se encuentran en Suramérica, esto representa la mitad de los bosques tropicales y la cuarta parte de la cobertura del bosque a nivel mundial (FAO, 2009).

Venezuela se presenta por ser uno de los 10 países con mayor biodiversidad del planeta y parte de la información difundida por el Estado es que más del 50% de su superficie presenta una cobertura boscosa. Sin embargo desde hace más de 15 años el país no cuenta con una información confiable de la cobertura del bosque, en parte, debido a la no existencia de un sistema de monitoreo del bosque que permita conocer su cobertura actual.

De tal manera que contar con un sistema de monitoreo sobre la cobertura del bosque, es una necesidad fundamental para la toma de decisiones y de insumo para elaboración de los distintos planes territoriales. Este estudio discierne como el uso de los sensores remotos y los Sistemas de Información Geográfica SIG, permiten el análisis espacial de la cobertura del bosque. Esto con el objetivo de proveer información en relación a la distribución geográfica del mismo y la evolución histórica del proceso de deforestación en Venezuela, todo ello con el fin de desarrollar una propuesta con lineamientos conceptuales para el monitoreo rápido y actualizado de este componente de importancia ambiental para el país.

Este proyecto se organizó en 5 capítulos que se describen a continuación. En la capítulo 1 se desarrolla el marco referencial que contiene los basamentos fundamentales del estudio como son: el planteamiento de la investigación, objetivos, antecedentes, marco conceptual y legal, área de

estudio. El capítulo 2 se describe el marco metodológico, constituido por la descripción de las fases de la investigación, los materiales e insumos y los métodos y técnicas de análisis que requiere la investigación para cumplir con los objetivos.

El capítulo 3 es parte de los resultados de la investigación, donde se desarrolla el análisis espacial de la cobertura del bosque actual, su cuantificación y caracterización con la integración de las entidades federales, bioregiones, regiones hidrográficas y ABRAE, así como el análisis de la diversidad espacial del bosque. El análisis del proceso de deforestación desde los años 80 hasta el presente, el análisis de las tasas de cambio por entidades federales y la identificación y localización geográfica de las zonas críticas y la estimación del grado de incidencia de las causales de la deforestación son parte del capítulo 4.

Siendo el capítulo 5 el último componente de esta investigación donde se desarrolla la idea de una propuesta con lineamientos conceptuales generales para el monitoreo del bosque a escala regional con el uso de las herramientas de la geomática.

Capítulo. I.

MARCO REFERENCIAL.

CAP I. MARCO REFERENCIAL

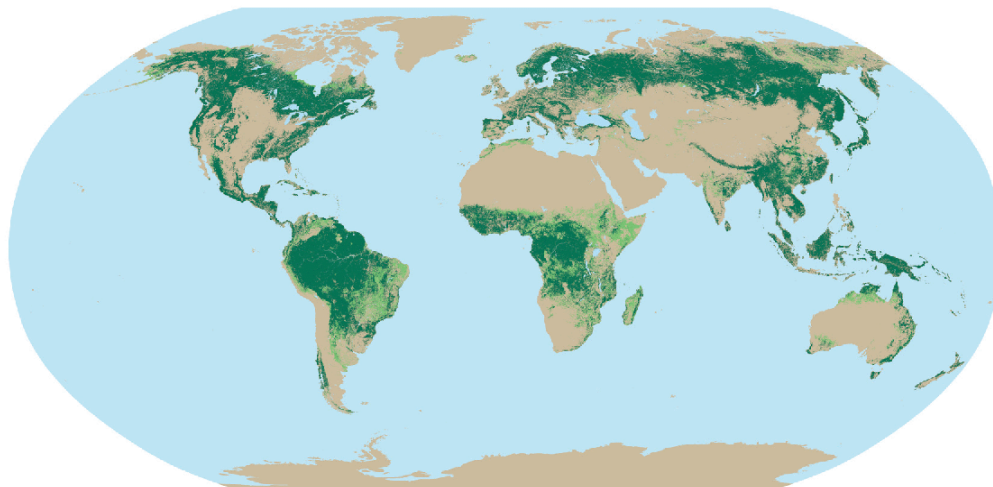
I.1.- PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

La cobertura boscosa desde hace años a nivel mundial está registrando un proceso paulatino de reducción de su superficie y degradación. Según un estudio de la FAO, calcula que actualmente los bosques cubren un total del 30% de la superficie de la tierra, unos 39 mil km² (Figura No.1). De estos más de un tercio 36,4% son considerados bosques primarios, siendo el bosque natural modificado el que tiene mayor porcentaje al representar 52,7% del total. Esto da a entender que progresivamente se va reduciendo el bosque primario, a causa de la intervención de las actividades humanas sobre el mismo, (Gráfico No.1) (FAO, 2009).

En cuanto a la deforestación se estima a nivel mundial que actualmente la tasa es de aprox. 73 mill. km² al año, este proceso es más acentuado en los continentes de África y América del Sur (FAO, 2009). Si analizamos el proceso de deforestación entre los años 1990 y 2000 que fue mayor, de 89 mil km² anuales, se aprecia una disminución de la misma en los últimos años.

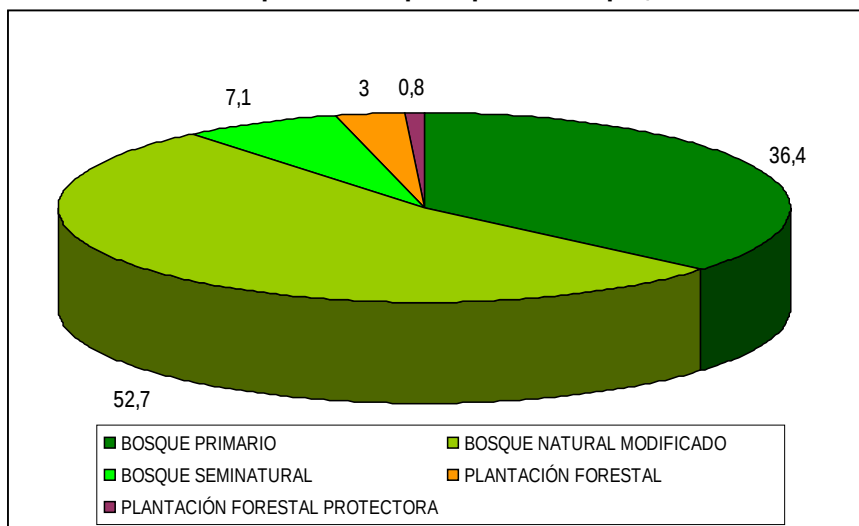
A nivel de la zona tórrida la deforestación es considerada un grave problema ambiental, y tiene implicaciones negativas tanto en lo económico y social. Según (Saunders et al., 1991; Debinski y Holt, 2000) los cambios en la estructura y función de los ecosistemas de bosques son generados por la fragmentación y la degradación del hábitat. La fragmentación del bosque genera una reducción del tamaño promedio de los parches de hábitat, con esta tendencia van separándose y se convierten en islas, (FAO, 2006).

Figura No. I-1. Cobertura forestal a nivel mundial.



Fuente: FAO. 2009

Gráfico No. I-1. Distribución porcentual por tipo de bosque, a nivel mundial (2005)



Fuente: FAO. 2009

En el tema del bosque, Venezuela ha tenido una tradición del aprovechamiento del recurso forestal predominantemente maderero (producción de rollos y en m³), es decir, la tala del bosque, siendo escasos ó nulos otros tipos de usos tales como los Productos Forestales No Madereros ó PFNM. Esta aseveración esta soportada por los anuarios estadísticos forestales que desde hace 30 años se elaboran en el país, donde el recurso

bosque mayormente se utiliza para la producción de madera comercial y leña, (MARNR, 1996); (MINAMB, 2007 y 2008).

Sobre las modalidades de aprovechamiento forestal en Venezuela las mismas están reglamentadas dentro de las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) con fines de producción, incluyen las siguientes figuras Reservas Forestales, Lotes Boscosos, Áreas Boscosos Bajo Protección. Para el 2007 según fuentes oficiales, estas totalizan una superficie de 163 mil km², en cuanto a áreas bajo planes de ordenación y manejo forestal se totalizan 147 mil km². La producción nacional de madera en rola (m³ Of.) del año 2007 fue de 1.733.703,6 m³. (MINAMB, 2007).

Pero este esquema forestal tanto en las reservas forestales y permisos anuales de aprovechamiento forestal, están signados bajo la premisa que una vez explotado el bosque, se inicia el ciclo de corte de 30 años, este tiempo permite la recuperación de la masa boscosa, sin embargo, estudios demuestran que para la recuperación del bosque se necesita cuando menos 100 años (Guaritaga y Ostertag, 2002), de hecho ningún manejo forestal en Venezuela ha podido llegar al ciclo de corta de 30 años. Aunado a ello esta que las operaciones de aprovechamiento forestal sin el seguimiento técnico del estado, impactan de manera negativa en la dinámica del bosque tropical por lo que no se logra el objetivo de un manejo forestal sostenible (Kammessheid, et al, 1995).

Otro aspecto es que desde la época de la Reforma Agraria, y debido a la presión de ocupación ilegal de tierras forestales por el campesino ha traído como efecto negativo la conversión del bosque a tierras agrícolas ó agropecuarias, en general en los llanos occidentales. En buena medida por ello, de las once (11) reservas forestales del país, actualmente en cinco (5) la superficie de bosques es escasa. Un claro ejemplo es el caso de la Reserva

Forestal de Turén de 1.164 km², la primera decretada en el país como reserva forestal, en ella se localiza actualmente la Colonia Agrícola de Turén (Veillon, 1997), ya que no posee bosque que manejar. Otros ejemplos son los casos de las Reservas de Guarapiche, Caparo, río Tocuyo y de Ticoporo que actualmente tiene solo el 20% de bosque (Pozzobon, E, Osorio R, 2002). Eso sin incluir la tala ilegal e indiscriminada del bosque en las áreas fuera de las ABRAE con fines de producción.

Parte de la problemática relacionada con la pérdida del bosque en Venezuela es debido que en el presente existe un alto grado de incertidumbre en relación a la extensión actual del bosque en Venezuela. El mismo MINAMB reconoce que desde hace 15 años el Estado Venezolano no ha realizado ni publicado estudios sobre el tema de la cobertura del bosque, ni de la deforestación (Gerencia Forestal, <http://www.minamb.gob.ve> 5/04/2010). A pesar de ello este ministerio estima que las deforestaciones en el país han disminuido, con base en esta apreciación plantea que la pérdida de bosques pudieran estar en el orden de 1.400 a 980 km² por año, lo cual representa aproximadamente entre 0,3 a 0,2% de la cobertura boscosa (496,3 km²), (MINAMB, 2006), pero estos datos son proyecciones con poco sustento, debido a la falta de publicaciones oficiales actualizadas.

Esta situación ha llevado a que otros organismos no gubernamentales, generen datos e informaciones en relación a la cobertura del bosque. Uno de ellos es la FAO que según el estudio más reciente sobre los recursos forestales mundiales (FAO, 2009), estimó para Venezuela en el año 2000 se tenía una cobertura del bosque en unos 491.000 km² y para el 2005 una superficie de aprox. 470.700 km² equivalente a un 54,1% del territorio nacional. Pero estos datos según la misma FAO fueron generadas a partir de los datos de vegetación de los años 80 y 90 aportados por el Ministerio de Ambiente. En tal sentido este organismo optó por aplicar regresiones y

proyecciones lineales simples para estimar la cobertura de bosque para el año 1990, 2000 y 2005. Ello tan sólo demuestra el alto grado de desconocimiento que se tiene desde los años 90 de la real extensión de la cobertura boscosa.

En el tema de la deforestación otras fuentes no oficiales presentan altos índices de deforestación (Centeno, 1995), expone que la tasa en Venezuela aumentó en la década de los 80 y alcanzó una superficie cercana a los 6.000 km² anuales siendo una de las más altas de Latinoamérica.

Sobre la deforestación se han realizado varios estudios en el país, pero de zonas muy localizadas, no de índole regional como el que pretende este estudio. Sin embargo, uno de los escasas investigaciones sobre el tema de la deforestación y dentro del área de estudio, es el publicado por Américo Catalán (Catalán, 1993), para 10 estados ubicados al norte del río Orinoco (Mérida, Lara, Carabobo, Cojedes, Trujillo, Barinas, Portuguesa, Táchira, Yaracuy, Aragua) que indica la tasa de deforestación en un periodo de 12 años (1975-1988). Esta investigación arrojó una tasa de deforestación de un 2,72%, con una pérdida anual aprox. de 2.160 km² en esos estados. Un estudio del año 1996, el último hasta la fecha por el Ministerio del Ambiente estableció la deforestación para los trece estados faltantes, pero con un periodo distinto (1982 -1996).

En relación a las causas del proceso de deforestación en Venezuela, tanto el Estado y expertos del tema bosque señalan que las principales son: la expansión de las fronteras agrícolas y pecuarias, la expansión urbana, la tala ilegal en los bosques naturales, los asentamientos permanentes en área boscosas designadas para el aprovechamiento de maderas, la planificación deficiente de la minería y los incendios forestales (MARNR, 2000a). Esta pérdida repercute en las diversas funciones ecológicas que ofrece el bosque

(pérdida del hábitat a la fauna, conservación de suelos y aguas, mantenimiento del microclima, control de inundaciones, etc.) esto afecta de manera directa a otros componentes del espacio geográfico, otro de los efectos es la pérdida del potencial de captura de carbono y como efecto la merma natural en la captura de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

En cuanto los planes y acciones que ha realizado Venezuela para reducir la pérdida de la cobertura del bosque, en el año 2006 se creó por parte del MINAMB la Misión Árbol cuya función principal es la de formar comités ambientales para realizar actividades de reforestación. Los datos para 2007 indican que se han creado 826 viveros comunitarios y se reforestó 93,12 km². Según el MINAMB, se ha iniciado un trabajo de concientización ambiental con las comunidades, consejos comunales, escuelas y las mesas técnicas, aunque no hay datos concretos sobre dicha actividad.

En el año 2000 el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), elaboró un informe sobre los cambios de la cobertura en Venezuela, en ella se entrevistó a un grupo de expertos relacionados con el tema bosque. Estos coincidieron que:

“no hay estadísticas confiables ni estudios recientes que reflejen si el problema de la deforestación en el país es un problema en aumento, estabilizado o que ha disminuido en los últimos años. Los esfuerzos que se han realizado para tratar de determinar tasas de deforestación han sido enfocados a regiones del país por diversos autores, utilizando diversas metodologías y períodos de tiempo diferentes lo que ha generado datos que reflejan diversos períodos en regiones en particular, esto ha provocado que no se tenga un dato a nivel nacional y que este último sea inferido de lo que pueda estar pasando en una región en particular”. Pág. 30. (CATIE, 2000).

En ese sentido, ante todas estas incertidumbres y gruesas estimaciones sin un basamento técnico que permita calcular el proceso de

deforestación, dan como evidencia la falta de una acción concreta, un plan-proyecto de monitoreo y cuantificación anual de la cobertura del bosque. En Venezuela esta cuantificación de la cobertura del bosque se realiza cada 10 años. En los últimos 30 años, sólo se han realizado 2 inventarios nacionales de la vegetación del país. Uno de ellos a principio de los años 80, el Ministerio de Ambiente desarrolló dentro del proyecto de los Sistemas Ambientales de Venezuela el “Mapa de la vegetación actual de Venezuela” (MARNR, 1982). El otro inventario de vegetación fue realizado en los años 90, y publicado en el año 1995.

Continuar con un inventario de vegetación cada diez (10) años sólo expresa un ineficiente método para el seguimiento y gestión del componente bosque. Lo contrario ocurre actualmente en otros países latinoamericanos como: Brasil, México, Costa Rica, Bolivia, Paraguay y Colombia, que han desarrollado efectivos proyectos nacionales de monitoreo anual de los cambios de uso de la tierra por medio de la teledetección, que incluye la combinación de sensores remotos de baja y alta resolución.

Ante esta situación que presenta Venezuela con respecto al manejo del recurso bosque, podemos decir que, en parte, el uso incontrolado del recurso, la deficiente planificación y la falta de un monitoreo actualizado y anual de la cobertura del bosque, inciden de manera directa al deterioro de este recurso tanto nacional como sus repercusiones a nivel global y el desmejoramiento de la calidad de vida de la población.

Es por ello perentorio identificar con mayor nivel de certidumbre la dimensión espacial del proceso de deforestación del bosque en el país. Esta valiosa información permitirá establecer líneas de acción para su aprovechamiento bajo el enfoque de sustentable, bajo el desarrollo de proyectos de reforestación y forestación, ello revalorizará dicho recurso, y a

su vez, tendría un efecto positivo multiplicador dado que se fortalecería las otras múltiples funciones y servicios ambientales que posee el recurso bosque.

Ante esta problemática ambiental en relación al recurso bosque surge la necesidad de realizar un estudio titulado: "ANALISIS ESPACIAL DE LA COBERTURA DEL BOSQUE EN VENEZUELA (1980-2009), caso de estudio: la región norte del Río Orinoco". Este estudio permitirá estimar la cobertura actual del bosque, el proceso de deforestación, identificar zonas críticas y establecer una propuesta conceptual para la implementación de un Programa de Monitoreo para la cobertura del bosque en Venezuela. Se espera con ello un aporte para la planificación de programas y proyectos de conservación, preservación, reforestación de este recurso de gran importancia ambiental para el país.

I.2.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

I.2.1.- Objetivo general

Realizar un análisis espacial de la cobertura del bosque en la región norte del país aplicando metodologías de la geomática que permitan la caracterización, cuantificación y distribución geográfica del bosque, así como de la evolución del proceso de deforestación. Este análisis proporcionará las bases para el desarrollo de propuestas que permitan monitorear la cobertura del bosque en el país, y que a futuro sirva de insumo para las políticas nacionales de manejo forestal sostenible, y al Plan Nacional Forestal del país.

I.2.2.- Objetivos específicos

1. Caracterizar la cobertura del bosque en la región norte del río Orinoco.
2. Analizar la evolución y la distribución geográfica del proceso de deforestación en la región norte del río Orinoco entre 1980 - 2009.
3. Elaborar índices espaciales que permitan evaluar el estado actual de la cobertura boscosa en cuanto a su fragmentación y reducción.
4. Identificar “Zonas Críticas” donde los procesos de deforestación son más graves para toda el área de estudio y a nivel estatal.
5. Proponer una metodología para el monitoreo de la cobertura del bosque por medio de las técnicas y procedimientos de la teledetección y Sistema Información Geográfica para todo el país.

I.3.- JUSTIFICACIÓN Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

I.3.1.- Justificación

Con base al planteamiento que la falta de un monitoreo actualizado y confiable de la cobertura boscosa, es una de las causas que incide en la situación de deterioro actual de los bosques en Venezuela. Siendo la cobertura del bosque un índice que permite saber el grado de conservación y de protección de la biodiversidad, protección de suelos y otros aspectos de importancia para establecer el grado de sustentabilidad que presenta un país.

Esta situación en relación a la conservación y manejo de los bosques es una circunstancia no sólo de nuestro país, sino una problemática ambiental a nivel mundial, que presentan muchas naciones. Ante esta situación, sin embargo, y como parte de las soluciones desarrolladas en otros países, incluso latinoamericanos, surge el desarrollo de un eficiente sistema de alerta temprana para la detección de áreas deforestadas.

Este sistema basado en el uso de técnicas y procedimientos de teledetección y de Sistemas de Información Geográfica. Se ha desarrollado bajo los requerimientos de ser un monitoreo de resultados rápidos, a bajo costo, confiable y operativamente viable. Parte de la información generada por este sistema están: cuantificación de la cobertura del bosque a nivel nacional y estatal, la localización de focos de incendios forestales y evaluación de las tasa de deforestación a nivel nacional y estatal.

Si bien en Venezuela se han desarrollado inventarios de vegetación (incluyen todos los tipos de formaciones vegetacionales), su frecuencia hace difícil dar un seguimiento más cercano y anual, en especial a la cobertura del bosque.

Es por ello el planteamiento del desarrollo de esta investigación de índole exploratoria, con la idea de aplicar estas metodologías en teledetección y SIG. Que permitirán tener una información con respecto a la cobertura del bosque y al proceso de deforestación en Venezuela. Este sistema combina el uso de sensores de baja resolución pero de alta frecuencia temporal (MODIS) y sensores de alta resolución y media frecuencia temporal (SPOT), aunada con las técnicas de SIG y análisis multitemporal.

El área de estudio seleccionada (margen norte del río Orinoco) para aplicar esta metodología, en una región que según el mismo estado y expertos en el área del manejo del bosque, han señalado como muy afectada por el proceso de deforestación, pero sin embargo, se basan en estimaciones y apreciaciones empíricas, por lo que se justifica su selección para este estudio. Esta área presenta los siguientes datos:

- Concentra el 93,53 % de la población del país.(INE, 2003).
- Las Cordillera de la Costa y Andina, son las áreas del país con mayor número de especies amenazadas de fauna y flora, en base a los resultados obtenidos del Libro Rojo de la Fauna. (Rodríguez, J.P. & Rojas-Suárez, F. 1999), (PROVITA, 2003).

Por igual, parte de esta investigación es el desarrollo de una propuesta donde se establecen los lineamientos generales, conceptuales y operativos de un proyecto titulado “Proyecto Monitoreo del Bosque en Venezuela” PMBOS-VEN, con la finalidad de que sea aplicado para todo el país.

I.3.2.- Alcances.

Esta investigación se concibe con un enfoque de tipo **descriptiva**, ya que aborda un tema de investigación poco estudiado en términos regionales en Venezuela, en donde si bien la revisión de la literatura evidenció un número de trabajos de investigación sobre el tema, los mismos se

desarrollan sobre áreas geográficas muy localizadas, y no de cobertura regional y en especial en el área de estudio (margen norte de Venezuela), que pretende este estudio, así la escasez en nuestro país de bibliografía existente en cuanto a la escala de trabajo, por igual la metodología utilizada es aplicada con efectividad en otros países para el monitoreo de la cobertura boscosa.

Por igual esta investigación es de tipo **no experimental**, ya que no se pretende realizar la manipulación deliberada de variables y el trabajo se basará en el análisis de tipo coyuntural. Así mismo esta investigación se clasifica de tipo *longitudinal*, ya que se analizarán cambios a través del tiempo en determinadas variables o en las relaciones entre estas. En los diseños longitudinales se recolectan datos a través del tiempo en puntos o períodos especificados, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y sus consecuencias.

Los resultados de esta investigación servirán de aporte para conocer la distribución actual de la cobertura de bosque, así como se ha desarrollado el proceso de deforestación en la margen norte del país, estos datos son fundamentales para las instituciones públicas e investigadores relacionados con el tema y les permitirá establecer escenarios tendenciales de dicho proceso

En cuanto a las limitaciones encontradas para el desarrollo de esta investigación es el hecho que no se pudo contactar con investigadores ó expertos que hayan trabajado con imágenes satélites MODIS ya que en el país son contados los casos donde se haya utilizado dicho sensor, por lo que solamente se cuenta con la información documental encontrada y referencial de la misma página de la NASA.

Dada la extensión del área de estudio (445.000 km², aprox), y los altos costos de movilización y tiempo que implicaría realizar un extenso trabajo de campo, el mismo se realizó solo para algunos sitios de la Cordillera de la Costa, Lara y Falcón y sur de Anzoátegui, sin embargo, esto se compensó aplicando la técnica del uso de sensores de mayor resolución espacial (SPOT), también llamada “verdad-terreno”, para validar la información obtenida del sensor MODIS.

I.4.- ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el tema del recurso bosque se ha realizado la revisión de antecedentes donde se recogen los estudios e investigaciones sobre este tema en el ámbito nacional. Uno de los primeros investigadores en el país sobre el tema del bosque es el Botánico Henry Pittier, en 1936, publica "Consideraciones acerca de la destrucción de los bosques y del incendio de las sabanas" este insigne botánico ya para la década de los años 30 del siglo pasado, alertaba sobre la destrucción de los bosque, principalmente en los valles centrales del país, entre uno de las causa menciona la combinación en la época de la colonia entre el sistema de cultivo conuco y la de tipo plantación, que implicaba el desmonte en la mayoría de los casos de zonas de crestas y laderas pronunciadas en cerros y montañas. La quema incontrolada anual de las sabanas que por igual los bosques cercanos quedan afectados. (Pittier, 1936).

En el año 1964 el profesor Francisco Tamayo publico un ensayo sobre la clasificación de sabanas de Venezuela (Tamayo, 1964), donde argumenta que anteriormente en las zonas de sabanas, hubo una cubierta de bosque climax. Uno de ellos es el hallazgo de troncos fósiles del plioceno al sureste de Pariaguán, que sugiere que hubo una zona de bosque más extensa que la actual en los Llanos.

En 1976 se publica "Conservación de los bosques húmedos de Venezuela" (Hamilton,L.S., et-al, 1976) donde se presenta amplio compendio de estudios sobre diversos tópicos del bosque húmedo, tales como: definiciones, valores, situación, uso actual de los bosques, el tema indígena y ABRAE. Incluye por demás un compendio de estudios, uno de ellos realizado por el Ing. Veillón en vinculado con la deforestación en los llanos occidentales desde 1950 hasta 1975, otro estudio sobre la identificación e inventario a nivel de estados de las zonas de bosques que deben ser

protegidos, elaborado por Steyermark (en Hamilton,L.S., et-al, 1976). Un trabajo sobre el tema de la fauna silvestre dentro de los bosques húmedos de Venezuela, elaborado por Mondolfi (en Hamilton,L.S., et-al, 1976).

Veillón en 1989 inicia una serie de trabajos relacionado sobre los bosques naturales de Venezuela, la parte I está referida al medio ambiente, incluye a escala nacional sobre información climatológica, fisiográfica e hidrológica. En 1991 publica la parte II, relacionada con los bosques xerófitos de Venezuela (Bosque espinoso tropical y Bosque muy seco tropical) para el año 1997 publica la parte III, sobre el tema de los bosques tropófilos ó veraneros.

El documento “Balance ambiental de Venezuela. 1994-1995” se desarrolla un capítulo referente al recurso vegetación, donde contiene una descripción de la distribución espacial de la vegetación en el país, en referencia a la deforestación se presenta un trabajo de Catalán, sobre la tasa de cambio para 10 estados de la región occidental, periodo (1975-1988) (Catalán, 1993) y los demás estados restantes 13 en total en otro cuadro, periodo (1982-1990), (MARN, 1996).

En el 2000 la FAO se publicó una compilación titulada “Proyecto: Información y análisis para el manejo forestal sostenible: Información y análisis para el manejo forestal sostenible: Integrando esfuerzos tropicales en 13 países tropicales en América Latina”. En esta compilación (Azuafe, JI, 2000) inscribe un artículo sobre el manejo forestal en Venezuela donde plantea el estado actual y la tendencia del manejo forestal en el país, incluyendo la evaluación de los planes de manejo que se han realizado, la naturaleza de la actividad forestal de Venezuela, finaliza con una serie de propuestas basadas en el desarrollo forestal comunitario, el aprovechamiento sostenible del bosque. Asimismo la FAO elabora cada cinco años la

Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales, para este estudio se analizaron los años 2000, 2005, 2010.

En el año 2001 el MARN concluye un estudio sobre “Estado Actual del Biocomercio en Venezuela”. Este documento presenta un capítulo dedicado a productos forestales, donde se tratan algunos aspectos de escenarios pasados y presentes del biocomercio de productos forestales en Venezuela, uno de ellos es el potencial sobre los productos no maderables del bosque (MARN, 2001).

Los investigadores (Osorio R, y Pozzobon, E, 2002), evaluaron las deforestaciones en la Reserva Forestal de Ticoporo, entre los años (1963 y 2001) utilizando para ello fotografías aéreas, imágenes Landsat y SPOT, según este estudio la tasa de deforestación de la Reserva se estimó en 2% anual, con una pérdida de cobertura de bosque en un 77%.

El Global Forest Watch (2002), publican “The estate of Venezuela’s Forest. A case study of the Guayana Region”. Presenta un diagnóstico de los bosques en la región de Guayana identificando sus características, potencialidades y posibles amenazas. Para ello utilizó datos de imágenes del sensor ATSR-2 de 1 km² de resolución, sin embargo, se fundamenta que los datos obtenidos sobre el bosque en la región Guayana son poco confiables alegando los vacíos de información territorial que presenta dicha región.

Desde el 2003 el Centro de Estudios Integrales del Ambiente (CENAMB), de la Universidad Central de Venezuela, ha incluido en varios proyectos regionales la evaluación del recurso bosque, sobre todo en cuanto a su potencial de captura de carbono. En el caso del proyecto del Orinoco-Apure (CENAMB, 2003), este proyecto abarcó una extensión de más de 300.000 km², donde se estableció la capacidad de captura de CO₂ de la

cobertura boscosa. Un estudio coordinado por De Lisio (De Lisio, A. et al, 2006) con relación al diagnóstico del Biocomercio en Venezuela, en ella se realizó un estudio exploratorio del aprovechamiento no maderero del bosque (PNMB).

Otro estudio realizado por el CENAMB en relación al Eje Norte Llanero (CENAMB, 2007) se generó una propuesta del trazado de la vía férrea, para tal fin se usaron imágenes MODIS para identificar los cuerpos de aguas existentes, la cobertura boscosa y la no boscosa.

En cuanto a la revisión de Trabajo de Grado, los mismos tratan el tema de las deforestaciones, centrados en áreas geográficas muy específicas como son: Reserva Forestal Ticoporo (estado Barinas), (Rivero, A, 1990) y la cuenca del río Guapo (estado Miranda) (Herrera C, y Prato G, 2004). Pero con resultados similares por el hecho de encontrar altas tasas de deforestación en las áreas estudiadas.

En la revisión de documentos fundamentales para esta investigación se han evaluado por igual productos cartográficos elaborados a escala nacional relacionados con el tema de estudio. Encontramos un conjunto valioso de publicaciones y mapas temáticos de vegetación realizados desde hace más de 80 años. En primer lugar tenemos el “Mapa ecológico de Venezuela” (Figura No. I-2) del botánico Henry Pittier, elaborado en 1920, a escala 1:2.000.000 donde establece una clasificación de tipo Geobotánico del bosque ó selva, que incluye criterios como: piso altitudinal, condiciones de clima, aspectos bióticos y con la identificación de especies botánicas más comunes de cada bosque ó selva. En su clasificación establece 4 tipos de selva:

- Selva xerófila
- Selva veranera
- Selva pluvial
- Selva templada

Es para mediados de los años 50 que el botánico Francisco Tamayo, publica el “Mapa preliminar fitogeográfico de la República de Venezuela”, (Tamayo.F.1955), a escala 1:2.000.000, se establece 28 clases de formaciones vegetacionales, bajo los criterios: clima, relieve, inundaciones, de intervención agrícola y florísticos. El tema del bosque lo divide establece 9 categorías, como son:

- Bosque xerófilo espinar
- Bosque xerófilo chaparral
- Bosque tropófilo
- Bosque tropófilo intervenido
- Bosque transición xero-tropófilo
- Selva higrófila inundada
- Selva higrófila megatérmica
- Selva higrófila mesotérmica
- Selva tropófila

En el año 1960 se publica el Mapa de vegetación de Venezuela elaborado por Kurt Hueck, a escala 1:2.000.000, (Hueck,K.1960). En este documento se establecen 25 tipos diferentes de vegetación, de los cuales, el bosque está dividido en 7 clases:

- Bosque deciduo mesófilo
- Bosque higrófilo mesófilo
- Bosque deciduos semi-seco
- Bosque seco
- Bosque de galería
- Selva higrófila siempreverde
- Selva higrófila inundada

Para esta clasificación utiliza criterios geobotánicos, de caducifolia, florístico y grado de inundación.

Para el año 1961 el Ministerio de Agricultura y Cría (M.A.C), conjuntamente con la Universidad de los Andes publican el “Atlas Forestal de Venezuela” (MAC, 1961) y asesorados por el Prof. Veillon elaboran el “Mapa

forestal de Venezuela”, escala 1:4.000.000, basados en la clasificación de L. Holdridge, estableciendo categoría de bosques ecológicos, que se dividen en 4 categorías:

- Bosque xerofítico abierto
- Manglar
- Bosque (según altura de dosel y densidad del follaje)
- Bosque combinado con vegetación herbácea.

El Ministerio del Ambiente en 1982 dentro del proyecto de los Sistemas Ambientales publica el “Mapa de la vegetación actual de Venezuela” MARNR, (1982) conformado por 75 cartas de escala 1:250.000 blanco y negro, (Figura No. I-3), siendo este mapa el primero realizado a dicha escala, se utiliza por primera vez como herramientas de interpretación a los sensores remotos de tipo pasivos y activos (Landsat y Radar).

Para este Mapa aplica una serie de criterios, los cuales son: formación vegetal, piso altitudinal, caducifolia, altura y densidad de la formación, paisaje fisiográfico, intervención antrópica, tipo de inundación. Con 18 categorías, estas incluyen 6 de tipo bosque:

- Bosque Siempreverde
- Bosque semi-deciduo
- Bosque deciduo
- Bosque de galería
- Manglar y Plantación forestal.

Figura No. I-2. Mapa ecológico de Venezuela. Escala 1:2.000.000, H. Pittier. 1920.

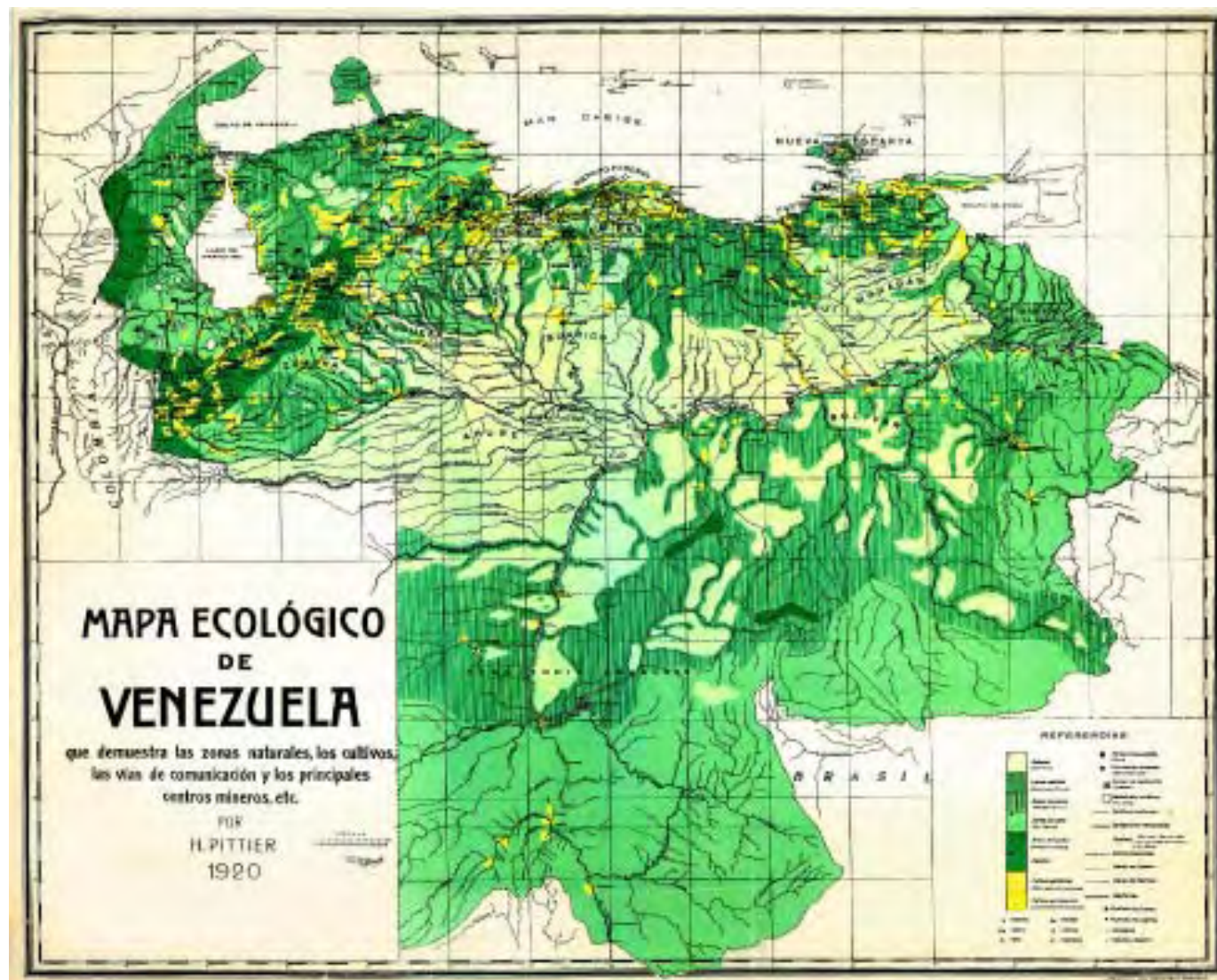
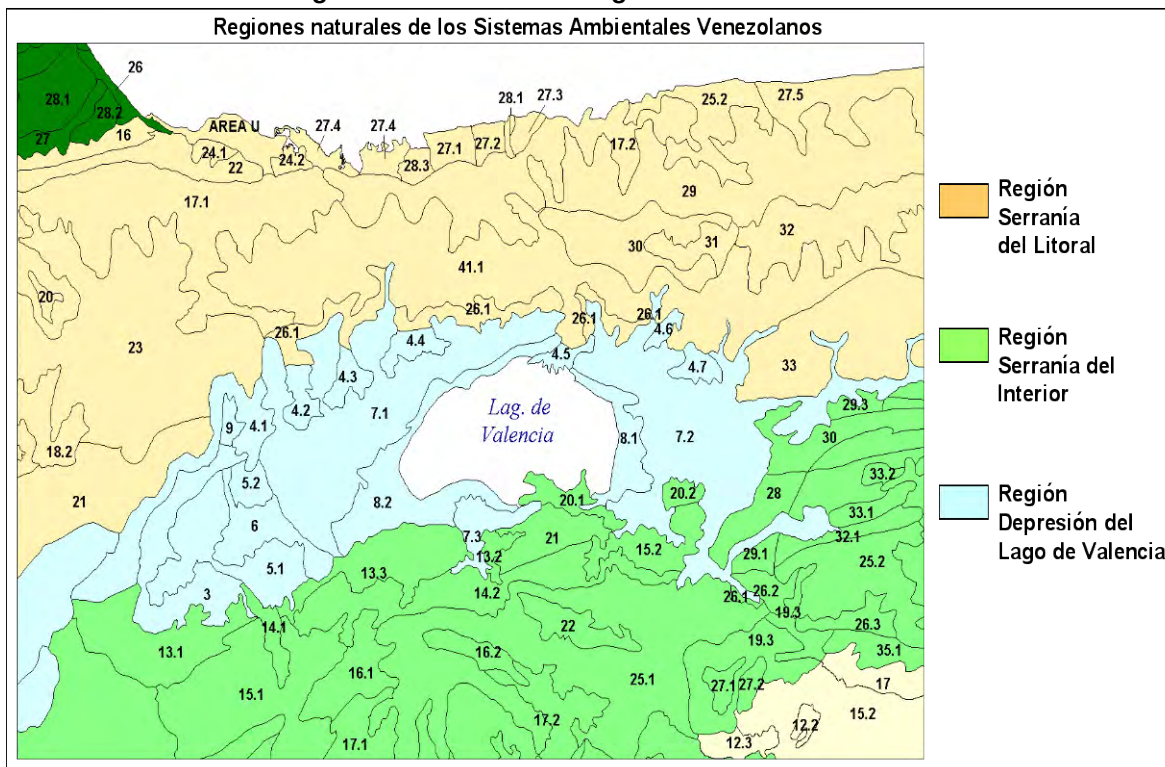


Figura No. I-3. Carta de Regiones Naturales.



En 1988 se publica el “Mapa de vegetación de Venezuela” elaborado por Otto Huber y Alarcón, a escala 2.000.000, publicada por el MARNR, es una actualización del mapa de 1980, (Figura No. I-4), en el se aplicaron varios criterios, principalmente de índole fisiográfico, florístico y fitogeográfico de la vegetación ajustados a la escala de impresión. Se presenta dividido por cuatro niveles, como son: regiones, subregiones, sector y por último las unidades básicas de tipo de vegetación ó fitocenosis. Como información complementaria, a cada tipo de vegetación se identifican las principales especies comunes y endémicas. Dado su utilidad y fácil ilustración el IGVS, ha reeditado este mapa sin actualización en el año 2003.

Figura No. I-4. Mapa de vegetación, elaborado por Huber, o y Alarcón, C. Escala 1:2.000.000, 1988.



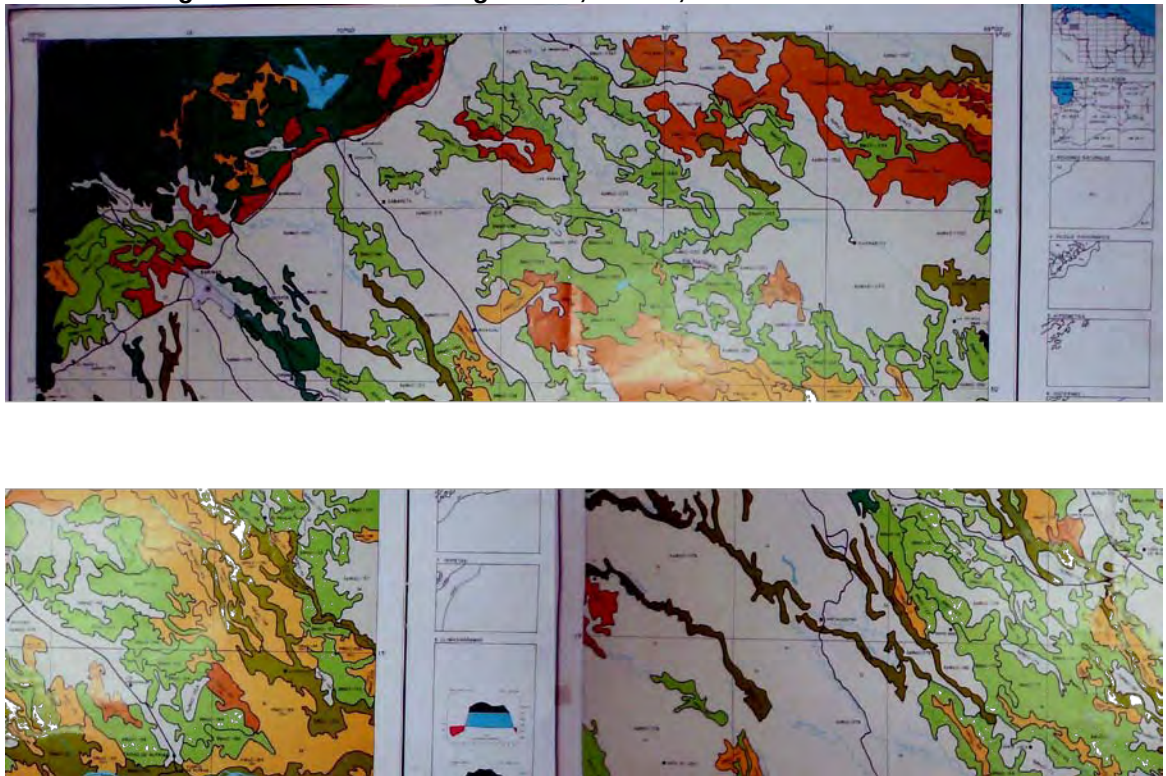
Fuente: Reedición IGVS, año 2003.

La Dirección de vegetación del Ministerio del Ambiente en el año 1993 publica el “Mapa de la vegetación de Venezuela” organizado por 27 cartas de escala 1:250.000 a color. Proyecto apoyado por la Unesco. Se utilizó la teledetección para su elaboración con imágenes Landsat TM, una vez clasificadas las formaciones vegetacionales, se le adicionó información referente a caducifolia, estructural (densidad, altura), fito-ambientales (temperatura, humedad), de tipo fisiográfico y grado de intervención antrópica, por igual se añadió a cada polígono la información de las especies características, (Figura No. I-5).

Es importante señalar que este mapa de vegetación, es la cartografía de referencia base del presente estudio, si bien se utilizaron imágenes de satélites

de los años 1988-1992, se establece como el mapa de vegetación del año 90. Siguiendo la continuidad era lógico esperar una publicación del mapa de vegetación de Venezuela para el año 2000 por parte del Ministerio del Ambiente, sin embargo, este mapa del año 1990 ha sido la última publicación oficial elaborada de tal envergadura hasta el presente.

Figura No. I-5. Carta de vegetación, a color, Escala 1:1:250.000



Fuente: Dir. de vegetación, MARNR, 1993.

I.5.- MARCO CONCEPTUAL

Este estudio pasa por la revisión de las discusiones y evidencias sobre conceptos como el recurso bosque y la deforestación. El “bosque” como recurso natural

Pero este recurso ha sido objeto de un fuerte proceso de deforestación en los últimos decenios a nivel mundial y nacional. Es así que entorno a este conjunto de temas y discusiones surgen un grupo de conceptos y teorías que a continuación se desarrollan.

I.5.1.- Bosque

El bosque es uno de los conceptos orientadores de este estudio, pero que esta sujeto a una diversidad de acepciones por lo que resulta fundamental realizar una discusión sobre las mismas a continuación. El Bosque: Espacio natural conformado por árboles, arbustos, hierbas, bacterias, hongos, protozoarios, artrópodos, otros invertebrados de todos los tamaños clases y descripciones, vertebrados, oxígeno, dióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica muerta, que en su totalidad constituyen el ecosistema forestal. (SEFORVEN, 2004).

La FAO tiene una definición muy detallada y explícita lo que es un bosque: Son tierras que se extienden a más de 2500 m² con árboles de más de 5 metros de altura y una cubierta forestal de más del 10 por ciento, o con árboles capaces de alcanzar estos umbrales in situ. No incluye tierras que estén predominantemente bajo uso agrícola ni tierras urbanas (FAO, 2005).

Otro concepto es del Panel Intergubernamental de Cambio Climático ó (IPCC), sostiene que el bosque es: Superficie de tierra que tiene como mínimo 0,05 a 1,0 hectáreas, con una cobertura de copas forestales (o un nivel equivalente de existencias) de más de 10-30 por ciento y con árboles

con el potencial de alcanzar una altura mínima de 2-5 metros a su madurez in situ. Un bosque puede estar constituido por una formación cerrada, en la que los árboles de distintas alturas y con distinto sotobosque cubren una gran parte del terreno, o por una formación abierta. Las arboledas naturales jóvenes y todas las plantaciones que aún no han llegado a una densidad de copas del 10-30 por ciento o a alturas de árboles de 2-5 metros se incluyen como forestales, así como las áreas que normalmente forman parte de la superficie forestal y que están temporalmente sin vegetación como resultado de la intervención humana, como la cosecha, o por causas naturales pero que se espera que vuelvan a ser bosques, (IPCC, 2006).

Otro estudio utiliza la definición de bosque húmedo tropical basados en la definición propuesta por Bauer, G (citado por Hamilton, 1976) y la define como “.. una comunidad cerrada de árboles, esencialmente aunque no exclusivamente higrófilos, siempreverdes y de hoja ancha; en la que normalmente hay dos ó mas pisos de árboles y arbustos, y synusias, dependientes de otras formas de vida, tales como trepadoras y epífitas.”.

El MARN, plantea que el Bosque corresponde: Superficie cubierta de especies nativas o exóticas que forman una cubierta continua (dosel cerrado), se componen de los manglares, las plantaciones forestales, el bosque de galería y los bosques deciduos, siempre verde y de montaña (distintos pisos altitudinales), (MARN, 2004). Incluye: Bosques (formas arbóreas) de al menos 5 metros de altura; bosques de galería que es una asociación edáfica, siempreverde monoestratificado que crece a orillas de los cursos de agua, con las raíces en la zona de saturación de agua, o cercana situado en tierras bajas y colinas, sabanas y macizos boscosos; manglar, formación arbórea de 3 a 30 metros de altura en litorales planos y fangosos influenciado por las mareas e inundada constantemente o por marea alta. El área de manglar se incluye en esta categoría. Las principales formaciones

boscosas que presenta Venezuela son (MARNR, 2000b) bosque húmedos, bosques secos, bosques ribereños, bosque de manglar, bosques de palmas. Otros conceptos de tipos de bosques los tenemos en la Ley de Bosques y Gestión Forestal (2008), donde definen al “Bosque Nativo” como “constituidos por las formaciones boscosas localizadas en todo el territorio nacional, se clasifican según sus funciones y el uso asignado, en bosques nativos de protección y en bosques nativos productores. Cuando un bosque nativo, por su localización y características, pueda ser considerado tanto para protección como para producción, prevalecerá a todos los efectos la primera condición respecto a la segunda.” Art. 26.

De esto surge la definición “Bosque nativos de protección”:

“Los bosques nativos de protección son espacios para la conservación de la diversidad biológica y mantenimiento del equilibrio ecológico, en los cuales sólo podrán manejarse para desarrollo de usos pasivos con fines primordialmente conservacionistas, científicos, educativos, recreativos y ecoturísticos.” Art. 28.

En cuanto a su localización el Art. 29 de la Ley establece:

“Se consideran bosques nativos de protección, aquellos localizados en terrenos baldíos u otros propiedad de la Nación, que hayan sido declarados bajo las figuras de parques nacionales, monumentos naturales, reservas de biosfera u otras áreas naturales protegidas contempladas por las leyes vigentes. Son además bosques nativos de protección los localizados en terrenos demarcados como zonas protectoras o áreas de reserva de medio silvestre, tanto en terrenos propiedad de la Nación como en terrenos de propiedad privada.”

Los “Bosques nativos de producción, se definen y describen en los Art. 34 y 35:

“Los bosques nativos para producción, son espacios aptos para el aprovechamiento sustentable de bienes forestales maderables y no maderables, según planes de manejo forestal previamente aprobados por la autoridad competente, bajo condiciones que garanticen la conservación en el tiempo del potencial productivo, estructura, funciones, diversidad biológica y procesos ecológicos.” Art.34.

“Se consideran bosques nativos para producción aquellos localizados en terrenos propiedad de la Nación que hayan sido declarados bajo la figura de reservas forestales, así como los localizados en terrenos tanto de la Nación como de propiedad privada que hayan sido declarados como áreas boscosas bajo protección.

Se consideran igualmente bosques nativos para producción aquellos localizados en terrenos de propiedad privada, manejados con fines de aprovechamiento forestal bajo la figura de lotes boscosos, y en general, toda formación boscosa que pueda ser aprovechada mediante planes de manejo forestal”
Art. 35.

De toda esta discusión y análisis del concepto de bosque, y en función de alcanzar los objetivos de este estudio, el concepto del bosque del (MARN, 2004) siendo esta la que más se ajusta a los objetivos de esta investigación y será asumido como tal.

I.5.2. Deforestación

La deforestación se define como la eliminación del bosque y su reemplazo por otra categoría de uso de la tierra, siendo esto de origen natural ó antrópico. Según la FAO, la deforestación se define como la eliminación del bosque y su reemplazo por otra categoría de uso de la tierra, siendo esto de origen natural ó antrópica. Otra definición tenemos “Conversión directa inducida por el hombre de tierra forestada a tierra no forestada. (IPCC, 2006). Los cambios dentro de una misma clase forestal (de bosque espeso a bosque claro) que afectan negativamente a la masa, en particular, reducen su capacidad de producción, se denomina degradación forestal concepto distinto a deforestación.

Según ramas de las ciencias como la ecología y la botánica establecen que en el transcurso del tiempo en un área determinada nuevas comunidades surgen a partir de otras preexistentes, bien sea por causas de

emigración, extinción ó cambios del medio y la incorporación de nuevas especies por inmigración y evolución. Ciertos investigadores sugieren que por lo menos parte de lo que hoy se considera zonas de “sabanas” en los Llanos venezolanos y colombianos en otra época estaban cubiertas por bosques. Esto es planteado por Vareschi, citado por Tamayo que al analizar estudios palinológicos se demuestra que antes del pleistoceno en la región de los Llanos el porcentaje de polen de gramínea era muy bajo, ello sugiere que antes de la llegada del ser humano a esta región la misma estaba cubierta de un bosque clímax (Vareschi, 1962).

Otros investigadores señalan que “después que ha desaparecido la cubierta del bosque a causa del fuego o de la explotación de la falta de reproducción debida al exceso de pastoreo o de otros factores, el área está libre de la competencia de las especies climáticas, haciéndose favorable las condiciones para el crecimiento de muchas subdominantes (Weaver y Clements, 1951). Cuatrecasas, menciona que “por lo menos en su mayor parte, las llamadas “matas de monte” en los llanos orientales y los morichales... son reliquias del bosque climático destruido” (Cuatrecasas, 1956).

Se tiene conocimiento que antes de la llegada de los españoles los indios utilizaban el fuego por varios motivos, uno para tener controladas las especies feroces que habitaban el bosque y la otra como una forma rudimentaria de cacería de animales, tales como: venados, báquiros y otras especies (Tamayo F, 1964). Según fuentes oficiales ya para 1991 el país había perdido el 32% de sus espacios naturales al norte del Orinoco a causa de diversas actividades humanas: minería, desarrollos hidráulicos, agrícola, urbano y quemas de vegetación (MARNR, 2000).

Otro importante concepto es el de servicios ambientales, este se define como: “el resultado de procesos ecológicos de ecosistemas que generan beneficios económicos, sociales y ambientales a la sociedad. Se convierten en servicios cuando el hombre toma conciencia de ellos y los incluye en sus sistemas de generación de valor” (Justo, 2004). Otra definición establece que: “Son las funciones vitales y económicamente valiosas que realizan los ecosistemas naturales en condiciones estables”, MARN (2004).

Uno de los primeros estudios sobre los servicios ambientales los plantea como “los beneficios que las poblaciones humanas obtienen de las funciones de los ecosistemas” (Constanza, *et al* 1997), además este autor identifica una lista de los siguientes servicios ambientales, para el ecosistema forestal:

- Regulación de gases atmosféricos.
- Regulación climática, especialmente de los gases que producen efecto invernadero.
- Protección contra desastres ambientales, p.e. control de inundaciones, tormentas, ciclones por la presencia de vegetación.
- Provisión de agua a través de su retención y almacenamiento.
- Control de la erosión, prevención de la pérdida de suelo por el viento, agua y escorrentía, etc.
- Formación de suelo, por medio de la acumulación de material orgánico.
- Ciclo de nutrientes, incluyendo fijación de nitrógeno y otros químicos importantes.
- Tratamiento de desechos, control de la contaminación.
- Polinización, provisión de polinizadores para favorecer la reproducción de poblaciones de plantas.
- Protección de flora y fauna
- Ecoturismo
- Control biológico, usando los enemigos naturales de plagas.
- Producción de alimentos, por ejemplo animales de caza, pesca.
- Materia prima para obtener fibras, combustibles.
- Bellezas y paisajes escénicos.
- Recursos genéticos para obtener nuevas medicinas, cosméticos, semillas, etc.

Los servicios ambientales suministrados por el sistema natural han sido tradicionalmente subvalorados debido a que la disponibilidad de los recursos naturales se ha considerado ilimitada (CAN, 2001). Pero, es a partir de los últimos decenios debido a los desastres naturales y la evidente degradación ambiental y sus consecuencias, que el valor de los servicios ambientales tiende a adquirir mayor relevancia y alcance a nivel global. Estos servicios son considerados “capital natural” (Cárdenas, 1994).

El bosque ofrece una gama de servicios ambientales, como son: regulación de gases atmosféricos y climática, materia prima para obtener fibras y combustibles, protección contra desastres ambientales, control de la erosión, prevención de la pérdida de suelo por el viento, hábitat natural para la fauna, agua y escurrimiento, producción de alimentos, entre otros.

Sin embargo, la pérdida del capital natural del bosque se contrapone a la idea que el capital producido era el factor limitante para el desarrollo económico. La economía actual no considera en gran medida los procesos ecológicos y tampoco las señales de advertencia que se reflejan una mayor cantidad de “desastres naturales”, que en gran medida son solo consecuencias de la dinámica y crecimiento económico y población que actualmente tiene el mundo.

Otro concepto a considerar es el de la Bioregión, que servirá como unidad de análisis espacial en este estudio. Según Linares una Bioregión es “La unidad geográfica inferior a la Provincia, definida por un conjunto de ecorregiones contiguas situadas dentro de un ámbito particular, (Linares, 1998). Otra unidad de análisis es el de regiones hidrográficas, que se definen el Art. 16 de la Ley de aguas (2007), como unidades espaciales de referencia para la organización institucional y el manejo de las aguas superficiales y subterráneas, así como su calidad. Se conformaron 16

regiones hidrográficas, cada una agrupa un conjunto de cuencas hidrográficas, definidas en el Art. 17 de dicha ley (Cuadro No I-1).

Cuadro No. I-1. Regiones hidrográficas y sus cuencas.

Nº	REGION HIDROGRÁFICA	CUENCAS
1	Lago de Maracaibo, Golfo de Venezuela	Catatumbo, Limón, Chama, Motatán, Apon, Palmar, Santa Ana, Pueblo Viejo, Charrapia, Escalante, Machango y Paraguachon.
2	Falconiana	Maticora, Hueque, Ricoa, Mitare y Capatarida.
3	Centro Occidental	Tocuyo, Aroa, Yaracuy y Litoral estado Carabobo.
4	Lago de Valencia	Aragua, Limón, Turmero, Maracay, Carabobo, Cabriales y Las Minas.
5	Central	Tuy, Guapo, Cupira, Capaya y Litoral Central (Miranda, Vargas y Aragua).
6	Centro Oriental	Unare, Zuata, Pao y Aragua.
7	Oriental	Neverí, Carinícua, Manzanares, Amana, Guarapiche, San Juan. Litoral del Edo. Sucre.
8	Llanos Centrales	Guárico y Guariquito.
9	Llanos Centro Occidentales	Cojedes, Portuguesa, Guanare, Tiznados y Boconó.
10	Alto Apure	Uribante, Masparro, Sarare, Santo Domingo, Pagüey, Suripa y Apure.
11	Bajo Apure	Apure, Arauca, Capanaparo, Cinaruco, Cunaviche y Meta.
12	Amazonas	Orinoco, Brazo Casiquiare, Ventuarí, Ocamo, Sipapo, Cunucunuma, Atabapo y Guainia.
13	Caura	Caura, Suapure, Cuchivero y Aro.
14	Caroní	Caroní.
15	Cuyuní	Cuyuní, Yuruari y Yuruani.
16	Delta	Morichal Largo, Uracoa, Mánamo y Macareo.

Fuente: Ley de Aguas, 2007.

En cuanto a las figuras de ABRAE utilizadas en este estudio tenemos que Parque Nacional, se consideran áreas naturales, en las que uno o varios ecosistemas permanecen materialmente inalterados. La acción y ocupación del hombre no los ha afectado en forma significativa. Además, las especies de flora y fauna, las condiciones geomorfológicas y los habitats presentes en ellos son de especial interés científico, educativo o recreativo. Generalmente, en ellos existe un paisaje de gran belleza o relevancia nacional e internacional. El Ejecutivo Nacional ha tomado medidas de preservación con el fin de mantener a los parques nacionales en su estado natural y están dedicados a la educación, la investigación científica y actividades recreativas.

Por lo tanto, ha limitado la posibilidad de otros usos, los cuales tienen severas restricciones.

Por igual Monumento Natural, son áreas generalmente pequeñas que poseen un rasgo natural sobresaliente, este puede consistir en un accidente geográfico, un sitio de gran belleza o rareza excepcional, cuyo valor histórico o científico es de interés nacional, por lo cual merece recibir protección absoluta. Están destinados al estudio y la recreación; cualquier otro uso está severamente restringido.

La Reserva Forestal está constituida por macizos boscosos, que por su ubicación, composición florística o por ser las únicas disponibles en la zona constituyen elementos indispensables para el mantenimiento de la industria maderera nacional. Su aprovechamiento debe regirse por planes de ordenación o de manejo forestal basados en el principio de rendimiento sostenido, con énfasis en la incorporación de nuevas especies nacionales al mercado. Estas Reservas Forestales se han establecido en terrenos de propiedad de la nación o baldíos. Los usos racionales comprendidos para estas áreas son la producción forestal permanente con planes de manejo previos; el aprovechamiento hidroeléctrico; las reforestaciones y plantaciones; la investigación integral; el aprovechamiento comercial de especies de flora y fauna en forma racional y la recreación pasiva.

I.6.- DELIMITACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL

El área de estudio queda establecida en toda la región norte del Río Orinoco, con una superficie de aprox. 444.990,23 km² esto representa el 48,56% de la superficie terrestre del país (Mapa No. 1). En total agrupa a 20 entidades estatales del país; (no se incluyen los estados Amazonas, Bolívar, Delta Amacuro y Nueva Esparta) un total de 302 entidades municipales, correspondientes al 90,1 % de los municipios del país (335), y en donde habitan aprox. 21.211.627 millones de personas, según Censo de población del 2001 (INE, 2003) representa el 91,9 % de la población total del país (23.062.046), esto establece una densidad poblacional de 47,6 hab/km² para el área de estudio.

Los límites del área de estudio son los siguientes (Mapa No. 2):

Norte: Estado Nueva Esparta, Mar Caribe, límites internacionales de Países Bajos (Aruba, Curazao, Bonaire), Grenada y San Vicente y las Granadinas.

Sur: Estados Amazonas, Bolívar y la República de Colombia.

Este: Estado Delta Amacuro, Océano Atlántico y la República de Trinidad y Tobago.

Oeste: República de Colombia.

La localización astronómica del área de estudio está comprendida entre las coordenadas geográficas:

Latitud Norte: 06 ° 02' 28" y 12 ° 12' 24"

Longitud Oeste: 73 ° 23' 00" y 61 ° 50' 20"

Datum: GRS 1980

Elipsoide: WGS 84

Dada las características en cuanto a la extensión del área de estudio

(48,56% del país) para los fines de la investigación, la escala de procesamiento y de análisis de información será a escala 1:250.000, ello implica el uso de 4 imágenes MODIS y la escala de publicación 1:3.350.000, esto debido a los costos de publicación.

A nivel del alcance temporal de la investigación es importante señalar que se toman solo los datos tabulados del año 1980 de los Sistemas Ambientales Venezolanos, para cada estado, en ese sentido se analizan los datos totales y por estados desde 1980 al 2009 lo que implica un periodo de 29 años.

Para la caracterización y evolución espacial solo se contó las coberturas del bosque que van desde el 1990 al 2009. Tomando como referencia el mapa de Vegetación de Venezuela del año 1990 (MARNR, 1993), para los años 2000 y 2009 se utilizará imágenes del sensor MODIS. Estas coberturas espaciales de bosque permitirán analizar un periodo de 19 años.

MAPA NO. 1

Mapa no 2

I.7.- ASPECTOS JURÍDICOS RELACIONADOS CON EL BOSQUE

El aspecto jurídico se establece a principios del siglo 20 bajo el planteamiento de Bierling sobre la posibilidad de establecer una jerarquía de los preceptos constitucionales, es Merkl (1931) quien desarrolla estos planteamientos y establece una teoría jerárquica de las normas a través de la Pirámide Jurídica, llamada también la pirámide de Kelsen (García, 1980). Siendo así para un estado ó nación que la cúspide de dicha pirámide esta ocupada por los preceptos constitucionales ó Carta Magna, le sigue las Leyes Orgánicas y Convenios Internacionales, en el nivel inferior se ubican las Leyes Especiales y Ordinarias, Decretos, Resoluciones y Normas individuales se jerarquizan en ese orden.

I.6.1.- Constitución Nacional

En el aspecto jurídico-legal que rige el tema de esta investigación tenemos como instrumento supra-ley a la Constitución Nacional, de la República Bolivariana de Venezuela, promulgada en el 24 de marzo de 2000, Nº 5.453 Ext. Asamblea Nacional Constituyente.

En la carta magna, se consagra en el Capítulo IX. de los derechos ambientales, específicamente en los Art. 127 al 129, lo siguiente:

Consagra el derecho y deber de las generaciones en cuanto a proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí mismo y para las generaciones futuras, todo individuo tiene derecho a disfrutar de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica.

Así mismo se plantea que el estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable. Se señala las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y sociocultural, por igual se impide la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas.

I.6.2.- Convenios Internacionales

Venezuela tiene a nivel internacional en referencia al tema en especial como principales acuerdos los de:

Convenio Ramsar.

La Convención Ramsar es un tratado intergubernamental aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad de Ramsar de Irán, localizada en la costa del Mar Caspio y entró en vigor en 1975. Siendo esta relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitats de Aves Acuáticas. Con el transcurso de los años, la Convención ha ampliado su alcance a fin de cubrir todos los aspectos de la conservación y el uso racional de los humedales, reconociendo que los humedales son ecosistemas extremadamente importantes para la conservación de la diversidad biológica y el bienestar de comunidades humanas. La misión de esta Convención consiste en "la conservación y el uso racional de todos los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo".

El Art. 1 de esta Convención define los humedales como: "Extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean

éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”. Una categoría especial dentro de la Convención Ramsar es la Lista de Humedales de Importancia Internacional ó (Lista de Ramsar), áreas orientadas a la conservación de los humedales. Actualmente hay 1.230 humedales declarados Sitios Ramsar, totalizando actualmente 106 millones de hectáreas.

Venezuela aprobó esta Convención en la Gaceta Oficial N° 34.053 del 16 septiembre de 1988. Los manglares de Venezuela son por lo general bosques costeros localizados en lagunas costeras y planicies aluviales, a nivel florístico los géneros más predominantes son los *Rhizophora* (mangle rojo) y *Avecennia* (mangle negro). Venezuela incorporo dentro de la Lista Ramsar a varias ABRAES, como son: Refugio de Fauna Silvestre de Cuare, Refugio de Fauna y Reserva de Pesca Los Olivitos, P.N. Los Roques, P.N. Laguna de la Restinga y P.N. Laguna de Tacarigua, sumando en total 263.636 ha.

Convenio Sobre La Diversidad Biológica.

Ratificado por Venezuela en 1994, ordena la elaboración de estrategias para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, promueve la protección de ecosistemas y habitats naturales. El acuerdo cubre todos los ecosistemas, especies y recursos genéticos. Obliga a la rehabilitación de habitats degradados y promueve la recuperación de especies amenazadas y propone la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de la utilización comercial los recursos genéticos.

Convención Sobre Cambio Climático.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

(CMCC) establecido durante la Cumbre de la Tierra, realizada en junio de 1992 en Río de Janeiro, firmada y ratificada por Venezuela en 1994 (Gaceta Oficial Ext. 4.825).

Su objetivo plantea “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.” Art. 2

La misma promueve la conservación y fomento de los sumideros y depósitos naturales de gases de efecto invernadero, incluyendo CO₂, así como la protección de la biomasa y los bosques, reconociendo el derecho soberano de los Estados a explotar sus propios recursos con la responsabilidad de no causar daño al ambiente.

Los principios de este acuerdo consisten en la adopción de políticas dirigidas a reducir las emisiones de estos gases y favorecer su remoción de la atmósfera mediante la protección de sumideros terrestres de carbono.

En la ciudad de Bali en Indonesia se celebró la 13ª Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ello con el objetivo de establecer las nuevas bases ó una nueva hoja de ruta del Protocolo de Kyoto para la renovación del mismo que finaliza en el año 2012. Por igual se ha desarrollado un mecanismo sobre reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques, siglas (REDD), debido que la deforestación y degradación contribuyen hasta en un 20% a las emisiones antropogénicas globales de gases de efecto invernadero.

Convenio Internacional de las Maderas Tropicales.

La Convención Internacional de las maderas tropicales establecida Ginebra, Suiza en 1994 y ratificada por Venezuela en 1997 (Gaceta Oficial No.5.187). Siendo sus objetivos principales servir de marco legal para regular el comercio de maderas tropicales entre naciones, de forma que se garantice el manejo sostenible de los recursos forestales producidos en cada país. Se define como maderas tropicales a “como aquellas para usos industriales de especies no coníferas que crecen o se producen en los países situados entre el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio”. Para este comercio ya se había creado en 1983 la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), que le da soporte jurídico a dicho Convenio.

I.6.3.- Leyes Orgánicas

Una de las leyes orgánicas recién decretadas tiene una fuerte relación con el tema de estudio.

Ley Orgánica de Bosques y Gestión Forestal (2008).

Esta ley en su Art.1, establece como objeto establecer los principios y normas para la conservación y uso sustentable de los bosques y demás componentes del patrimonio forestal, en beneficio de las generaciones actuales y futuras, atendiendo al interés social, ambiental y económico de la Nación.

Además se declaran de utilidad pública e interés social las acciones u obras que tengan como fin la conservación, protección, fomento, mejoramiento, recuperación, restauración y uso sustentable del patrimonio forestal del país, Esta ley deroga las disposiciones relativas a los bosques contenida en la Ley Forestal de Suelos y Aguas desde el art. 1° al art. 21, ambos inclusive; del art. 26 al art. 81, ambos inclusive; del art. 96 al art. 121, ambos inclusive; del art. 123 al art. 130, ambos inclusive.

La gestión de los bosques comprende el conjunto integrado de acciones y medidas necesarias para lograr la conservación y uso sustentable del patrimonio forestal del país, que de estos mencionamos: La realización y actualización del inventario forestal nacional; El ordenamiento territorial de los bosques del país, y la elaboración de los respectivos instrumentos legales, técnicos y administrativos; El manejo de los bosques, a los fines de su conservación, uso y aprovechamiento sustentable; La investigación, información y divulgación en materia forestal aplicadas al mejor conocimiento del patrimonio forestal y al desarrollo forestal sustentable.

Por igual esta ley plantea los instrumentos de gestión del bosque a resaltar: Plan Nacional Forestal, inventario forestal nacional, ordenamiento territorial, subsistema de información sobre bosques, planes de manejo forestal entre otros. En las disposiciones finales se modifica la denominación de la figura ABRAE, Áreas Boscosas Bajo Protección por Áreas de Vocación Forestal. Otras leyes con relación al tema tenemos:

Ley Orgánica del Ambiente (2006).

Reformada en el 2006 Gaceta Oficial N° 5.833 Ext. Fecha: 22/12/2006, Deroga la del 1976, establece en su Art. 1, que “Esta Ley tiene por objeto establecer las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del Estado y de la sociedad, para contribuir a la seguridad y al logro del máximo bienestar de la población y al sostenimiento del planeta, en interés de la humanidad.”

De igual forma, establece las normas que desarrollan las garantías y derechos constitucionales a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. Se declara de utilidad pública y de interés general la gestión del ambiente. Establece como objeto de medidas prioritarias de protección a:

Los ecosistemas frágiles, los de alta diversidad genética y ecológica y los que constituyan áreas de paisajes naturales de singular belleza o ecosistemas prístinos, poco intervenidos y lugares con presencia de especies endémicas y aquéllos que constituyen hábitat y tierras de pueblos indígenas susceptibles de ser afectados en su integridad cultural, Las poblaciones animales y vegetales de importancia económica que se encuentren sometidas a presiones de caza, pesca o colecta excesivas, o sobre-explotación para fines comerciales, o a procesos de pérdida y fraccionamiento de su hábitat, Las áreas naturales que tengan un interés especial para su conservación, Cualesquiera otros ecosistemas, recursos y espacios que ameriten protección. Un aspecto a resaltar es que promueve la realización de investigaciones dentro de estos el incremento de la cobertura vegetal a través de la reforestación.

Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (vigente, 1983).

Esta Ley de Gaceta Oficial N° 3.238 Ext., tiene por objeto establecer las disposiciones que regirán el proceso de ordenación del territorio en concordancia con la estrategia de Desarrollo Económico y Social a largo plazo de la Nación. Además define la ordenación del territorio como: de regulación y promoción de la localización de los asentamientos humanos, de las actividades económicas y sociales de la población, así como el desarrollo físico espacial, con el fin de lograr una armonía entre el mayor bienestar de la población, la optimización de la explotación y uso de los recursos naturales y la protección y valorización del medio ambiente, como objetivos fundamentales el desarrollo integral.

En su articulado se constituyen Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE). Para este estudio se seleccionaron aquellas que tienen fines de conservación (Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Reservas de Fauna Silvestre, Refugios de Fauna

Silvestre y Santuarios de Fauna Silvestre). Asimismo las que tienen fines de producción forestal: Reservas Forestales, Lotes boscosos y las Áreas Boscosas Bajo Protección).

Ley Orgánica de Aguas. (2007)

En la Gaceta Oficial N° 38.595 de 02/01/2007, esta ley tiene por objeto regular la gestión integral de las aguas como elemento indispensable para el desarrollo sustentable del país. En cuanto a las zonas protectoras de cuerpos de agua las mismas tendrán como objetivo fundamental proteger áreas sensibles de las cuales depende la permanencia y calidad del recurso y la flora y fauna silvestre asociada, así mismo. En el cap. II. Art. 16, establece las Regiones Hidrográficas de Venezuela.

Ley Forestal de Suelos y de Aguas (1965)

La nueva Ley de Aguas deroga los artículos 17, 22, 23, 24, 25, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95 y 122 de esta ley, que sigue vigente. El artículo 3, numeral 2, establece que se declara de interés público, "la conservación, fomento y utilización racional de los bosques y de los suelos...". El Título IV, de los Aprovechamientos Forestales, artículo 44, indica que "...sin embargo, el Ejecutivo Nacional podrá permitir el libre aprovechamiento en zonas baldías determinadas, de aquellos frutos de especies forestales cuya recolección no perjudique los árboles que los produzcan. Señalando, asimismo, la forma cómo será autorizada el aprovechamiento de tales frutos... "

Ley de Gestión para la Diversidad Biológica. (2008)

Establece como objetivo establecer las disposiciones para la gestión de la diversidad biológica en sus diversos componentes, comprendiendo los genomas naturales ó manipulados, material genético y sus derivados, especies, poblaciones, comunidades y los ecosistemas presentes en los

espacios continentales, insulares, lacustre y fluviales, mar territorial, áreas marítimas interiores y el suelo, subsuelo y espacios aéreos de los mismos, en garantía de la seguridad y soberanía de la Nación; para alcanzar el mayor bienestar colectivo, en el marco del desarrollo sustentable.

Capítulo. II.

ASPECTOS METODOLÓGICOS.

CAP. II. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este capítulo es donde se describen las fases de la investigación, los materiales e insumos y por último los métodos y técnicas que permitieron por medio de un proceso lógico y sistemático la recopilación, procesamiento y análisis de los datos necesarios para el desarrollo de esta investigación.

II.1.- FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación la misma se dividió en 3 fases, como son:

- Fase 1. Diseño Sistema de Información Geográfica, recopilación y documentación
- Fase 2. Procesamiento y análisis espacial.
- Fase 3. Elaboración de propuestas y conclusiones.

Para la representación gráfica de las fases de investigación se diseñó un diagrama modelo cartográfico simplificado (Figura No. II-1).

II.1.1.- Fase 1. Diseño SIG, recopilación y documentación.

En esta Fase se elaboraron los lineamientos básicos para la investigación, fue fundamental el uso de herramientas de la geomática, ello implicó un diseño que integra la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Asimismo, basado en los objetivos de la investigación se procedió a definir los requerimientos de información necesarios para cumplir con los mismos. Esto permitió establecer las principales variables e indicadores que fueron utilizados y las fuentes de información (Cuadro No. II-1).

Todo ello se realizó con el registro de documentos técnicos en donde se especificó de manera clara las fases, actividades y tareas que se ejecutaron. Así mismo en el diseño SIG se incluyó la definición de los procedimientos para el modelado ó análisis espacial, la definición de los productos generados, fue

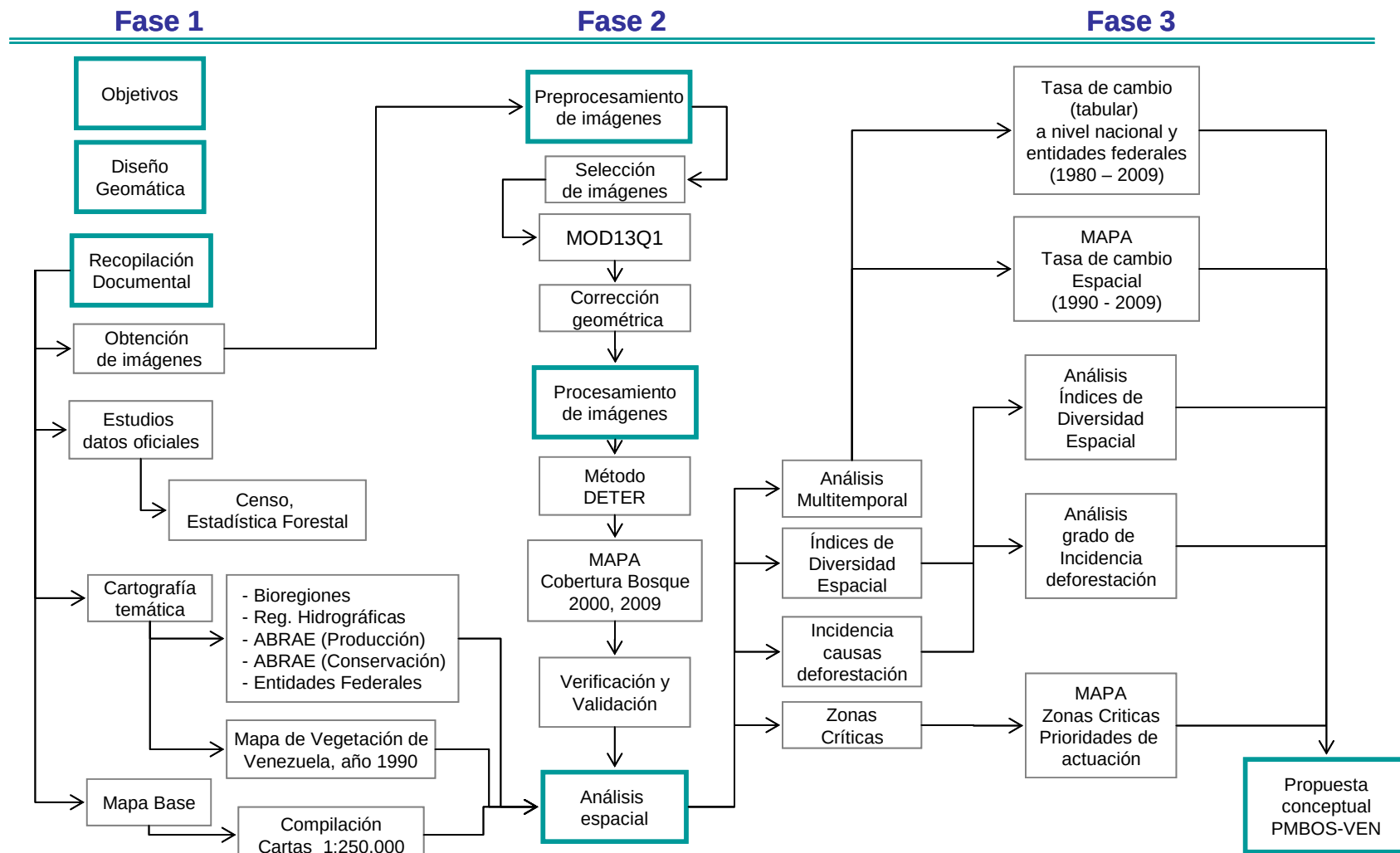
todo ello el insumo que permitió desarrollar el conjunto de propuestas y conclusiones.

Cuadro No. II-1. Resumen de variables e indicadores.

Objetivos	Variables	Indicadores	Fuente
1. Caracterizar la cobertura actual del bosque	Sup. bosque 2009	Porcentaje bosque 2009	Procesamiento digital de Imágenes de satélites MODIS 2000 - 2009, LANDSAT 2000 (CENAMB, 2000) SPOT 2009 (CPDI) RSTM (NASA)
	Indices de Vegetación. IV	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada. NDVI	
		Índice realzado de la Vegetación. IVE	
	Sup. Bioregiones	Sup. bosque por Bioregiones. km ²	
	Sup. Regiones hidrográficas	Sup. bosque por Reg. Hidrográficas. km ²	
	Topografía del Terreno	metros sobre el nivel del mar. msnm	
	Sup. Estados	Sup. bosque por Estados. km ²	
	ABRAE Parques Nacionales Mon. Naturales Reservas Forestales Áreas con Vocación Forestal	Sup. bosque por ABRAE. km ²	
2. Analizar la evolución en los últimos años del proceso de deforestación	Deforestación 1980- 990 (solo tabular)		Análisis espacial mapas temáticos de cobertura 1990 - 2000 - 2009 1980 (solo tabular) MINAMB
	Deforestación 1990-2000	Tasa de deforestación Anual. (%)	
	Deforestación 2000-2009	Superficie bosque deforestado total. km ²	
	Sup. Estados	Superficie bosque deforestado por estado. km ²	
3. Elaborar índices espaciales, para evaluar el estado actual de la cobertura boscosa en cuanto fragmentación y reducción	Sup. bosque 2009	Sup. bosque ANUAL (SBA). km ²	Análisis espacial (INPARQUES, DGPOA) Imágenes de satélites MODIS 2000 y 2009 (NASA)
		Sup. bosque / ABRAE (SBABC). km ²	
		Sup. bosque / ABRAE (SBABP). km ²	
	ABRAE	Tamaño del Fragmento Mayor (TFM). km ²	
		Tamaño Promedio (TP). km ²	
		Densidad de Fragmentos (DF). km ²	
		Longitud Total del Borde (LTB). km ²	
		Índice de Proximidad Media entre Fragmentos (IPMF). km ²	
4. Identificar Zonas Críticas de deforestación para toda el área de estudio y por estado	Var. relativa cob. bosque 2000/2009	Num. de polígonos de bosque	Imágenes de satélites MODIS 2000 - 2009 (NASA), Mapa de estados (IGVSB, MINAMB)
	Polígonos de bosque	Superficie del bosque km ²	
	Estados	Prioridades de actuación	
5. Proponer metodología para el monitoreo anual de la cobertura del bosque	Dinámica anual de la cobertura del bosque	Compilación de todos los indicadores y métodos utilizados	Pautas y criterios para la elaboración de Proyectos Método DETER. (INPE) MODIS FIRE RAPID (NASA)
	Focos de incendios forestales		

Fuente: Elaboración propia.

Figura No. II-1. ANÁLISIS ESPACIAL DEL RECURSO BOSQUE, MODELO CARTOGRÁFICO SIMPLIFICADO



Elaboración propia. 2010.

Por igual se realizó actividades de recopilación de la información documental de datos y la preparación de los mismos a continuación se describe las actividades, sin embargo los procedimientos más importantes, son explicados en detalle en el punto II.2 Materiales, de este capítulo:

- Obtención de estudios y datos oficiales publicados

Se realizó la revisión sobre los aspectos de: vegetación, cobertura del bosque y deforestación para el área de estudio. Se visitaron diversas instituciones públicas y las consultas por vía internet de sus web-sites y portales, sobre tópicos en cuanto a: anuarios e inventarios forestales, ABRAES, población, etc. Caso especial son los datos de vegetación de los Sistemas Ambientales Venezolanos (1982), que solo se obtuvo la información en formato de tablas de la cobertura boscosa a nivel de los estados, para el año 1980.

- Obtención de imágenes de satélites

La obtención de las imágenes de satélites el sensor MODIS (año 2000 y 2009), las imágenes Landsat (año 2000), fueron obtenidos algunas por vía internet, para estos dos sensores se utilizó el portal de la NASA, por medio del sistema File Protocol Transporte ó (FTP), por igual se obtuvo imágenes Landsat del CENAMB (año 2.000). Para el caso de las imágenes de mayor resolución SPOT, se utilizó la página LPAIS del Centro de Procesamiento de Imágenes (CPDI) Instituto Autónomo del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Es importante señalar que todos estos sensores son de acceso gratuito, posteriormente se efectuó la evaluación del material obtenido y así establecer la calidad de la información.

- Elaboración Mapa Base

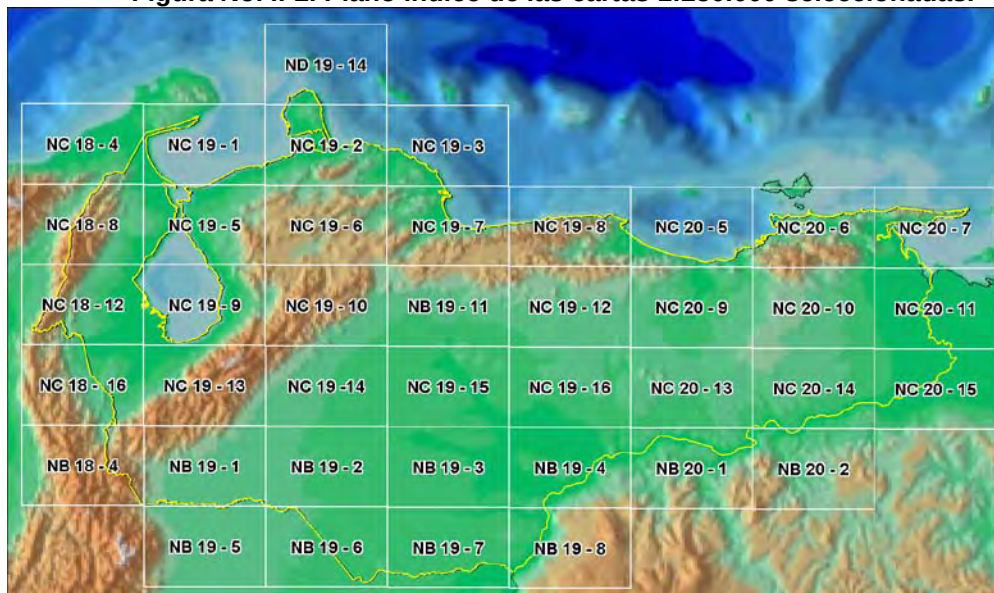
Para cubrir toda el área de estudio se obtienen 38 cartas oficiales topográficas a escala 1:250.000 actualizadas en formato papel adquiridas en el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), (Figura No.II-2),

se procedió al escaneo de las mismas en formato raster, posteriormente se realizó el proceso de georeferenciación con el sistema de referencia WGS84, posteriormente se seleccionaron los puntos de control que servirán para realizar el ajuste geométrico final de las cartas, para ello se seleccionaron puntos distribuidos homogéneamente y que los mismos sean elementos cartográficos visibles, incluye: cuerpos de agua (lagos, embalses, ríos), línea de costa, vialidad y accidentes geográficos relevantes. Esta compilación es el soporte básico para la elaboración del Mapa Base, que luego servirá de soporte cartográfico a los demás documentos cartográficos temáticos, imágenes de satélites.

- Adquisición y preparación de cartografía temática.

El mapa de vegetación de Venezuela del año 1990, obtenido en formato vectorial, luego se efectuó la evaluación del material y establecer así la calidad de la data. Otros mapas temáticos que fueron utilizados como unidades de análisis espacial son: Entidades federales (estados), ABRAE fines de conservación (INPARQUES, 2004), ABRAE fines de producción forestal (MINAMB, 2006), bioregiones y regiones hidrográficas.

Figura No. II-2. Plano índice de las cartas 1:250.000 seleccionadas.



Fuente: IGVSB.

II.1.2.- Fase 2. Procesamiento y análisis espacial

Esta Fase es la más compleja donde se aplicó el preprocesamiento de las imágenes, el procesamiento de datos y análisis espacial previamente establecido en la Fase 1. Esto involucra varias actividades que se detallan a continuación:

Preprocesamiento de las imágenes de satélites, incluye la selección y adquisición de las distintas imágenes a utilizar. En el caso del sensor MODIS se obtuvieron los índices de vegetación del producto MOD13Q1, que están en formato HDF, son de resolución espacial de 250 m, éstas son composiciones de 16 días continuos lo que permite reducir al mínimo la nubosidad de las zonas tropicales. Asimismo la integración de estas imágenes para obtener mosaicos de toda el área de estudio, por igual se les aplicó solo la corrección geométrica, ya estos productos vienen con corrección radiométrica y de reducción de la atmósfera, luego se realizó un análisis de la data en general para seleccionar las imágenes con mejor cobertura.

Procesamiento de datos, es referido por un lado al procesamiento propiamente dicho de las imágenes de satélites aplicando una cantidad de comandos con el uso de software especializados para tal fin (ERDAS, IDRISI, SPRING), se aplicó el Método de Detección de Áreas Deforestadas en Tiempo Real (DETER), esto implica la sobreposición de imágenes, transformaciones de los valores iniciales, clasificaciones, todo ello para obtener las coberturas de bosque de los años 2000 y 2009. Por igual la preparación de las bases de datos para generar cuadros resúmenes y su preparación para el análisis estadísticos. Como puntos finales se realizó la verificación de datos y la validación por medio de la matriz de confusión con los errores de comisión y omisión.

El análisis espacial fue diseñado de acuerdo a los objetivos de este estudio, los mismos se desarrollaron y aplicaron para obtener los resultados y mapas temáticos de la investigación, en este caso se realizaron los siguientes análisis:

- Análisis multitemporal espacial (1990-2009)
- Análisis índices de diversidad espacial (año 2009)
- Identificación y localización de Zonas Críticas.
- Estimar el grado de incidencia de causales de la deforestación.

Todos estos análisis son explicados en detalle en el punto II.3 Métodos y técnicas, de este capítulo.

II.1.3.- Fase 3. Elaboración de propuestas y conclusiones

En esta fase se desarrollo y formulo una propuesta para el diseño conceptual y los lineamientos generales para la implementación de un Proyecto de Monitoreo del Bosque para Venezuela, esto forma parte de uno de los objetivos de la investigación, así mismo, se preparo el documento final de esta investigación y los productos cartográficos temáticos, se desarrollo también las conclusiones y recomendaciones generales de la investigación.

II.2.- MATERIALES

II.2.1.- Información Base

De la revisión documental bibliográfica y cartográfica realizada se establecieron y adquirieron los siguientes insumos ó fuentes base para el desarrollo de la investigación (Cuadro No. II-2).

En cuanto a cartografía digital se compilaron 38 cartas oficiales a escala 1:250.000, del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB) en formato papel que cubren el área de estudio, de esta compilación se obtuvo el mapa base de la investigación. Se utilizó el mapa de vegetación

de Venezuela (MARNR, hoy MINAMB, 1993), escala 1:250.000, dicho mapa se levanto con imágenes Landsat TM entre los años (1988-1991), Bandas 2, 3 y 4, esta información se considera como referencia de la cobertura del bosque del año 1990, el mismo se utilizó como mapa base ó Mapa (T0) para estimar los cambios de la cobertura del bosque. La información de la cobertura del bosque para el año 1980 de Sistemas Ambientales Venezolanos, solo se obtuvo en formato tabular por región y estados, por lo tanto solo se analizará los totales y a nivel de entidades federales.

Cuadro No. II-2. Insumos ó material base.

Capas información espacial	Fuentes
Mapa de Vegetación de Venezuela. 1990. Datos tabulados de bosque, año 1980. SAV	MARNR
Cartografía básica a escala 1:250.000	IGVSB
Datos Censo 1991 – 2001	INE
ABRAE con fines de Recreacionales, Científicos y Educativos.	INPARQUES
ABRAE con fines de Producción	DGPOA, MARNR
Mapa de entidades federales de Venezuela	INE
Bioregiones de Venezuela. 2003.	MARNR
Plano referencial de regiones hidrográficas. 2000.	Ley de Aguas, MINAMB
RSTM. 2004. (resolución 90 m)	National Aeronautics and Space Administration NASA
Imágenes satélites sensor MODIS. MOD13Q1, Colección 5	National Aeronautics and Space Administration NASA
Imágenes satélites sensor SPOT 5.	CPDI
Imágenes satélites sensor Landsat 7 (varios años)	CENAMB, Nasa.

Para la caracterización de la cobertura del bosque se utilizó el mapa de Bioregiones elaborado por el MINAMB (Cuadro No. II-3) (Mapa No.3). Así como también el mapa de regiones hidrográficas, (Cuadro No. II-4) (Mapa No.4).

Cuadro No. II-3. Bioregiones localizados dentro del área de estudio

BIOREGIONES	Sup. km ²
LOS LLANOS	249.528,23
CORDILLERA DE LA COSTA	46.871,61
DELTAICA DEL ORINOCO	8.250,88
LOS ANDES	48.003,01
COSTERA CONTINENTAL	11.666,04
SISTEMA DE COLINAS LARA-FALCON	43.222,50
DEPRESIÓN DEL LAGO DE MARACAIBO	37.447,95
TOTALES	444.990,23

Fuente: Oficina de diversidad biológica. MARN (2001)

Cuadro No. II-4. Regiones hidrográficas localizadas dentro del área de estudio.

Nº	REGION HIDROGRÁFICA	CUENCAS
1	Lago de Maracaibo, Golfo de Venezuela	Catatumbo, Limón, Chama, Motatán, Apon, Palmar, Santa Ana, Pueblo Viejo, Charrapia, Escalante, Machango y Paraguachon.
2	Falconiana	Maticora, Hueque, Ricoa, Mitare y Capatarida.
3	Centro Occidental	Tocuyo, Aroa, Yaracuy y Litoral estado Carabobo.
4	Lago de Valencia	Aragua, Limón, Turmero, Maracay, Carabobo, Cabriales y Las Minas.
5	Central	Tuy, Guapo, Cupira, Capaya y Litoral Central (Miranda, Vargas y Aragua).
6	Centro Oriental	Unare, Zuata, Pao y Aragua.
7	Oriental	Neverí, Carinicuao, Manzanares, Amana, Guarapiche, San Juan, Litoral del Edo. Sucre.
8	Llanos Centrales	Guárico y Guariquito.
9	Llanos Centro Occidentales	Cojedes, Portuguesa, Guanare, Tiznados y Boconó.
10	Alto Apure	Uribante, Masparro, Sarare, Santo Domingo, Pagüev, Suripa y Apure.
11	Bajo Apure	Apure, Arauca, Capanaparo, Cinaruco, Cunaviche y Meta.
16	Delta	Morichal Largo y Urocoa.

Fuente: Ley de aguas. Elaboración propia.

Para la generación de la capa de regiones hidrográficas, se utilizó la información documental y plano referencial de las regiones hidrográficas obtenidas del MARN (MARN, 2006), para mejorar la definición de los límites de estas regiones se utilizó el RSTM de la Administración Nacional Aeronáutica y Espacial de los Estados Unidos en sus siglas en inglés NASA,

Mapa No 3. Bioregión de Venezuela

Mapa No 4. Regiones hidrográficas de Venezuela

de este se obtuvo la topografía del terreno con una resolución de 90 metros, datos que al aplicarle los comandos de SIG se genera el Modelo Digital del Terreno ó MDT del área de estudio, de esta capa se generó el mapa de regiones hidrográficas y el mapa de orografía.

Como parte de la cuantificación y caracterización de la cobertura del bosque se utilizó la división político territorial de país como son las entidades federal (estados). De este se seleccionaron 20 estados que se ubican en el área de estudio (Cuadro No II-5), (Mapa No. 5).

Cuadro No. II-5. Entidades federales localizadas dentro del área de estudio

ENTIDADES FEDERALES	Sup. km ²
DISTRITO CAPITAL	337.80
ANZOATEGUI	43,300.00
APURE	76,500.00
ARAGUA	7,025.00
BARINAS	35,200.00
CARABOBO	4,650.00
COJEDES	14,800.00
FALCON	24,800.00
GUARICO	64,986.00
LARA	20,525.20
MERIDA	11,300.00
MIRANDA	7,950.00
MONAGAS	28,900.00
PORTUGUESA	15,200.00
SUCRE	11,800.00
TACHIRA	11,100.00
TRUJILLO	7,400.00
YARACUY	7,100.00
ZULIA	63,100.00
VARGAS	1,175.00

Fuente: Censo de población y vivienda, año 2001, INE. 2003.

Mapa No 5. Entidades federales de Venezuela

De las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial ABRAE, se consideraron los de fines de Recreacionales, Científicos y Educativos, enmarcadas en la estricta conservación de los recursos, estos incluyen: Parques Nacionales y Monumentos Naturales. Estas figuras tienen como objetivos principales: proteger áreas representativas, sitios con notable singularidad biológica, importancia física y/o calidad escénica según lo establece el Decreto No. 276.

Otras figuras ABRAE consideradas son los de fines de producción forestal, estos incluyen: Reservas Forestales y Áreas de Vocación Forestal, estas figuras están orientadas al aprovechamiento del recurso forestal, evitando los usos incompatibles a los objetivos particulares de cada área (Cuadro No.II-6), (Mapa No. 6 y 7).

Cuadro No.II-6. ABRAE consideradas dentro del área de estudio

F I N E S	FIGURAS ABRAE
RECREACIONALES, CIENTÍFICOS Y EDUCATIVOS	PARQUES NACIONALES
	MONUMENTOS NATURALES
PRODUCTORES	RESERVAS FORESTALES
	ÁREAS DE VOCACIÓN FORESTAL

Fuente: Inparques, 2005 y DGPOA, MINAMB, 2007.

Mapa No 6. ABRAE de recreación, investigación de Venezuela

Mapa No 7. ABRAE de producción forestal de Venezuela

II.2.2.- El sensor MODIS

Mención especial de los materiales a utilizar en imágenes de satélites está el uso del sensor MODIS. En el año 1999 se concreta un proyecto de la NASA Earth Observing System (EOS) (Sistema de Observación Terrestre de la NASA), conjuntamente con Canadá y Japón, uno de sus sensores es el MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer), su función fundamental es la de incrementar el conocimiento de la dinámicas y procesos globales que ocurren sobre la superficie terrestre, los océanos y la atmósfera baja, este sensor está operativo desde principios del año 2000 hasta el presente, para mayor información sobre este sensor y sus productos se puede acceder a esta página (<http://modis.gsfc.nasa.gov>).

El sensor MODIS está estructurado por niveles ó categorías, que representan las fases de procesamiento y son clasificadas en función de los niveles de procesamiento (INPE, 2008), (Cuadro No. II-7). El Nivel 0 (L0) es un conjunto de archivos diarios de 36 bandas espectrales en longitudes de onda que van entre 21,8 nm hasta 14.385 μ m, de las cuales 27 bandas son de resolución 1000 m, siete bandas de 500 m y dos bandas de 250m (ver Anexo No. 1).

Cuadro No. II-7. Niveles de procesamiento del MODIS.

Nivel de procesamiento	Definición
0	Datos crudos reconstruidos en la resolución total, todas las informaciones de comunicación removidas.
1	Datos del Nivel 0 son referenciados por la hora y se le adicionan informaciones complementarias, incluido coeficientes de calibración geométrica y radiométrica e información de geolocalización.
2	Variables geofísicas derivadas en la misma resolución y localización en los datos del Nivel 1
3	Variables mapeadas en los cuadros de cubrimiento uniforme, normalmente completo y consistente.
4	Salidas de modelo ó resultados de análisis de los datos de niveles más bajos.

Fuente: INPE, (2006).

El nivel 3 (L3) contiene productos compuestos de imágenes de 8 días y de 16 días, estos productos compuestos son procesados para reducir y/o eliminar las distorsiones y anomalías generadas por los gases atmosféricos, vapor de agua, aerosoles, la geometría de captura de data y por la cobertura de nubes. Uno de estos productos son los Índices de Vegetación (IV), el mismo está conformado por dos índices, como son: el Índice Normalizado de la Diferencia de la Vegetación (NDVI) y el Índice Realzado de la Vegetación (EVI), con resolución de 250m, estos productos compuestos de 16 días son los utilizados en esta investigación, en el Cuadro No. II-8, se identifican las fechas de las imágenes MODIS utilizadas.

Cuadro No. II-8. Imágenes MODIS utilizadas.

Mes	Días	Num. archivos - Año
Enero	01 - 16	4 - 2000
Febrero	02 - 18	4 - 2009 4 - 2000
Abril	07 - 23	4 - 2000 4 - 2009
Mayo	09 - 25	4 - 2009 4 - 2000
Total imágenes		28

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro No. II-9. Imágenes Landsat y SPOT utilizadas.

Imágenes Landsat	Fechas	Imágenes SPOT	Fechas
004/053; 003/053	09/2001; 03/2001	659/329; 654/330	12/2008; 01/2008
005/054; 006/051	04/2000; 09/2000	660/329; 663/333	12/2008; 04/2009
006/053; 007/053	11/2000; 03/2000	656/330; 658/330	01/2008; 03/2008
008/052; 006/054	03/2001; 02/2000	657/331; 660/330	01/2009; 04/2009
006/055; 007/054	08/2000; 12/2000	665/330	01/05/2009
004/054	01/09/2000		

Fuente: Elaboración propia.

Para la validación de los resultados preliminares obtenidos por el sensor MODIS se procedió a utilizar imágenes de mayor resolución Landsat resolución 30 m y SPOT resolución 10 m, en el Cuadro No. II-9 se presentan las imágenes seleccionadas y fechas de captura, en total fueron 20 imágenes.

II.3.- MÉTODOS Y TÉCNICAS

En cuanto a herramientas informáticas en el área teledetección para el preprocesamiento de imágenes MODIS se aplicó una serie de software desarrollados en lenguaje java por la NASA, estas son: MODIS Reprojection Tool (MRTols) y MODIS Land Data Operation Product Evaluation (LDOPE), otros software utilizado incluye ERDAS, que sirvió para el procesamiento intermedio de las imágenes del MODIS, en la parte de SIG, se utilizó el software IDRISI, versión Andes, por igual se utilizó software Libre (SL) en SIG el SPRING.

Los métodos y técnicas que se aplicaron son:

- Índice de Vegetación NDVI y EVI
- Método de Detección de Áreas Deforestadas en Tiempo Real (DETER).
- Adquisición y preprocesamiento del sensor MODIS.
- Procesamiento de imágenes.
- Análisis espacial :
 - . Análisis multitemporal.
 - . Índices de diversidad espacial.
 - . Estimación grado de incidencia
 - . Zonas Críticas.

A continuación se detalla cada uno de las técnicas y métodos utilizados en la investigación:

II.3.1.- Índices vegetacionales NDVI y EVI

En el caso específico del seguimiento de la cobertura vegetal, las técnicas usadas con mayor frecuencia son los llamados índices de vegetación (IV). El sensor MODIS posee en sus productos dos de estos

índices como son el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, en sus siglas en ingles) y el Índice de Vegetación Mejorado (EVI, siglas en ingles). Estos índices sirven para estimar la superficie de la cobertura boscosa, es un instrumento adecuado para el monitoreo rápido de la tasa de cambio del bosque y por ende del fenómeno deforestación, estos índices se detallan en (Anexo No. 2).

II.3.2.- Método de Detección de Áreas Deforestadas en Tiempo Real (DETER)

Este método fue desarrollado por el INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, <http://www.inpe.br/>) de Brasil, desde mayo de 2004. Su objetivo “es supervisar, de una manera operacional la deforestación ocurrida cada quince días, a través de imágenes de los satélites MODIS/TERRA y/o WFI/CBERS-2 que poseen una resolución temporal alta. Busca atender la falta de informaciones predictivas, una vez que éste se desarrolló con base en el empleo de imágenes de sensor MODIS que presenta una alta resolución temporal, lo que permite así, hacer el monitoreo casi en tiempo real, las actividades antrópicas en el bosque. En otras palabras, para establecer un sistema de alarma de deforestación.”

Este proyecto está inserto en las actividades del Plan de Acción para la Prevención y Control de la Deforestación en la amazonia brasileña, de responsabilidad del Grupo Permanente de Trabajo Interministerial (GPTI), coordinado por la Casa Civil y compuesto por más trece ministerios, (INPE, 2006). El área de trabajo del Proyecto DETER es la Amazonia Legal (Amazonia Brasileña), que abarca los estados de Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondonia, Roraima, Tocantins y parte del estado de Maranhão, corresponde una área aprox. de 5 mill. km², de este total, el área con fisonomía forestal ocupa aprox. 4 mill. km².

II.3.3.- Adquisición y preprocesamiento del sensor MODIS

El área de cobertura global del sensor MODIS es de $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ divididos en “**tiles**”, cuadros ó cuadrículas (ver figura II-3) con proyección Sinusoidal. Estos cuadros están distribuidos dentro de un sistema cartesiano y se etiquetan de la esquina superior izquierda a derecha, se comienza con el identificador 00 donde 36 columnas están identificadas por la letra “h” y 18 filas estas definidas por la letra “v” Para Venezuela le corresponde cuatro “**tiles**” ó cuadros como son: h10v07, h10v08, h11v07 y h11v08, (ver figura No. II-4).

Previamente se realizó una evaluación de la calidad de la data, para ello se seleccionaron 12 imágenes, una por cada mes del año 2009 del área de estudio y se analizó sobre la variación espectral de los índices de vegetación y la calidad de los datos para todo el año, este análisis permitió seleccionar las imágenes que finalmente fueron procesadas para el objetivo de esta investigación.

Figura No. II-3. Cobertura del MODIS, la zona marcada son los “tile” para Venezuela

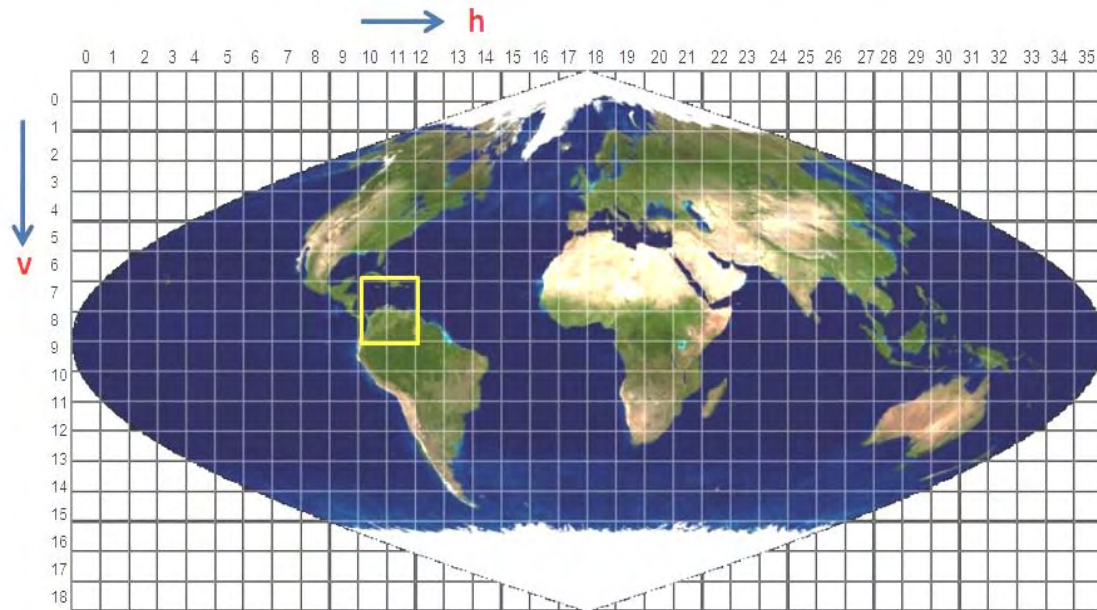
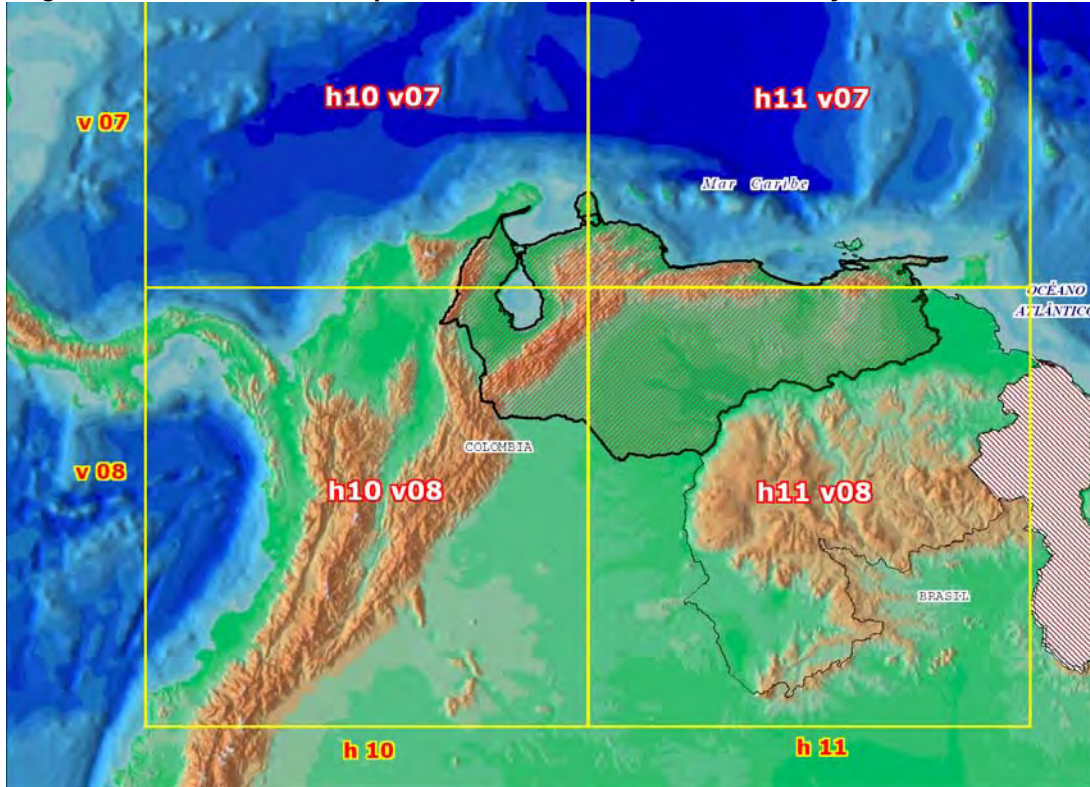


Figura No. II-4. Cobertura espacial de los “tiles” para Venezuela y el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Para cubrir el área se seleccionaron cuatro archivos, uno por cada “tile”. Se definió utilizar imágenes del periodo de verano (desde Enero hasta Mayo) por lo que se obtuvo en total para cada año a evaluar 28 imágenes. Cada imagen tiene 12 bandas, en total suman 336 bandas (2000 y 2009). Cada imagen está constituida por 12 bandas, que se identifican:

- 250 m 16 días NDVI
- 250 m 16 días EVI
- 250 m 16 días VI Quality detailed QA
- 250 m 16 días Red reflectance MODIS Band #1, 620-670 nm
- 250 m 16 días NIR reflectance MODIS Band #2, 841-876 nm
- 250 m 16 días Blue reflectance MODIS Band #3, 459-479 nm
- 250 m 16 días MIR reflectance MODIS Band #7, 2105-2155 nm
- 250 m 16 días Pixel reliability summary QA
- 250m 16 días View zenith angle
- 250m 16 días Sun zenith angle
- 250m 16 días Relative azimuth angle
- 250m 16 días Composite day of the year

Para la descarga de los archivos primeramente es necesario registrarse en la página Web de la Distributed Active Archive Center Alliance (DAAC) de la NASA (<http://edcdaac.usgs.gov/main.asp>). se puede utilizar la interfaz que facilitan la selección de las imágenes, en nuestro caso preferimos bajar las imágenes por medio del File Protocol Transporte (FTP).

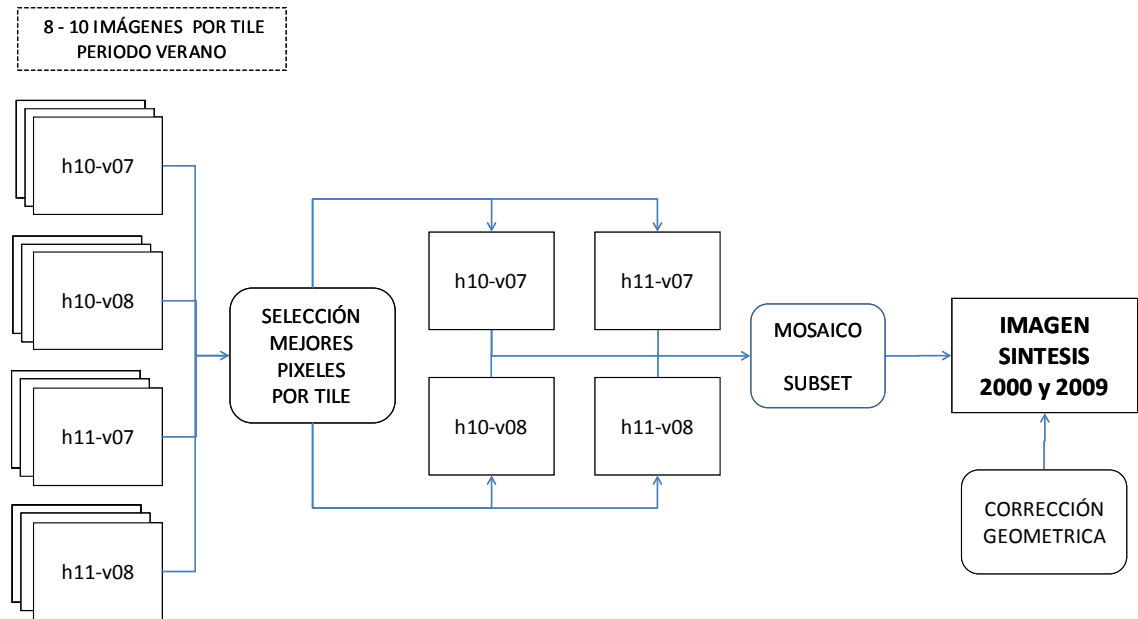
Dentro de las imágenes compuestas del MODIS para los Índices de vegetación, hay dos bandas que permiten evaluar los valores de los píxeles, como son: VI Quality detailed QA y Pixel reliability summary QA, ello le permite al usuario conocer para cada imagen el grado de confiabilidad y de validez de la data, para mas detalle puede complementarse con la página Web http://landweb.nascom.nasa.gov/cgi-bin/QA_WWW/newPage.cgi.

Para el preprocesamiento de las imágenes de satélites se procedió a obtener data de alta confiabilidad y calidad para los IV, se procedió a integrar todas las imágenes por medio de máscaras y la selección de áreas con la mejor calidad y confiabilidad de los datos de cada imagen (entre 8 y 10 por cada tile), este procedimiento se realizó para obtener una “imagen síntesis” para cada año analizado (2000 y 2009), este procedimiento se realizó con el SIG Idrisi, versión Andes, al final se transformó los archivos finales de formato Idrisi a formato HDF, es importante aclarar que es factible realizar dicho procesamiento con cualquier software de procesamiento de imágenes satelitales.

Se procede a generar los mosaicos que combinan cuatro imágenes a la vez por cada año a analizar. Para ello se utilizó el software del MODIS Land Data Operational Product Evaluation (LDOPE), para mayor detalle de este software ver (Anexo No. 3). Una vez generada la integración de las imágenes se procedió a la corrección geométrica de los archivos, los mismos están con una proyección SIN (Sinusoidal) (Figura No. II-5). Dada la

extensión del área de estudio se procedió a reproyectarlo a Cónica Secante con elipsoide WGS84, Datum Geodetic Reference System (GRS 1980), bajo el sistema de coordenadas geográficas. Esto se realizó a modo de adiestramiento con la herramienta MODIS Reprojection Tool (MRT), este software permite reproyectar los datos SIN (Sinusoidal). Para ello es necesario utilizar un nuevo script que permita generar cada uno de los archivos para el formato GeoTiff, con el fin de utilizarlos posteriormente con otros software de teledetección y SIG.

Figura No. II-5. Diagrama de la secuencia para la obtención de la imagen síntesis años 2000 y 2009.



Fuente: Elaboración propia.

Para afinar el ajuste geométrico se realizó para cada imagen (8 en total) un conjunto de puntos de control (GCP), luego con una transformación polinomial de segundo orden con un error medio cuadrático EMC menor a un píxel (0,80%) y posteriormente la aplicación de un remuestreo basado en interpolación cúbica.

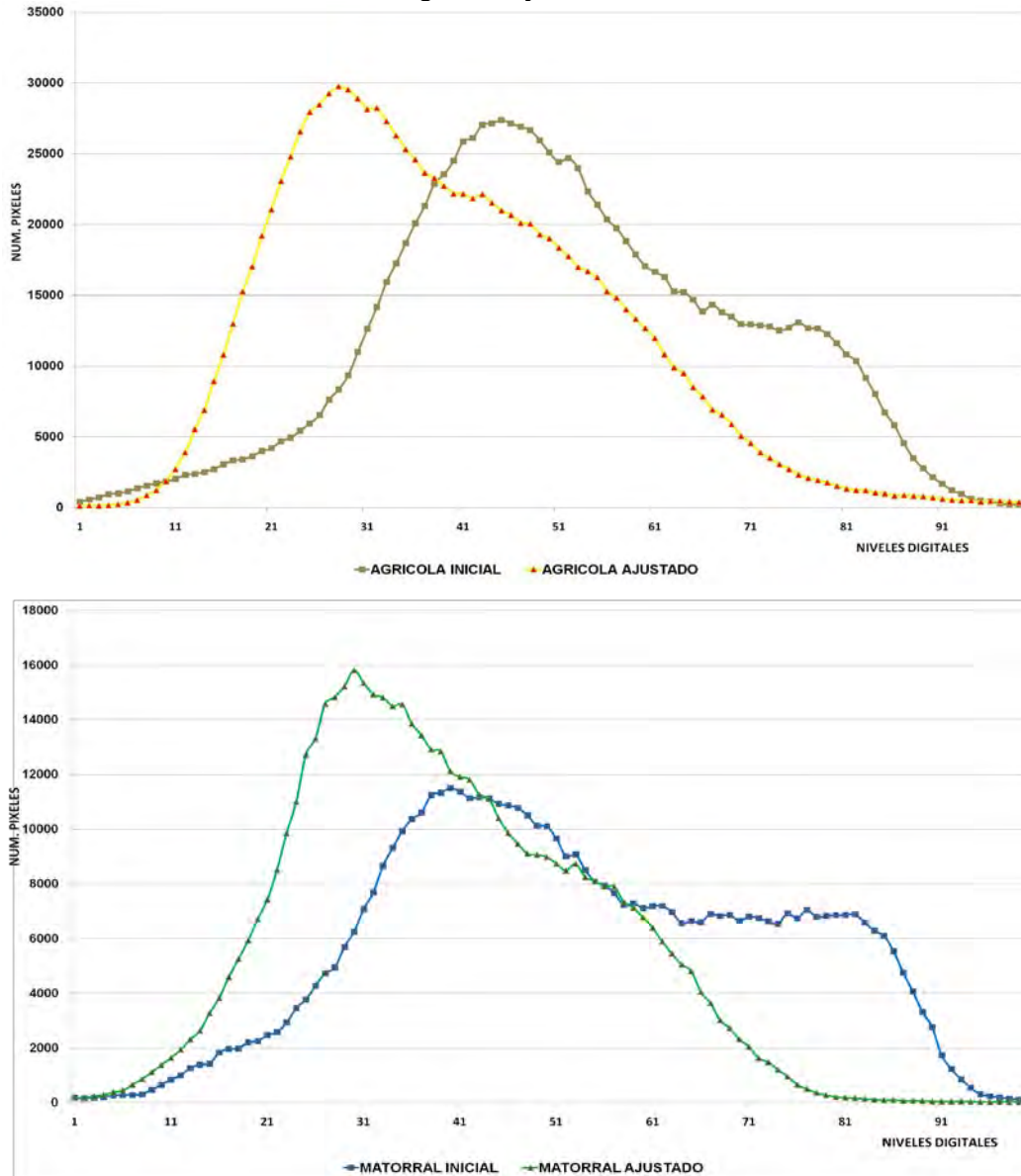
La corrección radiométrica es un procedimiento que trata de reducir los valores extremos por medio de un método lineal, en ese sentido se aplicó un filtro de media a cada una de las imágenes síntesis, es de hacer notar que los Niveles Digitales (ND) de las imágenes están en formato de 16 Bits, y es necesario transformarlos al formato de 8 Bits. (<http://modis.gsfc.nasa.gov>).

II.3.4.- Procesamiento de imágenes

Se aplicó la metodología del proyecto DETER del INPE de Brasil, mencionado en el punto anterior. Primeramente se obtuvieron las imágenes MODIS producto MOD-13 para Venezuela principalmente del mes de mayo, a estas imágenes se le aplicó el preprocesamiento tanto para los mapas de índice de vegetación como a las de calidad de la data. Luego para conseguir la referencia de las áreas No Bosque de los periodos anteriores, paralelamente se procesó el mapa de vegetación de Venezuela del año 90 que para esta investigación es nuestro Mapa 0 y se obtuvo la capa-máscara que constituyen las áreas no bosque, esto incluye sabanas, matorral, áreas agrícolas, áreas urbanas y se le adicionó el elemento cuerpo de agua.

En ese sentido se procedió a realzar el contraste entre los Niveles Digitales (ND) de las áreas agrícolas y de matorral encontrados con las áreas remanentes de bosque. Esto es debido ya que en algunas zonas (principalmente en el occidente del país) se confundían, esto es producto que el índice NDVI es muy sensible a la humedad del suelo y puede asignar áreas agrícolas como áreas de bosque, lo que puede generar en la validación de los datos un mayor error de comisión.

Gráfico No. II-1. Perfil de los valores ND del matorral y agrícola inicial y el matorral y agrícola ajustado.



Este ajuste selectivo de áreas se realizó con el uso del índice EVI que tiene una menor sensibilidad al factor suelo, así a los valores ND iniciales de las áreas agrícolas y de matorral se le aplica un nuevo valor ND ajustado, (Gráfico No. II-1). Para la imagen del año 2009, utilizando la capa-mascara que generó el mapa temático del año 2000 con las áreas de No Bosque, por igual se aplicó una revisión para verificar la existencia o no

remanentes o nuevas áreas de bosques, solo se identificaron nuevas áreas en la zona de Uverito (Plantaciones forestales) luego de esta corrección se procedió a eliminar las áreas No Bosque.

Posteriormente se aplicó el Modelo Lineal de Mezcla Espectral (MLME) sobre las imágenes MODIS del año 2000, para generar las imágenes-fracción, (vegetación, suelo y sombra). Para ello se utilizó el software libre de SIG Spring, que tiene un módulo específico sobre Mezclas Espectrales, para conocer con mayor detalle el uso de este módulo ver (Anexo No. 2).

Asimismo se aplicó un método interactivo que permitió comparar visualmente la sobreposición de los planos a la segmentación y las imágenes originales en composición RGB. Para esta segmentación se establecieron los ND del NDVI tanto para el año 2000 y 2009, (Cuadro No. II-10).

Cuadro No. II-10. Valores Digitales del NDVI para clasificar Bosque y No Bosque

Imagen año	Valor ND min Bosque	Valor ND max. No Bosque	Observaciones
2000	> 0.55	0.55 <	El año tuvo datos promedios de precipitación
2009	> 0.57	0.57 <	Meses anteriores a la imagen muy húmedo, afectó la sensibilidad del sensor

Fuente: Elaboración propia.

Para la verificación de los datos obtenidos se utilizaron datos de referencia que permitieron realizar los ajustes necesarios para confirmar la fiabilidad de los resultados. Como datos de referencia ó “verdad-terreno” (Anaya, 2009), donde se utilizan imágenes de mayor resolución espacial del mismo año para validar los datos obtenidos, esto debido a la dificultad de realizar un extenso trabajo de campo, principalmente para la verificación de la imagen del año 2009.

Para la validación de la imagen MODIS del año 2000 se utilizó la información del mapa de cobertura y uso del proyecto de ZEDES y del Plan para el Desarrollo Sostenible de la Región Orinoco–Apure ambos elaborados por el Centro de Estudios Integrales del Ambiente (CENAMB, 2000), (CENAMB, 2003) las imágenes utilizadas fueron Landsat (2000, 2001), así mismo se pudo obtener otras imágenes Landsat del año 2000, toda la información permitió cubrir una superficie de 180.000 km², lo que representa el 40% del área de estudio.

Para la verificación de la imagen MODIS del año 2009 se utilizó la comparación con imágenes SPOT 5 multiespectral 10 m desde el año 2008 y mediados del 2009, se procesaron en total 9 imágenes en función de la disponibilidad sobre estas imágenes SPOT se interpretaron y clasificaron un conjunto de polígonos en forma dicotómica: Bosque, No Bosque, por otro lado se revisó cartografía de cobertura, estudios y tesis de grado, la información examinada cubre una superficie de 26.000 km², lo que representa el 5,8% del área. También se pudo realizar un trabajo de campo para verificación, no extenso, sino puntual para la bioregión de la Cordillera de la Costa y sur de Anzoátegui y la región Lara-Falcón.

Para la selección de los puntos de verificación y dado que se realizó sobre imágenes ya clasificadas la muestra fue de tipo aleatorio estratificado, y un tamaño de la muestra para la imagen clasificada del año 2000 y 2009 de 247 puntos de verificación para cada imagen, sin embargo, según Congalton, citado por Chuvieco (2006) es recomendable un mínimo de 50 píxeles por clase ó categoría, es por esto que se decidió aplicar un mínimo de 70 muestras por cada clase temática.

La validación de las imágenes se efectuó utilizando el método de matriz de confusión. Es una tabla cruzada ó de doble entrada, donde las

columnas son los datos de referencia y las filas son los datos clasificados de la imagen, en cada celda de esta tabla se indica el número de píxeles asignados a una clase respecto a los que se considera como verdad-terreno (Anaya, 2009). La matriz de confusión ya desde los años 80 es utilizada de manera común para la validación de mapas temáticos (Aronoff, 1982), citado por Anaya (2009). A partir de esta comparación se determinó la exactitud global de los datos obtenidos, por medio de los errores de omisión y los errores de comisión, los mismos se establecen como:

- Error de omisión.
Áreas Bosques no detectadas ó clasificadas No Bosque
- Error de comisión
Áreas No Bosques, cuerpos de agua clasificadas como Bosque

Para la selección de los punto de validación los mismos deben ser independientes de los lugares de entrenamiento, pueden ser obtenidos en reconocimiento preliminar o luego de hacer la clasificación y cotejados en el campo ó con sensores remotos de mayor resolución. Como regla general la matriz se construye donde las columnas presentan lo observado en los lugares de referencia y las filas presentan lo clasificado en los lugares de referencia.

Para esto se aplico el comando ERRMAT del SIG Idrisi, este módulo genera la matriz de errores de los datos, así como tabula los errores de omisión e inclusión, errores marginales y totales e intervalos de confianza seleccionada, complementa esto con la generación del Índice de Acuerdo Kappa por Categoría. (Clark University, 2003).

De los resultados obtenidos de la matriz de confusión ó de errores, (Cuadro No. II-11), tenemos que al evaluar la imagen del año 2009, los datos generales establecen un error de omisión de 0,2340, porcentual es 0,23%, y el error de comisión de 0,1743, porcentual es 17,43%. En la revisión de documental y para efectos del análisis espacial los resultados obtenidos son

aceptables, la exactitud de la clasificación global por medio del índice Kappa fue de 0,7090, esto se califica como de buena concordancia.

Cuadro No. II-11. Matriz de errores de Omisión y Comisión general, año 2009.

Datos Clasificados	Datos de Referencia			Error Comisión	Tasa Comisión
	BOSQUE	NO BOSQUE	Total		
BOSQUE	180	38	218	0,1743	17,43
NO BOSQUE	55	540	595		
Total	235	578	813		
Error Omisión	0,2340	0,0657			
T. Omision	23,40	6,57			

Índice de Kappa (KIA): 0,7090

Datos clasificados	
Categoría	KIA
Bosque	0,7488
No Bosque	0,6732

Para saber con más detalle los resultados se elaboró una matriz con un desglose de categorías de los datos (No Bosque) de referencia. Al analizar los datos tenemos que la categoría Matorral presenta el mayor valor de error de comisión con 0,12, siendo el 11,93%, esto se explica debido a la dificultad en separar los altos valores de ND que en algunas zonas del país genera la cobertura Matorral y puede confundirse con facilidad con el bosque, en el caso del valor de la categoría Agrícola de 0,06, y valor porcentual de 5,50%, es bajo debido al uso de la capa-mascara del año 1990 y al ajuste visual final realizado, considerando fundamental estos dos procedimientos. De los valores de la categoría agua (Cuerpos de agua), se esperaba un error muy bajo ó nulo ya que había una visible separación de los ND de esta categoría con respecto al Bosque (Cuadro No. II-12).

Con respecto al error de omisión, 0,2340, estos es 23,4%, presumimos que la resolución del sensor y la aplicación de un filtro medio, influyeron en la obtención de los valores, no obstante, para efectos de esta investigación es un valor muy aceptable. Sin embargo, consideramos conveniente para futuras investigaciones el poder contar con un banco de datos de firmas espectrales, para mejorar el análisis de los errores.

En un primer análisis se plantea la posibilidad de la combinación de índices de NDVI y EVI, para tener una mejor clasificación y reducir las confusiones de clases. Por igual es posible que deba establecerse umbrales de NDVI y EVI para el bosque por cada bioregión. Asimismo para efectos de la instalación de un sistema de monitoreo y alertas de deforestación, valores de omisión y comisión entre 20 y 30% se consideran aceptables. (Mas. J, 2008), (González. I, 2008).

Cuadro No. II-12. Matriz de errores de Omisión y Comisión detallado, año 2009.

Datos Clasificados	Datos de Referencia				Total	Agrícola		Matorral	
	BOSQUE	AGRICOLA	MATORRAL	AGUA		Error Comisión	T. Comisión	Error Comisión	T. Comisión
BOSQUE	180	12	26	0	218	0.06	5.50	0.12	11.93
NO BOSQUE	55	256	132	152	595				
Total	235	268	158	152	813				
Error Omisión	0.2340	0.0448	0.0165	0.0000					
T. Omision	23.40	4.48	16.46	0.00					

Fuente: Cálculos propios.2010.

Como punto final al respecto podemos afirmar que son varios los factores que afectan los resultados obtenidos:

- La resolución del sensor no permite la captura de áreas menores de 6,25 ha.
- El índice NDVI es muy sensible a los efectos de la humedad del suelo.

- En periodos muy húmedos los resultados se ven afectados dado que aumenta la confusión entre las categorías (error de comisión).
- La frecuencia del periodo de monitoreo incide en la medida que la misma sea mayor para el análisis multitemporal.

II.3.5.- Análisis espacial

Es esta sección se describen tres procesos dentro del análisis espacial, entre ellos está el índice de la tasa de cambio por medio del análisis multitemporal por medio de la superposición de capas temáticas que permitirán generar cuadros síntesis de la evolución del proceso de deforestación en el periodo analizado y por igual la aplicación y análisis de los índices de diversidad espacial que complementan la información sobre la forma, el grado de afectación y posibles tendencias del proceso de fragmentación y reducción de la cobertura del bosque, por último se realizó una estimación para medir del grado de incidencia de los causales de la deforestación.

II.3.5.1.- Análisis multitemporal

Este tipo de procesamiento consiste en la aplicación de un conjunto de herramientas para la estimación y monitoreo de los cambios generados a partir de un conjunto de capas ó layer de distintas épocas ó serie temporal de un mismo espacio geográfico. Se aplican por lo general para evaluar las variaciones en el uso ó de cobertura de la superficie terrestre, pero también pueden ser útiles para analizar otros fenómenos dinámicos (climáticos, monitoreo de especies, seguridad (Chuvieco, 2006). En la mayoría de los casos se utilizan imágenes de satélites, pero pueden utilizarse por igual fotografías aéreas, ortofotomapas, capas vectoriales, siempre y cuando haya un adecuado solape espacial (Riedel, 1997) y (Pozzobon, 2002)

Para estimar los cambios espaciales de la cobertura boscosa, se utilizó como mapa base (T0) el mapa de vegetación de Venezuela del año 1990 (MARNR, 1993), escala 1:250.000, dicho mapa se levantó con imágenes Landsat TM entre los años (1988-1991), Bandas 2, 3 y 4 aplicando la interpretación visual. Como segundo mapa (T1) el mismo se elaboró a partir de la interpretación de imágenes MODIS del año 2000 y un tercer mapa (T2) basado en las imágenes MODIS, año 2009, esto permitió generar la serie de tiempo de la cobertura del bosque y la evolución de las tasas de cambio. Según Chuvieco (2006) se pueden establecer dos grupos de técnicas, de acuerdo al tipo de imágenes utilizadas (continuas ó categorizadas). Así dentro del análisis de cambio para las imágenes contiguas existe un conjunto de técnicas y procedimientos, entre ellos están:

- Análisis visual del color
- Diferencias de ND
- Cocientes multitemporales
- Análisis del Componente Principal ACP
- Análisis de Regresión.
- Vector multitemporal.

En el caso de mapas ya categorizados, que es el caso de este estudio, existen dos grupos de técnicas:

- Comparación de imágenes previamente clasificadas.
- Clasificación conjunta de ambas imágenes.

El segundo caso es el que corresponde a este estudio, ya que los tres mapas se clasificaron bajo un mismo criterio y leyenda. Así tenemos que una vez generada la información de cobertura del bosque en las tres capas T0, T1 y T2, se realizó la tabulación (matriz de doble entrada) con las capas (T0-T1) con categorías simples: Bosque, No Bosque, nubes y cuerpos de agua, posteriormente se generó una segunda matriz de doble entrada (T1-T2), y se establecieron los valores absolutos y porcentuales de los cambios que forman los resultados totales del área de estudio para un período de 19 años.

Al final en los cuadros presentados se muestran los totales de las superficies de la categoría Bosque. Sin embargo se pretende generar una nueva tabla donde el análisis de la tasa de cambio será por entidad federal, este cuadro será analizado en el capítulo IV. Una de las fórmulas que se aplicaron permitió calcular la pérdida anual de cobertura boscosa, es un indicador de la magnitud del proceso de deforestación anual que permite que los resultados de distintos estudios sean comparables. El algoritmo de cálculo de esta tasa se presenta a continuación:

$$Pa = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{1/t} - 1$$

Donde:

- Pa Pérdida Anual en superficie
- S1: Superficie cobertura boscosa, (1990)
- S2: Superficie cobertura boscosa, (2009)
- T1: Periodo de tiempo analizado

Fuente: (Catalán, 1993).

II.3.5.2.- Índices de diversidad espacial de la cobertura bosque

Se estableció una batería de índices de diversidad espacial, estas medidas aplicadas en un periodo de varios años, permiten cuantificar y llevar un monitoreo sistemático de la evolución y caracterización de la cobertura del bosque, en cuanto al proceso de pérdidas y ganancias (Cayuela, 2006), así como identificar el grado de fragmentación considerando la modificación de la estructura natural del paisaje que generalmente implica la pérdida de continuidad espacial de los ambientes y de perturbación del bosque (UMSEF, 2007) entre estos índices tenemos los siguientes:

- Superficie Bosque Anual (SBA)
- Superficie Bosque ABRAE Conservación (SBABC) ⁽¹⁾
- Superficie Bosque ABRAE Producción (SBABP) ⁽¹⁾
- Num. de Polígonos ó Fragmentos (NPF)

- Tamaño del Fragmento Mayor (TFM)
- Tamaño Promedio (TP)
- Densidad de Fragmentos (DF)
- Longitud Total del Borde (LTB)
- Índice de Proximidad Media entre Fragmentos (IPMF)

(1) Índice diseñado para este estudio.

A continuación se describen cada uno de los índices aplicados:

- Superficie Bosque Anual (SBA): Es la superficie de la cobertura boscosa en km^2 , para un año, que puede ser a nivel nacional, estatal, municipal ó cuenca.
- Superficie Bosque ABRAE Conservación (SBABC): Es la superficie de la cobertura boscosa en km^2 y porcentual para un año, que esté dentro de una tipo de figura ABRAE de Conservación (Parques Nacionales, Monumentos Naturales).
- Superficie Bosque ABRAE Producción (SBABP): Es la superficie de la cobertura boscosa en km^2 y porcentual para un año, que esté dentro de un tipo de figura ABRAE de Producción, (Reserva Forestal, Lotes Boscosos, etc).
- Tamaño del Fragmento Mayor (TFM): Indica el tamaño del fragmento ó polígono de bosque de mayor superficie localizado en un área, dato expresado en porcentaje con respecto a la superficie total de cobertura.
- Tamaño Promedio (TP): Indica el tamaño promedio de los fragmentos ó polígonos de bosque en un área, dato expresado en kilómetros.
- Número de fragmentos ó polígonos (NFP): Es la cantidad de fragmentos ó polígonos de bosque que posee el área de estudio ó unidad espacial analizada (nacional, estatal, municipal).
- Densidad de Fragmentos (DF): Esta referido a la longitud total del borde del fragmento por unidad de área, dentro del paisaje (Mc Garigal y Marks, 1998), el cual es expresado en km de borde por superficie.
- Longitud Total del Borde (LTB): Es la sumatoria de la longitud de borde de todos los fragmentos ó polígonos de bosque, índice medido en kilómetros.
- Índice de Proximidad Media entre Fragmentos (IPMF): Es el promedio de la cercanía ó proximidad media entre los borde de todos los fragmentos ó polígonos de bosque más cercanos, esta medida señala que a menor

proximidad media, mayor es el grado de fragmentación.

Para la obtención de estos índices fue necesario realizar previamente una serie de procesamiento para generar una base de datos de la cobertura del bosque del año 1990, 2000 y 2009. Así mismo para la obtención de los polígonos de bosque se tomó el criterio que la contigüidad del polígono es igual en dirección diagonal para ello se utilizó el comando de Idrisi Group, luego se generaron una serie de valores intrínsecos de la morfometría de cada polígono obtenido. Como punto final los resultados de dichas tablas serán analizados en el Capítulo IV y se presenta el Mapa No. 16. Evolución del proceso de deforestación del bosque (periodo 1990-2009).

II.3.5.3.- Estimación del grado de incidencia

Se requiere medir el grado de incidencia directa de cada uno de los causales del proceso de deforestación en el área de estudio. En el planteamiento de la investigación se señalan como las principales causas: la expansión de las fronteras agrícolas y pecuarias, la expansión urbana, la tala ilegal en los bosques naturales, los asentamientos permanentes en área boscosas designadas para el aprovechamiento de maderas, la planificación deficiente de la minería y los incendios forestales (MARNR, 2000a).

Para ello se realizó un ensayo para establecer una relación espacial directa entre las áreas deforestadas con las causales de este proceso, entre ellas están: la expansión urbana y agropecuaria. Otro método aplicado fue a través de información estadística y anuarios, la cuantificación de la extensión del causal por el periodo analizado y así obtener un porcentaje, ello fue aplicado para incendios forestales, tala legal y la minería. Para mayor detalle se describe el método aplicado para cada causal.

Para estimar la incidencia de la expansión urbana sobre la deforestación total, se consideró los centros poblados mayores de 2500

habitantes y las grandes infraestructuras territoriales, como son: troncales viales principales del país e importantes tendidos eléctricos y poliductos. Para los centros poblados se estimó un área de influencia en función de su población para los años 1990 y 2000 a centros de más de 2500 habitantes. En el caso de la infraestructura territorial que presenta por lo general forma de tipo lineal se aplicó un área de influencia de 500 m a ambos lados. A estas áreas se le sobreponen la superficie deforestada de los períodos analizados, y se calculan las superficies que intersecta cada área de influencia, luego se obtiene el porcentaje de incidencia directa con respecto al total de la superficie deforestada.

La tala legal ó con permiso que se registra se efectúa fuera de las Reservas Forestales y ABBP y se obtuvo por medio de los anuarios forestales, solo se contó con 5 años de registros, por lo que se realizó una extrapolación de los datos para el periodo (1990-2009).

En cuanto la incidencia de los incendios forestales, la misma se basó en estadísticas del MINAMB que van desde el año 1.970 hasta el 2.007, se cuantificó la superficie forestal afectada del periodo (1990 - 2007) se estimó que en el área de estudio para 10 años, se afectan unos 600 km² de bosque, así se obtuvo el porcentaje de incidencia con respecto al total de la superficie deforestada total.

La minería en el área de estudio en términos generales es una actividad de poca extensión, si lo comparamos con respecto a la superficie del área de estudio (aprox. 950 km²), es por ello que solo se identificaron grandes proyectos, inventariados en anuarios de minas (Ministerio de Energía y Minas, 1981 y 2001). como son: zonas de explotación petrolíferas del estado Zulia, zonas de carbón de Guasare y Lobatera, explotaciones de caliza en Pertigalete, edo. Anzoátegui y en Guárico. Para la estimación de la

incidencia de la expansión agropecuaria y tala ilegal, en principio se decidió agruparlas debido a que las referencias documentales indican que su relación es directa.

Para abordar su estimación se realizó una revisión visual de las imágenes de satélites utilizadas para el estudio, principalmente de los años 2000 (Landsat) e imágenes de SPOT (año 2009), esto intercalando las superficies deforestadas de los años 1990 y 2000, sin embargo, esto se realizó solo en aquellas zonas donde se tenían imágenes y no cubre toda el área de estudio, por lo que se optó por cuantificarlo por descarte, es decir, se realizó primero los cálculos y estimaciones para las demás causas, y posteriormente se le asignó la diferencia porcentual.

II.3.6.- Zonas Críticas

Las Zonas Críticas son aquellas áreas donde la cobertura del bosque exhibe la intensidad en cuanto a la pérdida de bosque y el tipo de proceso que es afectado. Esto se realizó con la ayuda de los resultados obtenidos de las tablas de tasas de cambio y de los índices de diversidad espacial, posteriormente se aplicó dichas Zonas Críticas en función los polígonos de bosques. Estas zonas se generaron solo para el período los 2000-2009, ya que servirán de insumo en el desarrollo de las recomendaciones de este estudio.

Se establecieron los rangos en función del porcentaje de la pérdida de la cobertura del bosque y grado de fragmentación. Para definir las zonas críticas en cuanto a la cobertura de bosque en el área se aplicó un método de clasificación de los polígonos ó parches de bosque en función de las medidas de diversidad espacial explicadas en el punto anterior se utilizan tres variables como son: tamaño del polígono, tasa de cambio y fragmentación, (Cuadro No. II-13).

Cuadro No. II-13. Definición de los posibles escenarios para el bosque.

ESCENARIO	Ganancia / pérdida	TASA DE CAMBIO	FRAGMENTACIÓN
Aumento de superficie	Ganancia en tamaño	Con cambio positivo	Sin Fragmentación
Estable	Sin cambio	Sin cambio	Sin cambio
Reducción superficie	Pérdida Superficie	Pérdida de tamaño 0 -25%	Sin fragmentación
Reducción sup. y fragmentación	Pérdida Superficie	Pérdida de tamaño 25 – 50 %	Num. de fragmentos generados
Eliminado	Reducción total	Cambio Total	Polígono descartado

Fuente: Elaboración propia.

Esto permitió establecer el grado de amenaza y el nivel de prioridad. Con base a los resultados obtenidos del estudio se identificaron cinco escenarios posibles para cada polígono de bosque.

En el siguiente cuadro se establecen los criterios y un total de seis categorías de Zonas Críticas, (Cuadro No.II-14). Para efectos de la asignación al polígono del bosque de la Condición de Zona Crítica, si en dado caso, el polígono sea menor de 500 ha y su Fragmentación es +3, y su Tasa de Cambio es del más del 50%, se le asigna la condición de mayor gravedad.

Cuadro No. II-14. Clasificación por rangos de las Zonas Críticas.

Código	Condición	Ganancia / Pérdida	Tasa de cambio	Fragmentación
6	Z.C. Muy Alta	Polígono eliminado	Polígono eliminado	Polígono eliminado
5	Z.C. Muy Alta	Pérdida + 1.000 ha	> del 50%	> 10 parches
4	Z.C. Alta	Pérdida 500 – 1.000 ha	25% - 50%	3 – 10 parches
3	Z.C. Media	Pérdida 1 – 500 ha	0% – 25%	+ 3
2	Z.C. Baja	Sin cambio	Sin cambio	ninguna
1	No es Z.C.	Ganancia ó nuevo polígono	positiva	ninguna

Fuente: Elaboración propia.

Esta valoración de Zonas Críticas conjuntamente con la tasa de deforestación, permiten establecer un sistema de alertas con grados de Prioridades de Actuación aplicado a los estados. Es así que una vez obtenido la clasificación por Zonas Críticas, valores que van de (1 a 6) y por igual la clasificación de las tasas de deforestación del último periodo (2000-2009). Las mismas se reclasifican para obtener el mapa de Alertas ó de Áreas Prioritarias de Actuación, con cuatro categorías: Baja, Media y Alta y Muy Alta. Ello ponderando los datos por estado de la tasa de deforestación y las Zonas Críticas reclasificadas. Para efectos de un futuro sistema de alertas operativo, esta evaluación de Zonas Críticas debería ejecutarse una vez obtenido el mapa de cobertura del bosque, bien sea mensual, trimestral ó anual, para llevar un seguimiento preciso de las condiciones de los polígonos de cobertura boscosa, su estabilidad ó cambios y en consecuencia, así establecer el grado de prioridades de actuación, a fin de definir las acciones y proyectos relacionados para reducir la tasa de deforestación en dichas zonas.

En el capítulo IV se analizan los resultados de esta evaluación con los respectivos Mapas: Mapa No. 18. Zonas Críticas por estado (año, 2009) y Mapa No. 19. Áreas Prioritarias de Actuación (año 2009).

Capítulo. III.

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA COBERTURA DEL BOSQUE EN VENEZUELA.

CAP. III. ANÁLISIS ESPACIAL DE LA COBERTURA DEL BOSQUE EN VENEZUELA

El presente capítulo se elaboró con base a los resultados obtenidos del uso y aplicación de la herramienta de teledetección conjuntamente con el uso de los SIG, cuyos métodos y materiales fueron detallados en el capítulo anterior. Todo ello con el objetivo de tener una visión regional de la cuantificación y distribución geográfica actual de la cobertura del bosque,

Este capítulo está constituido por cinco secciones, en la primera sección se presentan los resultados totales obtenidos de la cobertura del bosque para la región norte del país para el año 2009, en las siguientes secciones se analizan los resultados de la cobertura del bosque en función de unidades de análisis espacial (naturales y territoriales). Así tenemos que en la segunda sección se analizan los datos del bosque por Bioregiones, la tercera sección estará en función de las regiones hidrográficas, la cuarta sección se presentan los datos de la cobertura del bosque por entidades federales (estados) y por último por ABRAE de conservación y protección.

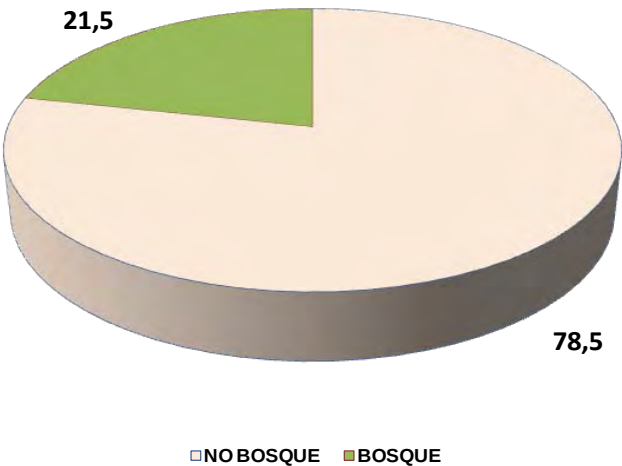
3.1.- Distribución geográfica de la cobertura del bosque

A continuación, se presentan los resultados totales obtenidos de esta investigación que permiten caracterizar la cobertura del bosque y su distribución geográfica en el área de estudio, para el año 2009. En principio se toma como concepto de bosque a: superficie cubierta de especies nativas o exóticas que forman una cubierta continua (dosel cerrado), se componen de los manglares, las plantaciones forestales, el bosque de galería y los bosques deciduos, siempre verde y de montaña (distintos pisos altitudinales), (MARN, 2004). Este estudio incluyó dentro de la cobertura del bosque a varias formaciones vegetacionales, como son: el bosque propiamente, el

bosque de galería, manglar y plantaciones forestales.

La superficie obtenida con el procesamiento y análisis de las imágenes satélites dan cuenta que para el año 2009 se estima la cobertura boscosa en el norte de Venezuela, con una superficie de 95.856,22 km² aprox, (Mapa No. 8). Ello representa el 21,5% de la superficie estudiada, que incluye todos los tipos de cobertura de bosque, como son: bosque siempreverde, deciduo, de galería, manglar y plantaciones forestales, (Cuadro III-1), (Gráfico No. III-1). La cobertura No Bosque tiene una superficie estimada de 349.134,01 km², 78,4% del área, esto incluye otros tipos de vegetación (sabana, matorral y páramo) y otras coberturas, como son: áreas agrícolas, urbanas y cuerpos de agua. A nivel nacional la cobertura Bosque en el norte de Venezuela representa el 10,09% y la cobertura No Bosque el 38,46%.

Gráfico No. III-1. Distribución porcentual de las categorías evaluadas, año 2009.



Fuente: Elaboración propia. 2010.

Cuadro No. III-1. Superficie estimada categorías Bosque y No Bosque, año 2009.

Categoría	Sup. km ²	Porct. Área	Porct. Nac.
NO BOSQUE	349.134,01	78,46	38,10
BOSQUE	95.856,22	21,54	10,46
Totales	444.990,23		

Fuente: Elaboración propia. 2010.

Foto No. III-1. Una gran diversidad de formaciones arbórea, que existen en Venezuela



BOSQUE RIBEREÑO DEL RÍO MORICHAL LARGO, (EDO. ANZOÁTEGUI).

**Mapa No 8. Distribución geográfica de la cobertura del bosque, año 2009
(norte de Venezuela).**

(doble carta)

Así mismo con el fin de tener una mayor comprensión de la distribución geográfica de la cobertura del bosque y que facilite un mejor análisis, el mismo se ha ordenado sobre distintas unidades espaciales, estas incluyen las de orden natural, como son: bioregiones y regiones hidrográficas y otras de orden territorial (estados y ABRAE), que a continuación se presentan:

3.2.- Cobertura bosque actual por Bioregiones

Para el inventario de la cobertura del bosque en función de las Bioregiones es necesario indicar que en el área de estudio se localizan 7 de las 10 bioregiones de Venezuela. El mapa de Bioregiones de Venezuela utilizado en este estudio como referencia fue el elaborado por la Oficina de Biodiversidad Biológica, 2001, (Mapa No. 3). La definición de las bioregiones están establecidas en base a criterios ecológicos y la configuración de la fisiografía regional, así como las características climáticas del país, la distribución altitudinal que presenta el país (las alturas van desde 0 metros hasta 5.000 m.s.n.m.). Al analizar las bioregiones del área de estudio tenemos que la de mayor extensión es la bioregión de los Llanos con el 54,6% de la superficie total. En el Cuadro No. III-2 se presenta una síntesis de las características más relevantes de cada bioregión (Gráfico No. III-1).

Al establecer el cruce de los datos obtenidos de la cobertura bosque para el año 2009 con las unidades de análisis espacial de las bioregiones, se identifica que la bioregión de los Llanos, es la bioregión de mayor superficie y la que posee la mayor extensión de cobertura boscosa con un 39,11% del total de la cobertura del bosque y ocupa el 15,02% del total de la bioregión. Gran parte de estos bosques se localizan en los Llanos occidentales. En segundo lugar se ubica la bioregión de Los Andes con una cobertura de

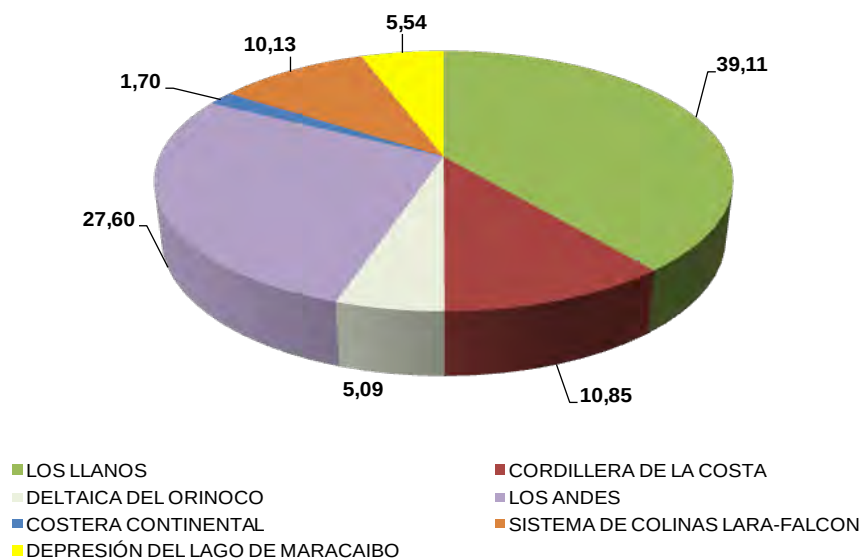
27,60% con respecto al total del bosque que cubre más de la mitad, el 55,11% de la bioregión. Un aspecto a resaltar es que estas dos bioregiones poseen el 66,7% de la cobertura de bosque por bioregión de toda el área de estudio (Mapa No. 9). El Gráfico No. III-2 muestra que las regiones restantes representan el 33,2% del bosque en total y en promedio la cobertura de bosque de dichas bioregiones ninguna alcanzan el 12% de cobertura, (Cuadro No. III-2).

Cuadro No. III-2. Superficie de la cobertura del Bosque por bioregiones, año 2009.

BIOREGIONES	Sup. km ²	Porct. Tot.	BOSQUE		
			Sup. km ²	Porct. Bosq	Porct. Región
LOS LLANOS	249.528,23	56,07	37.485,79	39,11	15,02
CORDILLERA DE LA COSTA	46.871,61	10,53	10.398,21	10,85	22,18
DELTAICA DEL ORINOCO	8.250,88	1,85	4.878,43	5,09	59,13
LOS ANDES	48.003,01	10,79	26.452,30	27,60	55,11
COSTERA CONTINENTAL	11.666,04	2,62	1.629,61	1,70	13,97
SISTEMA DE COLINAS LARA-FALCON	43.222,50	9,71	9.705,48	10,13	22,45
DEPRESIÓN DEL LAGO DE MARACAIBO	37.447,95	8,42	5.306,40	5,54	14,17
TOTALES	444.990,23		95.856,22		

Fuente: Elab. propia. 2010.

Gráfico No. III-2. Distribución porcentual de la cobertura Bosque por bioregiones, año 2009.



Fuente: Cálculos propios. 2010.

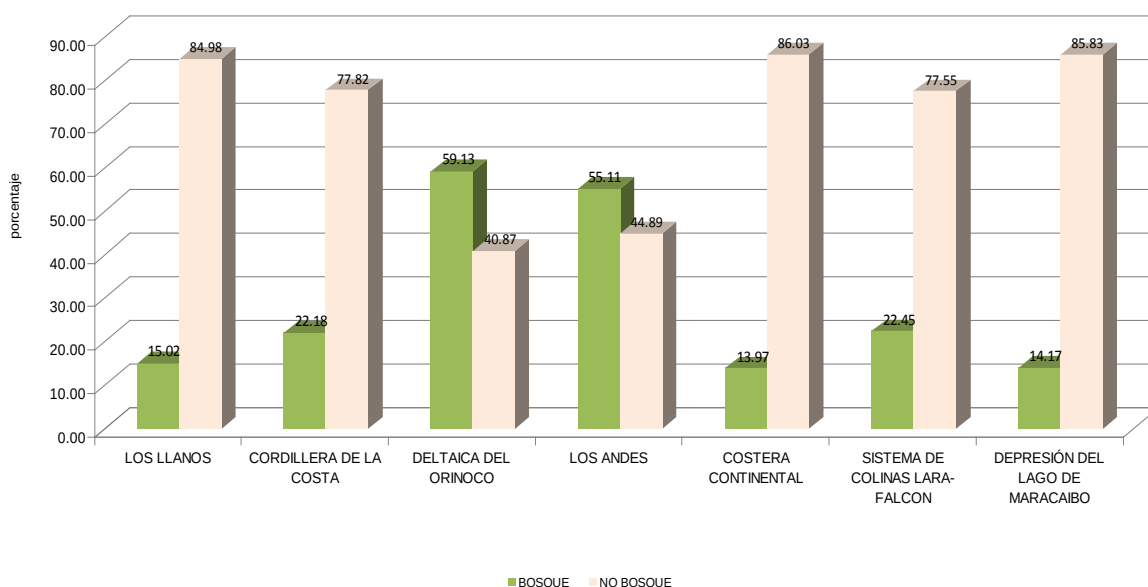
Cuadro No. III-3. Datos relevantes por bioregión del área de estudio.

Variables	BIOREGIONES						
	LLANOS	CORD. DE LA COSTA	DELTAICA DEL ORINOCO	ANDES	COSTERA CONTINENTAL	LARA FALCON	LAGO DE MARACAIBO
Sup. km ²	249,528.23	46,871.61	8,250.88	48,003.01	11,666.04	43,222.50	37,447.95
Porct. (1) (%)	56.07	10.53	1.85	10.79	2.62	9.71	8.42
Temp. media anual (°C)	27	24	26	18	26	27	25
Precip. Media anual (mm)	600 - 2.200	600 - 2.400	1500	800 - 2800	800 - 1100	400 - 800	300 - 2800
Evap. media anual (mm)	2000 - 2700	1000 - 2000	2000 - 2700	1000 - 1500	1000 - 2000	2500 - 3600	1500 - 2400
Humd. media anual (%)	65 - 75	75	75	80	75	75	85 - 90
Viento. Vel. media (km/h)	6 - 12	2 - 5	2 - 5	5 - 9	6 - 12	10 23	5 - 18
Nubosidad (oct)	4 - 6	4 - 6	4 - 6	5 - 6	3 - 7	3 - 7	4 - 6
Población (2001) (hab.)	3,272,470	8,878,174	191,508	2,153,322	1,510,287	2,182,391	3,184,694
Clima	Trop. Seco	Trop. Templado	Trop. Lluvioso	Trop. Templado	Trop. Seco	Trop. Seco	Trop. Seco
altura min. (msnm)	0	0	0	700	0	0	0
altura max.(msnm)	700	2700	700	5000	100	1600	1800

Fuente: Dir. hidrología y meteorología. MARN y elaboración propia. 2010.

La bioregión de los Llanos, por igual tiene la mayor superficie No Bosque, distribuida en toda la unidad, con predominio en los Llanos centrales y orientales principalmente bajo cobertura de herbazales, sabanas y el uso agrícola-pecuario, (Gráfico No. III-3).

Gráfico No. III-3. Distribución porcentual coberturas Bosque y No Bosque por bioregiones, año 2009.



Fuente: Cálculos propios. 2010.

3.3.- Cobertura bosque actual por regiones hidrográficas

El análisis de la cobertura del bosque utilizando como unidad de análisis espacial las regiones hidrográficas, permite entender la importancia del servicio ambiental del bosque dentro de las cuencas hidrográficas, es sabido que el bosque retiene parte de la precipitación y reduce la erosión superficial conservando las laderas, sobre todo en aquellas cuencas que poseen cuerpos de aguas para el aprovechamiento y consumo del agua, en el Cuadro No. III-4 se presenta las regiones y cuencas hidrográficas que la

conforman (Gráfico No. III-4). En el área de estudio se localizan 12 regiones hidrográficas de un total de 16 que posee Venezuela, de estas regiones hidrográficas la de mayor extensión es la del Bajo Apure con 15,40% de la superficie total, le sigue Lago de Maracaibo, Golfo de Venezuela con el 14%.

Cuadro No. III-4. Regiones hidrográficas, superficie y cuencas hidrográficas, año 2009.

Nº	REGION HIDROGRÁFICA	CUENCAS	Sup. Km ²	Porct. Total
1	LAG. MARACAIBO, GOLFO VEN	Catatumbo, Limón, Chama, Motatán, Apon, Palmar, Santa Ana, Pueblo Viejo, Charrapia, Escalante, Machango y Paraguachon.	62.714,76	14,09
2	FALCONIANA	Maticora, Hueque, Ricoa, Mitare y Capatarida.	22.378,35	5,03
3	CENTRO OCCIDENTAL	Tocuyo, Aroa, Yaracuy y Litoral estado Carabobo.	25.960,96	5,83
4	LAGO DE VALENCIA	Aragua, Limón, Turmero, Maracay, Carabobo, Cabriales y Las Minas.	3.032,43	0,68
5	CENTRAL	Tuy, Guapo, Cupira, Capaya y Litoral Central (Miranda, Vargas y Aragua).	11.956,13	2,69
6	CENTRO ORIENTAL	Unare, Zuata, Pao y Aragua.	58.352,00	13,11
7	ORIENTAL	Neverí, Carinicuao, Manzanares, Amana, Guarapiche, San Juan. Litoral del Edo. Sucre.	21.984,04	4,94
8	LLANOS CENTRALES	Guárico y Guariquito.	40.251,59	9,05
9	LLANOS OCCIDENTALES	Cojedes, Portuguesa, Guanare, Tiznados y Boconó.	56.022,67	12,59
10	ALTO APURE	Uribante, Masparro, Sarare, Santo Domingo, Pagüey, Suripa y Apure.	39.894,70	8,97
11	BAJO APURE	Apure, Arauca, Capanaparo, Cinaruco, Cunaviche y Meta.	68.509,95	15,40
16	DELTA (1)	Morichal Largo y Uracoa.	33.932,65	7,63

(1) La región hidrográfica Delta, solo se incluye la zona que se localiza dentro del área de estudio.

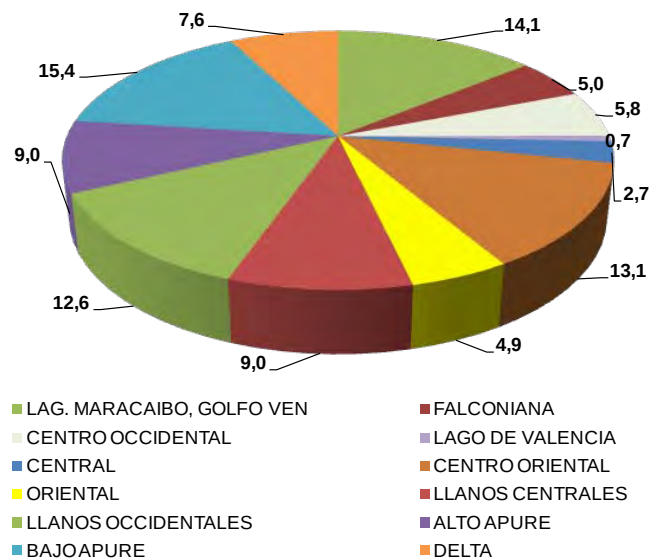
Al combinar los datos de la cobertura bosque para el año 2009 con las unidades de análisis espacial de las regiones hidrográficas, (Cuadro No. III-5) se observa que la región Lago de Maracaibo, Golfo de Venezuela tiene la mayor superficie de cobertura boscosa con un 17.317,03 km², es decir, el 18,07% del total del bosque en el área de estudio y representa el 27,6% dentro de dicha región predomina la cobertura boscosa de la Sierra de Perijá.

Mapa No 9. Cobertura por rangos del bosque según bioregión.

Tamaño carta

En segunda posición se ubica la región hidrológica del Alto Apure con una extensión de bosque de 14.140,56 km², correspondiente al 14,75% del total del bosque y al 35,44% de la región Alto Apure. Los llanos orientales se presentan con valores de 13,65% de la cobertura total del bosque.

Gráfico No. III-4. Distribución porcentual superficie de las regiones hidrográficas del área de estudio.



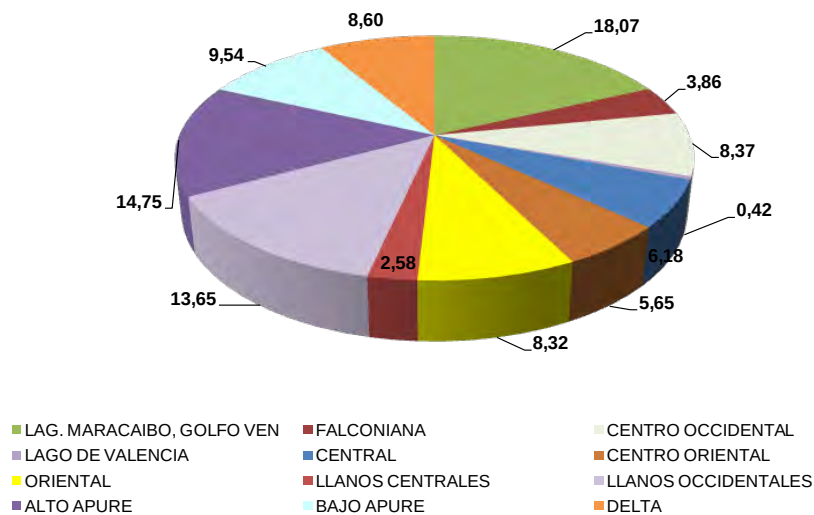
Cuadro No. III-5. Superficie de la cobertura del Bosque por regiones hidrográficas, año 2009.

REGIONES HIDROGRÁFICAS	Sup. km ²	Porct. Tot.	BOSQUE		
			Sup. km ²	Porct. Bosq	Porct. Región
LAG. MARACAIBO, GOLFO VEN	62.714,77	14,09	17.317,03	18,07	27,61
FALCONIANA	22.378,35	5,03	3.703,25	3,86	16,55
CENTRO OCCIDENTAL	25.960,96	5,83	8.027,53	8,37	30,92
LAGO DE VALENCIA	3.032,43	0,68	404,02	0,42	13,32
CENTRAL	11.956,13	2,69	5.924,89	6,18	49,56
CENTRO ORIENTAL	58.352,01	13,11	5.412,27	5,65	9,28
ORIENTAL	21.984,04	4,94	7.974,70	8,32	36,27
LLANOS CENTRALES	40.251,84	9,05	2.476,72	2,58	6,15
LLANOS OCCIDENTALES	56.022,67	12,59	13.082,96	13,65	23,35
ALTO APURE	39.894,71	8,97	14.140,56	14,75	35,44
BAJO APURE	68.509,65	15,40	9.147,88	9,54	13,35
DELTA	33.932,65	7,63	8.244,40	8,60	24,30
TOTALES	444.990,23		95.856,22		

Fuente: Elaboración propia. 2010.

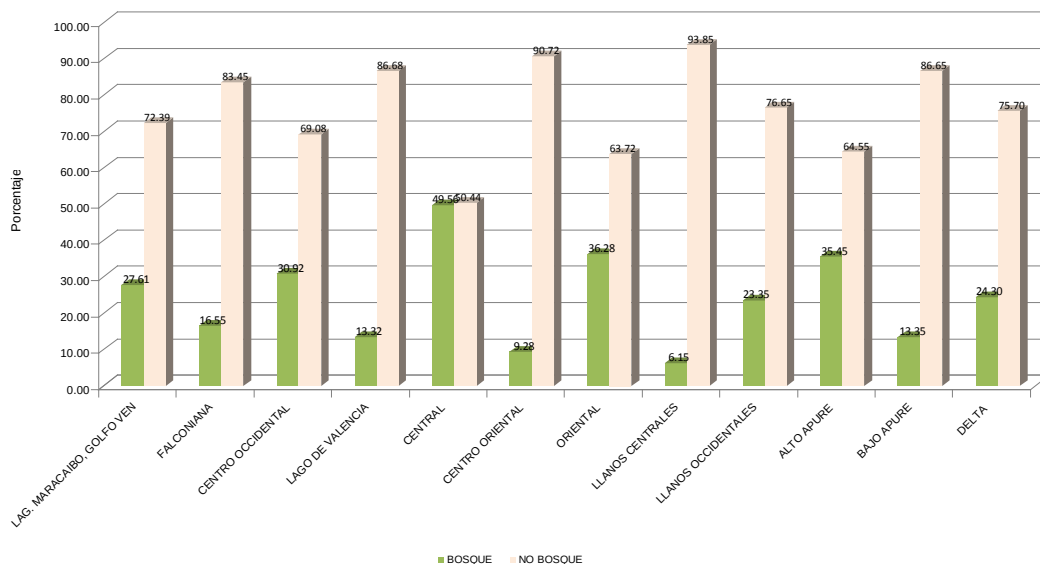
En conjunto en estas tres regiones hidrográficas se localiza el 46,47% de la cobertura de bosque de toda el área de estudio. En el Mapa No. 10 de cobertura por rangos observamos que el 40% de las regiones hidrográficas, poseen menos del 20% de cobertura de bosque, (Gráfico No. III-5 y III-6).

Gráfico No. III-5. Distribución porcentual de la cobertura Bosque por regiones hidrográficas, año 2009.



Fuente: Cálculos propios. 2010.

Gráfico No. III-6. Distribución porcentual de la cobertura Bosque y No Bosque por regiones hidrográficas, año 2009.



Fuente: Cálculos propios. 2010.

Mapa No 10. Cobertura bosque en regiones hidrográficas

3.4.- Cobertura bosque actual por entidades federales

En esta sección se realiza la cuantificación de la cobertura del bosque utilizando para ello como unidad de análisis espacial a las entidades federales. Esto nos va permitir un acercamiento al análisis en el capítulo IV para establecer comparaciones cuantitativas sobre la evolución de la cobertura en un período de 29 años. Así tenemos que Venezuela está conformada por 24 estados y una Distrito Capital (Mapa No. 5), de estas, 20 entidades se localizan en el área de estudio, esto representa el 88% de las mismas, y poseen más del 95% de la población, Mapa No. 11. De estas entidades las de mayor extensión se encuentran: Guárico, Apure y Zulia siendo esta última la de mayor población, (Cuadro No. III-6).

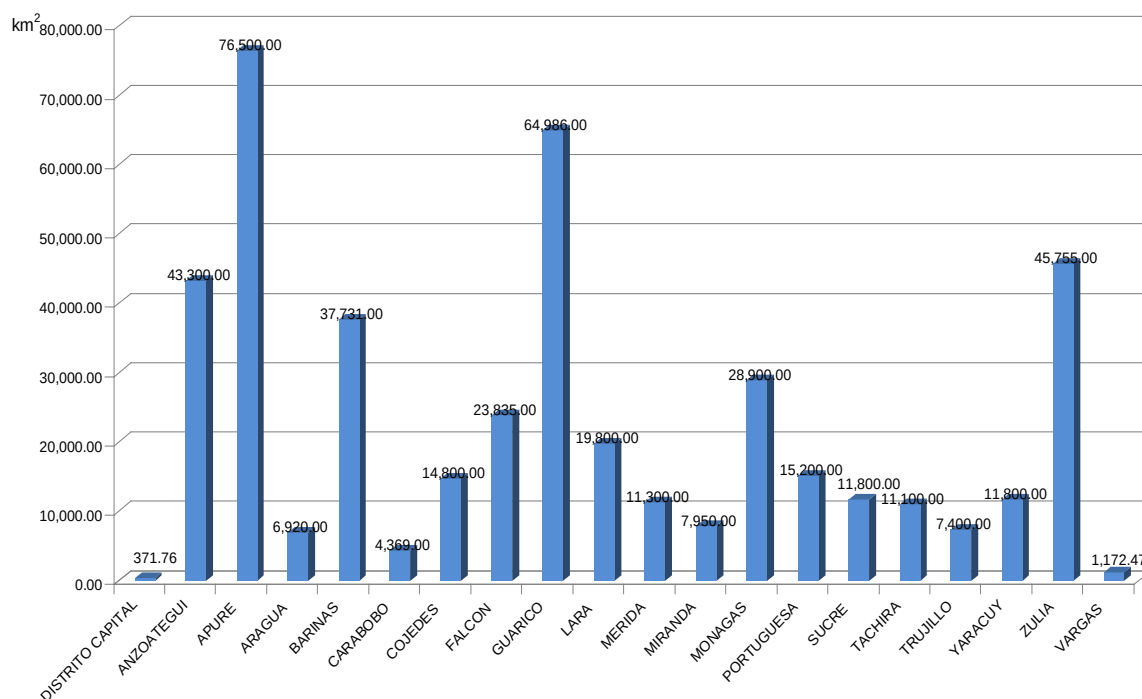
Cuadro No. III-6. Superficie y población de las entidades federales del área, año 2009.

Entidad Federal	Sup. km ²	Porc. Sup.	Total Pob.	Porc. Pob.	Dens. Pob
DISTRITO CAPITAL	371,76	0,08	1.836.286	8,62	4.939,44
ANZOATEGUI	43.300,00	9,73	1.222.225	5,74	28,23
APURE	76.500,00	17,19	377.756	1,77	4,94
ARAGUA	6.920,00	1,56	1.449.616	6,81	209,48
BARINAS	37.731,00	8,48	624.508	2,93	16,55
CARABOBO	4.369,00	0,98	1.932.168	9,07	442,24
COJEDES	14.800,00	3,33	253.105	1,19	17,10
FALCON	23.835,00	5,36	763.188	3,58	32,02
GUARICO	64.986,00	14,60	627.086	2,94	9,65
LARA	19.800,00	4,45	1.556.415	7,31	78,61
MERIDA	11.300,00	2,54	715.268	3,36	63,30
MIRANDA	7.950,00	1,79	2.330.872	10,95	293,19
MONAGAS	28.900,00	6,49	712.626	3,35	24,66
PORTUGUESA	15.200,00	3,42	725.740	3,41	47,75
SUCRE	11.800,00	2,65	786.483	3,69	66,65
TACHIRA	11.100,00	2,49	992.669	4,66	89,43
TRUJILLO	7.400,00	1,66	608.563	2,86	82,24
YARACUY	11.800,00	2,65	499.049	2,34	42,29
ZULIA	45.755,00	10,28	2.983.679	14,01	65,21
VARGAS	1.172,47	0,26	298.109	1,40	254,26
Totales	444.990,23		21.295.411		47,86

Fuente: Censo de población y Vivienda, año 2001. INE. 2003, superficie por estado INE.

Del análisis del Cuadro No. III-7, tenemos que tres estados occidentales poseen las mayores superficies de bosque, estos son: Apure, Barinas y Zulia, son los tres únicos estados que poseen cada uno más de 10.000 km² de cobertura del bosque. Porcentualmente poseen 11,72%, 11,37% y 11,08% respectivamente, (Gráfico No. III-7). El bosque en el estado Apure se localiza en el sector oeste del estado en los afluentes del río Apure y Arauca, en Barinas el bosque se localiza en su mayoría en el piedemonte andino, nacientes de los ríos Santo Domingo, Canagua y Masparro y en las llanuras del bajo Apure y el río Caparo. El bosque en el estado Zulia se localiza principalmente en la Sierra de Perijá y la Planicie del río Catatumbo.

Gráfico No. III-7. Superficie de las entidades federales, año 2009.



Fuente: Cálculos propios. 2010.

En conjunto estas tres entidades federales poseen el 35,9% del área de estudio y el 34,16% de la cobertura total del bosque. Contrariamente en

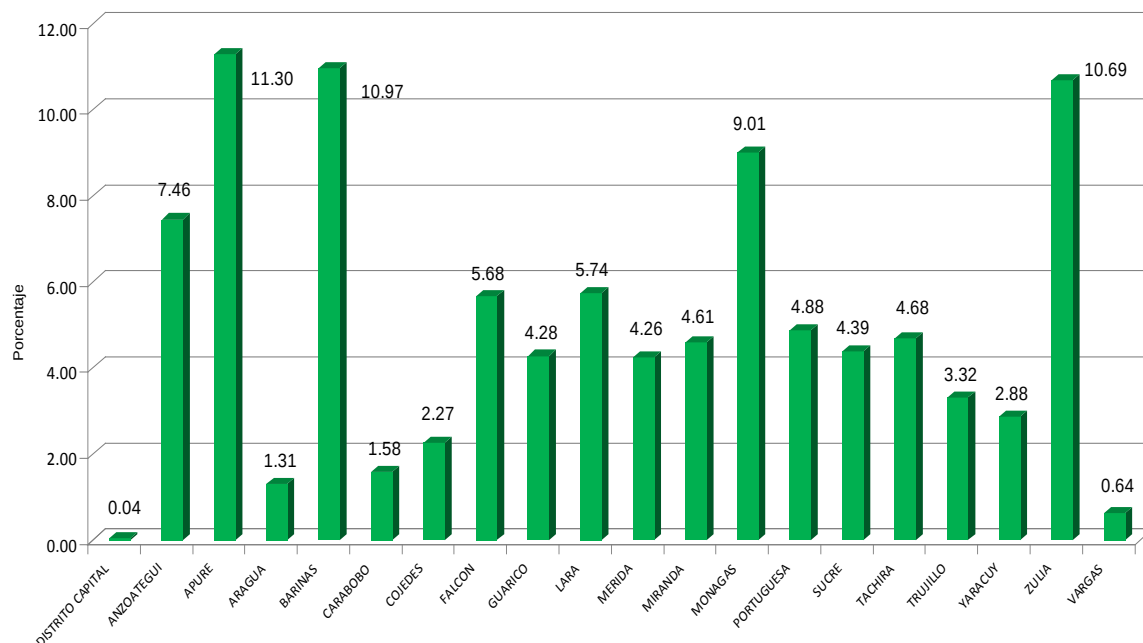
las 17 restantes (87% del total) escasamente muestran menos del 10% de cobertura boscosa, siendo Guárico la segunda entidad en el norte de Venezuela con una superficie de (64.986 km²), solo el 6% de su extensión, esta cubierto por bosque (Gráfico No. III-8).

Cuadro No. III-7. Superficie de la cobertura del Bosque por Entidades Federales, año 2009.

ENTIDADES FEDERALES	Sup. km ²	Porct. Tot.	BOSQUE		
			Sup. km ²	Porct. Bosq	Porct. Estado
DISTRITO CAPITAL	371,76	0,08	40,08	0,04	10,78
ANZOATEGUI	43.300,00	9,73	7.151,38	7,46	16,52
APURE	76.500,00	17,19	10.836,32	11,30	14,17
ARAGUA	6.920,00	1,56	1.253,33	1,31	18,11
BARINAS	37.731,00	8,48	10.511,57	10,97	27,86
CARABOBO	4.369,00	0,98	1.517,77	1,58	34,74
COJEDES	14.800,00	3,33	2.178,87	2,27	14,72
FALCON	23.835,00	5,36	5.446,83	5,68	22,85
GUARICO	64.986,00	14,60	4.106,01	4,28	6,32
LARA	19.800,00	4,45	5.502,59	5,74	27,79
MERIDA	11.300,00	2,54	4.082,11	4,26	36,12
MIRANDA	7.950,00	1,79	4.414,98	4,61	55,53
MONAGAS	28.900,00	6,49	8.635,21	9,01	29,88
PORTUGUESA	15.200,00	3,42	4.673,20	4,88	30,74
SUCRE	11.800,00	2,65	4.211,92	4,39	35,69
TACHIRA	11.100,00	2,49	4.490,18	4,68	40,45
TRUJILLO	7.400,00	1,66	3.180,22	3,32	42,98
YARACUY	11.800,00	2,65	2.760,98	2,88	23,40
ZULIA	45.755,00	10,28	10.250,78	10,69	22,40
VARGAS	1.172,47	0,26	611,89	0,64	52,19
TOTALES	444.990,23		95.856,22		

Fuente: Elaboración propia. 2010.

Gráfico No. III-8. Distribución porcentual cobertura Bosque total por entidades federales, año 2009.



Fuente: Cálculos propios. 2010.

3.5.- Cobertura bosque actual por ABRAE

Para el inventario de la cobertura del bosque en función de las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial ABRAE, del total de las figuras, se consideraron las recreacionales, científicas y educativas: Parques Nacionales y Monumentos Naturales y productivas: Reservas Forestales y Áreas de Vocación Forestal antes denominadas (Áreas Boscosas Bajo Protección), (Cuadro No. III-8) (Gráfico III-10).

En el área de estudio las figuras ABRAE suman un total de ochenta y seis (86), la superficie total de estas ABRAE es de 71.239,88 km², ello representa el 15,58% del área total. Con respecto al total nacional de las ABRAE, tenemos que en Parques Nacionales representan el 76,7% del total, de Monumentos Naturales el 33,3%, de las Reservas Forestales el 54% y de las Áreas de Vocación Forestal el 87% del total nacional, en el Mapa No. 8

Mapa No 11. Cobertura bosque en Entidades federales

presenta las ABRAES a nivel nacional.

Cuadro No. III-8. Figuras ABRAE consideradas en el área de estudio.

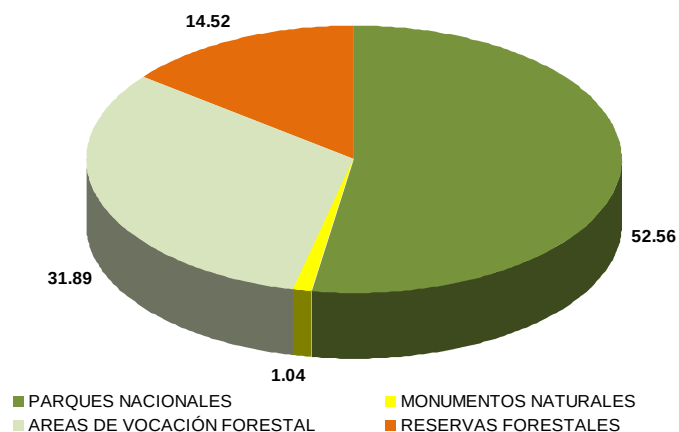
F I N E S	FIGURAS ABRAE	total de áreas	Sup. km ²	porct total
RECREACIONALES, CIENTÍFICOS Y EDUCATIVOS	PARQUES NACIONALES	35	37.442	52,56
	MONUMENTOS NATURALES	12	740,56	1,04
PRODUCTORES	RESERVAS FORESTALES	6	10.341	31,89
	ÁREAS DE VOCACIÓN FORESTAL	34	22.716,38	14,52
	TOTALES	85	71.239,88	

Fuente: Elaboración propia. 2010.

a) Parques Nacionales y Monumentos Naturales

Para efectos de una mejor comprensión, se realizó el análisis de la cobertura del bosque por cada figura de ABRAE. Así tenemos en el caso de los Parques Nacionales se localizan 11.672,05 km² de bosque, esto representa el 31,17 % de la superficie de los Parques Nacionales considerados y el 12,18% de la cobertura del bosque en el área de estudio, (Mapa No.12).

Gráfico No. III-10. Distribución porcentual de las ABRAE en el área de estudio, año 2009



Fuente: Cálculos propios. 2010.

Foto No. III-2. Vistas panorámicas de Parques Nacionales.



P.N. Guaramacal



P.N. Aguaro Guariquito



P.N. Tapo Caparo



P.N. San Camilo

El Parque Nacional que tiene la mayor superficie de bosque protegido es el Sierra Nevada con 1.793 km², equivalente al 15,36% de la cobertura en Parques y un índice de cobertura del 64,86%. En segunda posición tenemos al P.N. Perijá con 1.739 km² con el 14,90% de la cobertura de bosque en Parques y un índice de cobertura 58,89%. En tercer lugar tenemos el P.N. Guatopo con 908,2 km² de bosque, correspondiente al 7,78% del bosque en P.N y un índice de cobertura de 74,16%. Es de hacer notar que solo estos tres ABRAE tienen casi el 38,04% de los bosques protegidos por Parques Nacionales dentro del área de estudio.

Así mismo en promedio el índice de cobertura de bosque en los Parques Nacionales evaluados es de 31,17%. Sin embargo existen Parques

Cuadro No. III-9. Distribución y cobertura del bosque en Parques Nacionales, año 2009.

No.	NOMBRE ABRAE	Sup. km ²	Bosque 2009		
			Sup. km ²	Porct	Porct. Total
1	AGUARO-GUARIQUITO	5857,5	224,53	3,83	1,92
2	CERRO SAROCHE	322,94	0,00	0,00	0,00
3	CHORRO EL INDIO	170	76,00	44,71	0,65
4	CIENAGAS DE JUAN MANUEL	2500	610,00	24,40	5,23
5	CUEVA DE LA QUEBRADA EL TORO	48,85	48,85	100,00	0,42
6	DINIRA	453,28	148,71	32,81	1,27
7	EL GUACHE	122	13,92	11,41	0,12
8	PARAMO DE GUARAMACAL - GENERAL CRUZ CARRILLO	210	205,18	97,71	1,76
9	GUATOPO	1224,64	908,20	74,16	7,78
10	LAGUNA DE TACARIGUA	175	50,38	28,79	0,43
11	MORROCOY	320,9	27,06	8,43	0,23
12	RIO VIEJO - SAN CAMILO	682	317,74	46,59	2,72
13	SANTOS LUZARDO - CINARUCO CAPANAPARO	5843,68	590,76	10,11	5,06
14	JUAN CRISOSTOMO FALCON/ SIERRA DE SAN LUÍS	200	167,46	83,73	1,43
15	SIERRA LA CULATA	2004	485,04	24,20	4,16
16	TEREPAIMA	186,5	116,52	62,48	1,00
17	YACAMBU	145,8	31,29	21,46	0,27
18	YURUBI	236,7	174,91	73,90	1,50
19	PARAMOS BATALLON Y LA NEGRA (GRAL. JUAN PABLO PEÑALOZA)	925	125,24	13,54	1,07
20	SIERRA NEVADA	2764,46	1793,14	64,86	15,36
22	HENRI PITTIER	1078	622,09	57,71	5,33
23	SAN ESTEBAN	435	210,71	48,44	1,81
24	EL AVILA	818	390,55	47,74	3,35
25	MOCHIMA	949,35	17,41	1,83	0,15
26	PENINSULA DE PARIA	375	256,25	68,33	2,20
27	TURUEPANO	700	434,21	62,03	3,72
28	EL GUACHARO	627	237,02	37,80	2,03
29	TIRGUA - GENERAL MANUEL MANRIQUE	910	621,86	68,34	5,33
31	MEDANOS DE CORO	912,8	0,00	0,00	0,00
32	EL TAMA	1091	201,96	18,51	1,73
33	TAPO CAPARO	2050	758,11	36,98	6,50
34	PERIJA	2952,88	1739,03	58,89	14,90
35	MACARAO	150	67,91	45,27	0,58
Totales		37442,28	11.672,05	31,17	

Fuente: Inparques, MINAMB, 2009, Cálculos propios. 2010.

que fueron declarados por elementos de gran singularidad, sin considerar el elemento bosque, tal es el caso del P.N. Médanos de Coro y el P.N. Saroche. Así observamos que varios Parques tienen un alto índice de cobertura de bosque, tal es el caso del P.N. Cueva de la quebrada el Toro, que posee el

100% y otros de alta cobertura como son el P.N. Yurubí, Sierra San Luís, Guatopo y Guaramacal (Cuadro No. III-9).

En el caso de los Monumentos Naturales (MN) cuya función es orientado más a la preservación de sitios ó elementos de gran singularidad (geológica, biológicas ó bien de calidad escénicas, ó de valor sociocultural, etc), son por lo general áreas de menor extensión que los Parques Nacionales. Los Monumentos Naturales presentan 293,22 km² de cobertura de bosque, esto presenta 39,59% de los MN analizados, y poseen el 0,31% con respecto a la cobertura de bosque del año 2009, sin embargo el 50% de los monumentos tienen más del 40% de su extensión con cobertura de bosque, un caso especial es el de las Chorreras Las Gonzáles con más del 90%, (Cuadro No.III-10).

Caso particular es las Tetas de Niquitao que tiene el 37,37% del total de cobertura de bosque en MN. Sigue el Pico Codazzi con 22,27% y el María Lionza con 22,27%. Estos datos indican que gran parte de los MN no persiguen de manera directa la conservación y preservación del bosque, pero son las ABRAE con mayor restricción de uso, y en términos legales asegura una intervención menos intensa con respecto a otras figuras.

Foto No. III-3. Vistas panorámicas de Monumentos Naturales.



Cuadro No. III-10. Distribución y superficie del bosque en Monumentos Naturales, año 2009.

No.	NOMBRE ABRAE	Sup. km ²	Bosque 2009		
			Sup. km ²	Porct	Porct. Total
76	ARISTIDES ROJAS - MORROS DE SAN JUAN	27,55	0,01	0,04	0,00
77	CERRO PLATILLON (JUAN GERMAN ROSCIO)	80	41,37	51,72	14,11
78	CERRO SANTA ANA	19	0,00	0	0,00
79	CHORRERAS LAS GONZALES	1,26	1,17	92,49	0,40
80	LAGUNA DE URAO	0,29	0,00	0	0,00
81	LOMA DE LEON	72,75	2,74	3,76	0,93
82	MARIA LIONZA	117,12	65,29	55,75	22,27
83	MESETA LA GALERA	4,5	2,62	58,16	0,89
84	MORROS DE MACAIRA	0,99	0,00	0	0,00
85	PICO CODAZZI	118,5	66,94	56,49	22,83
86	TETA DE NIQUITAO - GUIRIGAY	290	109,58	37,78	37,37
87	ALEJANDRO DE HUMBOLDT	8,6	3,51	40,77	1,20
Totales		740,56	293,22	39,59	

Fuente: Inparques, MINAMB, 2009, cálculos propios. 2010.

Mapa No 12. ABRAE protección

b) Reservas Forestales y Área de Vocación Forestal

En relación a las ABRAE con fines de producción forestal, estas totalizan 40 de las 85 figuras consideradas. En esta parte analizaremos las Áreas de Vocación Forestal (AVF). En total dentro del área de estudio se localizan 34 de estas figuras, que fueron creadas todas bajo el Decreto No. 1.661 (año 1992), donde indican que terrenos nacionales cubiertos de bosques altos primarios y secundarios y su manejo será regulado por el Decreto No. 2.214 (año 1992). Donde señalan que serán terrenos destinados a la producción forestal permanente, (Cuadro No. III-11).

Dentro de las AVF la cobertura de bosque alcanza una extensión de 5.414,48 km², esto representa los 23,84% de la superficie total de las AVF evaluadas, este índice es el más bajo con respecto a las otras figuras ABRAE y el 4,45% de la cobertura de bosque del año 2009. Así tenemos que el área con mayor superficie de bosque es el AVF río Guanipa en el estado Monagas que representa el 83,9% de la superficie total y en relación al total de la superficie dentro de las AVF representa el 17,30%, siendo este el mayor porcentaje. Otros tres AVF tienen más del 70% de cobertura de bosque, como son: Cerro Machado - El Silencio 74,73%, Nirgua-Aroa 72,36% y Paramo Las Lajas con 79,40%. Es importante señalar que dieciocho (17) AVF tienen menos del 20% de cobertura de bosque, es decir, el 50% del total de las AVF, siendo los casos más graves el AVF de Santa Rosa ubicado en el estado Zulia que solo posee el 0,90% de bosque y el AVF de río Orituco con 0,97%. Estos datos son un claro ejemplo de muchas de estas ABRAES de producción forestal, han sido paulatinamente deforestadas para convertirlos en zonas de actividad pecuaria y agrícola y en realidad en los actuales momentos no cumplen con su función por la cual fueron creadas, planteándose como opción la propuesta de su desafectación legal.

Cuadro No. III-11. Superficie de la cobertura del Bosque por Área de Vocación Forestal, año 2009.

No.	NOMBRE ABRAE	Sup. km ²	Bosque 2009		
			Sup. km ²	Porct	Porct. Total
36	RIO LOS REMEDIOS	803,15	423,53	52,73	7,82
37	MATICORA Y COCUIZA	404,02	129,77	32,12	2,40
38	RIO TARRA	599,15	133,32	22,25	2,46
39	RIO ARICUAISA	1.501,14	36,06	2,40	0,67
40	RIO TUCUCO	316,65	12,24	3,87	0,23
41	SANTA ROSA	992,64	8,93	0,90	0,16
42	MARGENES DEL RIO GUERE	930,36	93,53	10,05	1,73
43	RIO ARAUCA-GUERE	263,14	31,18	11,85	0,58
44	RIO ORICHUNA	445,41	258,87	58,12	4,78
45	EL YAGUAL	414,19	102,24	24,68	1,89
46	ACHAGUAS	842,13	131,38	15,60	2,43
47	SAN FERNANDO	374,10	63,05	16,85	1,16
48	SANTO DOMINGO	1.551,52	335,39	21,62	6,19
49	LA DANTA	131,29	22,17	16,89	0,41
50	RIO APURE-CAPARO	185,35	109,07	58,84	2,01
51	EL AMPARO	411,40	124,93	30,37	2,31
52	EL BAUL CORRALITO	1.203,85	358,40	29,77	6,62
53	BARBACAS	2.226,40	114,85	5,16	2,12
54	RIO ORITUCO	1.002,05	9,73	0,97	0,18
55	PUEBLITO	987,31	296,09	29,99	5,47
56	CAÑO CABALLO	1.259,60	98,39	7,81	1,82
57	NIRGUA-AROA	684,67	495,43	72,36	9,15
58	RIO GUANIPA	1.115,62	936,72	83,96	17,30
59	PARAMO LAS LAJAS	22,31	17,71	79,40	0,33
60	BOTUCAL	132,44	16,09	12,15	0,30
61	DELGADITO	33,90	5,47	16,12	0,10
62	PIEDEMONTES PORTUGUESA	540,65	172,55	31,91	3,19
63	RIO GUANARE VIEJO	200,76	31,72	15,80	0,59
64	CERRO MACHADO - EL SILENCIO	59,56	44,57	74,83	0,82
65	LIBERTAD	380,88	73,62	19,33	1,36
66	TIZNADOS	203,80	25,51	12,52	0,47
67	EL CLAVO	95,44	9,38	9,83	0,17
68	MARGENES DEL RIO GUARICO	1.666,77	425,95	25,56	7,87
69	RIO TUCURERE	734,73	266,63	36,29	4,92
Totales		22.716,38	5.414,48	23,84	

Fuente: Cálculos propios.

En el caso de las Reservas Forestales en el área de estudio, estas ABRAE son espacios naturales compuestos por uno ó más ecosistemas forestales que por sus características ecológicas y masa arbórea predominantemente densa, son aptas para la producción permanente de bienes forestales y de servicios ambientales y sociales, cuyo manejo sostenible permita mantener los ciclos ecológicos y por ende la cubierta forestal, (MINAMB, 2007).

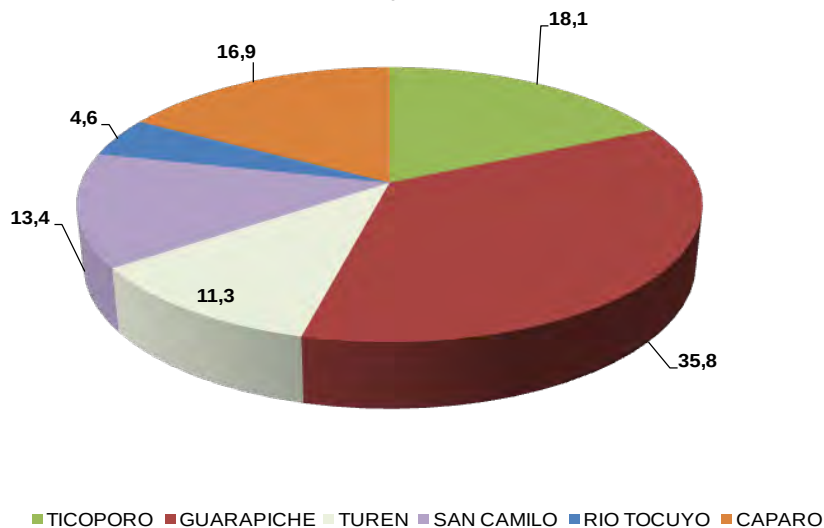
En total dentro del área de estudio se localizan 6 de estas ABRAE, (Cuadro No. III-12), (Gráfico No. III-11), que totalizan 10.340,66 km². La cobertura de bosque dentro de la RF cubre una superficie de 4.265,79 km², siendo el 41,25% de la superficie total de las Reservas Forestales analizadas. Esta cobertura boscosa en las R.F representa el 4,45% de la cobertura total del bosque del año 2009. De los datos procesados obtuvimos que la figura con mayor superficie de bosque es la R.F Guarapiche con 2087,86 km², con un índice de cobertura de 56,43%, (Gráfico No. III-12); sin embargo es la R.F río Tocuyo, ubicado en los límites de Falcón y Yaracuy (Mapa No.13), la que tiene mayor cobertura porcentual con 73,83%. Una explicación de este alto índice de cobertura es, que en esta Reserva el potencial de especies maderables comerciables no es muy alto.

Cuadro No. III-12. Superficie de la cobertura del Bosque en la Reservas Forestales, año 2009.

No.	NOMBRE ABRAE	Sup. km ²	Bosque 2009		
			Sup. km ²	Porct	Porct. Total
70	TICOPORO	1.871,56	297,01	15,87	6,96
71	GUARAPICHE	3.700,00	2.087,86	56,43	48,94
72	TUREN	1.164,00	22,12	1,90	0,52
73	SAN CAMILO	1.385,00	323,16	23,33	7,58
74	RIO TOCUYO	476,40	351,71	73,83	8,24
75	CAPARO	1.743,70	1.183,94	67,90	27,75
Totales		10.340,66	4.265,79	41,25	

Fuente: Cálculos propios, 2010.

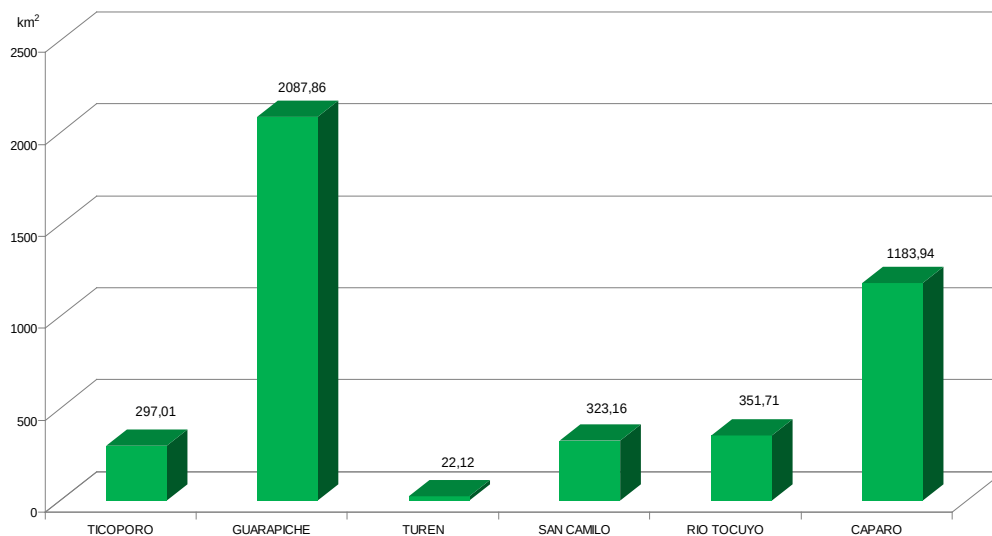
Gráfico No. III-11. Distribución porcentual de las Reservas Forestales, área de estudio, año 2009



Fuente: Cálculos propios. 2010.

La Reserva Forestal de Ticoporo, según los datos obtenidos en este estudio, para el año 2009, poseía tan solo el 15% de cobertura boscosa, es decir, 297,01 km², lo que representan una disminución en relación al año 2001, cuando la cubierta boscosa fue estimada en el equivalente al 20% de la R.F (Osorio, 2001).

Gráfico No. III-12. Superficie de la cobertura del bosque en las Reservas Forestales, año 2009



Fuente: Cálculos propios. 2010.

Un caso emblemático es la Reserva Forestal de Turén, con 1.164 km², la primera decretada como ABRAE a finales de 1950. El estudio de Veillón (Veillón, 1975), establece que en 1950, Turen contaba con 890 km² de bosque, 81% correspondiente del área total, sin embargo para 1975, solo tenía 220 km², equivalente al 20%. Es decir, en solo 25 años la R.F perdió el 75% del bosque. Según nuestras estimaciones para el año 2009 Turen tenía solo el 1,9% de bosque, ello debido a causas que serán tratadas en el Capítulo IV, referente a la deforestación en Venezuela.

Como punto final a este capítulo queremos presentar datos en relación al índice de vegetación del año 1996 para las ABRAE, según el Balance Ambiental del MARNR, año 1996, (Cuadro No. III-13), (esto involucra el bosque y demás formaciones vegetales), los índices demuestran que la cobertura no es menor de 0.86%. En el Cuadro III-14, se presentan parte del resumen de los datos obtenidos en este estudio, de la cobertura solo del bosque en las ABRAE, dentro del área de estudio.

**Cuadro No. III-13. Índice de vegetación por ABRAE, año 1996
(nivel Nacional)**

ABRAE	Porc %	Sup. km ²	Sup. Bosq. km ²	Indice
PARQUES NACIONALES	100	126,306.12	109,705.73	0.87
MONUMENTOS NATURALES	100	11,208.66	11,133.92	0.99
RESERVAS FORESTALES	100	116,782.67	106,790.97	0.91
Totales		254,297.45		

Fuente: MARN. Balance ambiental de Venezuela, 1996.

**Cuadro No. III-14. Índice de cobertura bosque por ABRAE, año 2009
(norte de Venezuela)**

ABRAE	Porc %	Sup. km ²	Sup. Bosq. km ²	Indice
PARQUES NACIONALES	58	37.442,28	11.679,65	0,31
MONUMENTOS NATURALES	33	740,56	293,22	0,40
RESERVAS FORESTALES	55	10.340,66	4.533,11	0,44
Totales		48.523,50		

Fuente: Cálculos propios, año 2010.

Al analizar los cuadros tenemos que en términos generales los índices de cobertura de bosque de las distintas ABRAE en el área de estudio presentan valores menores a la mitad de los nacionales. En cuanto a los Parques Nacionales del norte de Venezuela poseen el 10,64% del bosque en dichas ABRAES y un índice de cobertura de 0,31. En cuanto a los Monumentos naturales del norte de Venezuela poseen el 2,63% del bosque de estas ABRAES y un índice de cobertura de 0,40. Las R.F del área de estudio poseen el 4,24% del bosque de las R.F y un índice de cobertura de 0,44.

Mapa No 13. ABRAE producción forestal.

Capítulo. IV. EL PROCESO DE DEFORESTACIÓN EN VENEZUELA (1980-2009)

CAP. IV. EL PROCESO DE DEFORESTACIÓN EN VENEZUELA (1980-2009).

Este capítulo al igual al anterior se elaboro con base de los resultados obtenidos del procesamiento de imágenes de satélites para el área de estudio, Este se realizo partiendo de una compilación y homogenización de datos e informaciones oficiales que conjuntamente con los datos y estimaciones obtenidas en esta investigación, permiten visualizar, cuantificar y localizar de manera precisa como ha sido la evolución y causas del proceso de deforestación en la región norte de Venezuela en el período 1980 - 2009, el proceso permite la definición de “Zonas Críticas”.

El capítulo está organizado en tres secciones: en la primera sección se realiza el análisis de los resultados multitemporales que permiten cuantificar la cobertura del bosque en el área de estudio, establecer la distribución geográfica del proceso de deforestación. En la segunda sección se realiza el análisis de la deforestación con detalle por entidades federales, en las que se identifican y localizan geográficamente las “Zonas Críticas”, es decir, los lugares donde los procesos de deforestación han sido de mayor intensidad y gravedad. En esta etapa del análisis se utilizan los índices de diversidad espacial de la cobertura del bosque en general para toda el área de estudio y con mayor detalle en la definición en las entidades federales. La última sección es sobre la deforestación como problema ambiental en Venezuela, donde se compila los estudios de deforestación realizados en el norte del país, la grave afectación que han sufrido las ABRAE de producción forestal y se presenta una estimación porcentual de la incidencia espacial de las causales de la deforestación en los últimos 29 años.

IV.1.- EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA DEFORESTACIÓN (1980 - 2009)

Para presentar los siguientes resultados fue necesario realizar un trabajo de ajuste y evaluación de los datos primarios. Dada las distintas metodologías utilizadas y formatos de presentación, se decidió que para los años 1980 y 1990 se tomaran los datos oficiales generados por el Ministerio del Ambiente. La cobertura del bosque de los años 80 se obtuvo de los Sistemas Ambientales Venezolanos y la cobertura para el año 1990, fue obtenida a partir del procesamiento de las cartas de vegetación a escala 1:250.000 publicados por el Ministerio del Ambiente, (Mapa No.14). Así mismo se consideró como cobertura de bosque al bosque propiamente dicho, bosque de galería, manglar y plantaciones forestales.

Los datos de cobertura del bosque para los años 2000 y 2009 (Mapa No. 3), (Mapa No. 15), son productos de esta investigación cuya metodología es explicada en detalle en el capítulo II. En primera instancia daremos una breve descripción de la distribución de la cobertura del bosque en los años considerados.

IV.1.1.- Cobertura del Bosque, año 1980

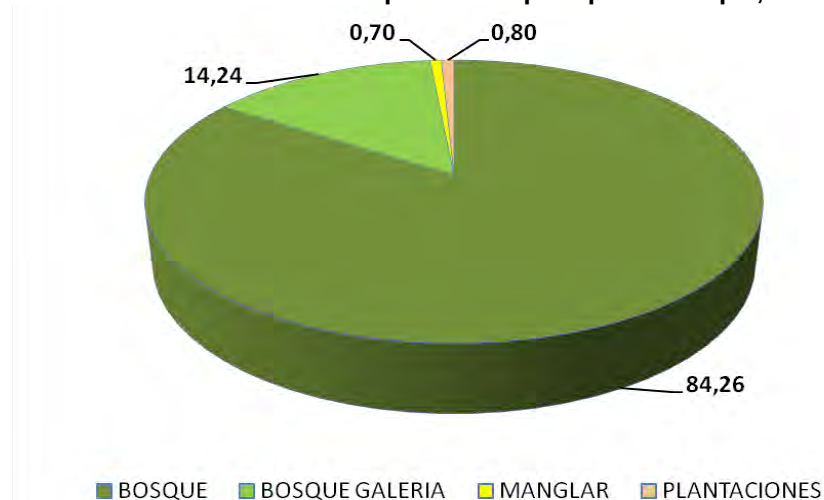
Se realiza una breve descripción de los aspectos más resaltantes de la cobertura del bosque, año 1980 para el área de estudio. Para una información más detallada del mismo sugerimos referirse al documento “Mapa de la vegetación actual de Venezuela” de los Sistemas Ambientales Venezolanos SAV, (MARNR, 1982). La cobertura del bosque (bosque, bosque de galería, manglar y plantaciones forestales) cubren una superficie de 182.900,8 km², esto representa el 40,01% del área de estudio y el 19,86% de la cobertura total del bosque en el país para ese año.

En cuanto a la localización de las mayores extensiones del bosque en general. Tenemos en primer lugar al estado Zulia con 39.491,97 km², esto

representan el 21,5% del total del bosque, le siguen los estados llaneros como son Barinas con 20.658 km², Apure con 16.975 km² y Guárico con 14.351 km², en conjunto estos primeros 4 estados poseen el 55,5% del bosque total del área de estudio para ese año. A nivel de tipos de bosque tenemos que el Bosque como tal, tenía una extensión de 154.112,1 km², ello representaba el 84,26% del bosque total del área y el 34,6% del área de estudio, le sigue el Bosque de Galería que poseía una superficie de 26.052,31 km², representando el 14,24% del bosque total y el 5,85% del área de estudio.

El manglar tenía para ese año una superficie de 1.280,4 km², ello es el 0,7% del bosque total y 0,29% del área de estudio, este tipo de bosque se caracterizan por localizarse a lo largo de la costa del país, en sitios donde las condiciones ambientales lo permitan, zonas tales como: Lagunas de Unare-Píritu, Laguna de Tacarigua, Chichiriviche, entre otros. En último término tenemos que las plantaciones forestales cubrían una superficie de 1.455,97 km², representaba el 0,80% del bosque total y 0,33% del área de estudio, estas plantaciones se localizan principalmente en los estados Anzoátegui y Monagas. (Gráfico No. IV-1).

Gráfico No. IV-1. Distribución porcentual por tipo de bosque, año 1980.



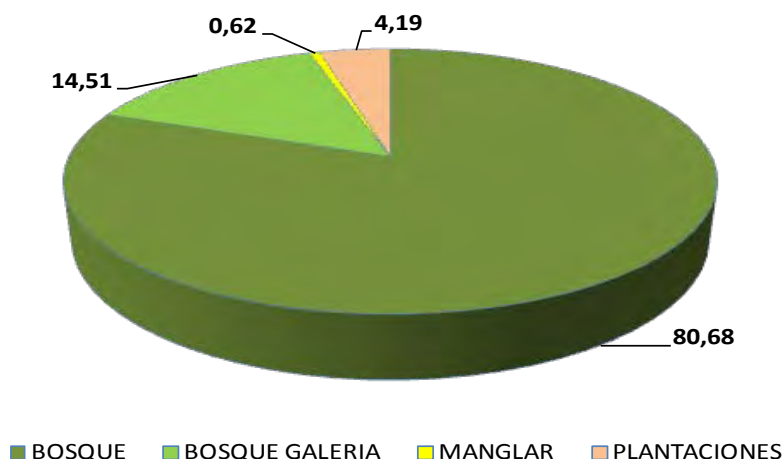
Fuente: Sistemas Ambientales Venezolanos, MARNR. 1982

IV.1.2.- Cobertura del Bosque, año 1990

De los aspectos más resaltantes de la cobertura del bosque para el año 1990, tenemos que cubría una superficie de 132.997,68 km², esto representó el 29,89% de la superficie del área de estudio. La cuantificación del bosque por estado tenemos que en primer lugar está el estado Apure con 15.827,20 km², le sigue el estado Zulia 15.633,5 km², Barinas con 15.403,4 km², en cuarto lugar tenemos al estado Anzoátegui con 10.694 km² todos estos estados en su mayoría de la región de los llanos.

La distribución por tipo de bosque, tenemos que el bosque propiamente tenía una superficie de 107.296,90 km², con un porcentaje de 80,68% del total del bosque del área de estudio, en segundo lugar estaba el bosque de galería con una extensión de 19.298,91 km², siendo el 14,51% del total del bosque, seguía las plantaciones forestales que para el año 1990 tenían una extensión de 5.577,07 km², esto es el 4,19% del total y por último el manglar con una superficie de 824,79 km², totalizando el 0,62% del bosque para aquel año en el área de estudio, (Gráfico No. IV-2).

Gráfico No. IV-2. Distribución porcentual por tipo de bosque, año 1990.



Fuente: Mapa de la vegetación de Venezuela, MARNR. 1993

IV.1.3.- Tasa de cambio periodo (1980 - 2009)

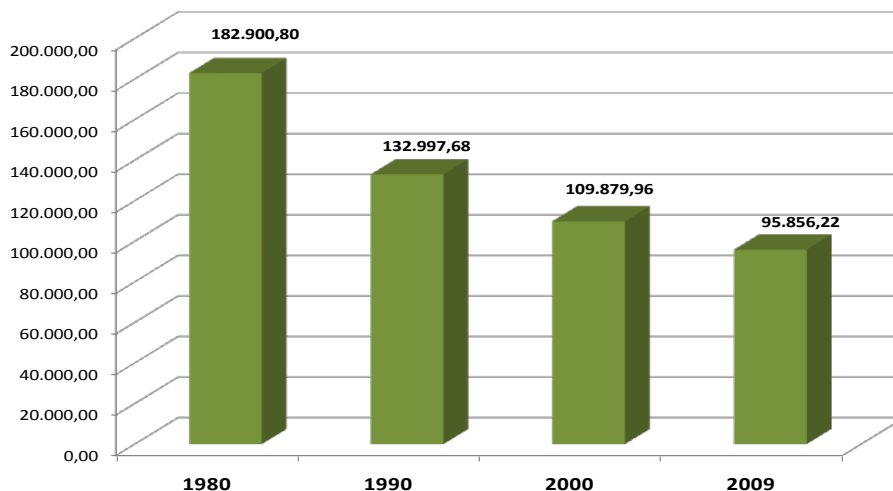
Para iniciar el análisis del proceso de deforestación de Venezuela y en especial a la margen norte del Orinoco, en el Cuadro No. IV-1, observamos que para el año 1980 el área de estudio poseía una superficie de 182.900,8 km² de cobertura de Bosque, siendo esto el 41,10% de la superficie del área total y el 19,96% del territorio nacional. Ya para el año 1990 este porcentaje bajó hasta el 29,89% en el área de estudio, es decir, una reducción de 16,45% en diez años, siguió la tendencia hasta el año 2009 donde la extensión de la cobertura del bosque alcanza a unos 95.856 km², en porcentaje es el 21,54%, esto refleja una reducción de 19,56% con respecto al año 1980 dentro del área estudio, el dato del año 2009 representa el 10,46% con respecto al país, (Gráfico No. IV-3).

Cuadro No. IV-1. Cobertura boscosa del norte de Venezuela, período (1980 - 2009).

Año	Sup. Bosque km ²	Porct. Norte Ven.	Porct. Nacional
1980	182.900,8	41,10	19,96
1990	132.997,68	29,89	14,51
2000	109.879,96	24,69	11,99
2009	95.856,22	21,54	10,46

Fuente: Datos 1980. Mapa de vegetación actual de Venezuela. SAV, MARNR. 1982. Datos 1990 Mapa de vegetación de Venezuela, MARNR. 1993. Datos 2000 y 2009. Estimaciones procesamiento imágenes MODIS. Cálculos propios, 2010.

Gráfico No. IV-3. Evolución de la cobertura del bosque, período (1980-2009)



Fuente: Cálculos propios.

Siguiendo con el análisis de las tasas de deforestación ó de cambio de cobertura (Cuadro No. IV-2), podemos inferir que en los 29 años analizados, la pérdida del bosque es del 47,3% con respecto a la extensión que existía en los años 80, esto es 86.064,9 km² de cobertura boscosa, a modo de comparación esta superficie es equivalente a los estados Táchira y Apure juntas, ó con respecto a un país como Panamá (74.430 km²), con respecto a la tasa anual promedio la misma es de 1,63% y en promedio una pérdida anual de bosque de casi 3.000 km².

Cuadro. No.IV-2. Tasa de cambio de la cobertura del bosque norte de Venezuela, período (1980-2009)

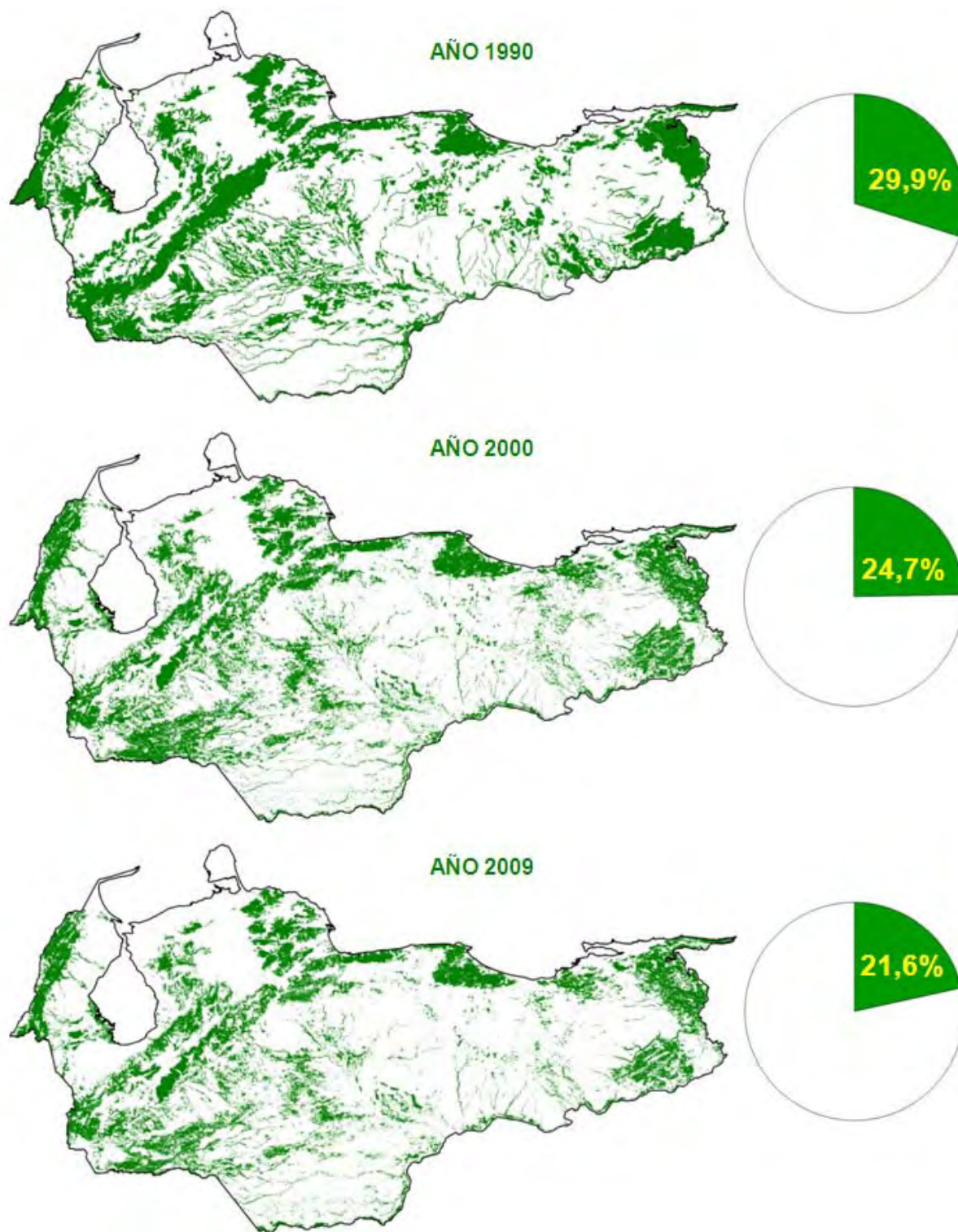
Período	años	Bosque sup. km ²		Deforestación		Tasa de cambio	
		Inicio periodo	Final periodo	(km ²)	Porct	Tasa porct.	tasa (km ² /año)
1980 - 1990	10	181.921,14	132.997,68	48.923,46	26,89	2,69	4.892,35
1990 - 2000	10	132.997,68	109.710,86	23.286,82	17,51	1,75	2.328,68
2000 - 2009	9	109.710,86	95.856,22	13.854,64	12,63	1,40	1.539,40
Totales	29	181.921,14	95.856,22	86.064,92	47,3	1,63	2.967,76

Fuente : Datos 1980. MARNR. Mapa de vegetación actual de Venezuela. Sistemas Ambientales de Venezuela, 1980. Datos 1990 Mapa de vegetación de Venezuela, 1993. Datos 2000 y 2009. Estimaciones procesamiento imágenes MODIS. Cálculos propios, 2010.

A pesar de los datos alarmantes se puede observar que hay una leve disminución de la tasa de cambio en la pérdida del bosque en los últimos 20 años, dado que en el periodo comprendido 1980-1990 la tasa era de 2,69% y el último periodo analizado 2000 – 2009, la tasa se reduce a 1,40%, con una deforestación anual de 1.539,40 km² ello equivalente a una pérdida del bosque de 4,21 km²/día, ó 17,54 ha/hora y de algo menos de 3.000 m²/min, en el área de estudio (Figura No. IV-1).

Si bien es cierto en el periodo 2000-2009 hay una tendencia hacia la baja de la tasa de deforestación, la excepción a esta tendencia la tiene el estado Guárico, que presenta una tasa Muy Alta (3,30%). Sin embargo,

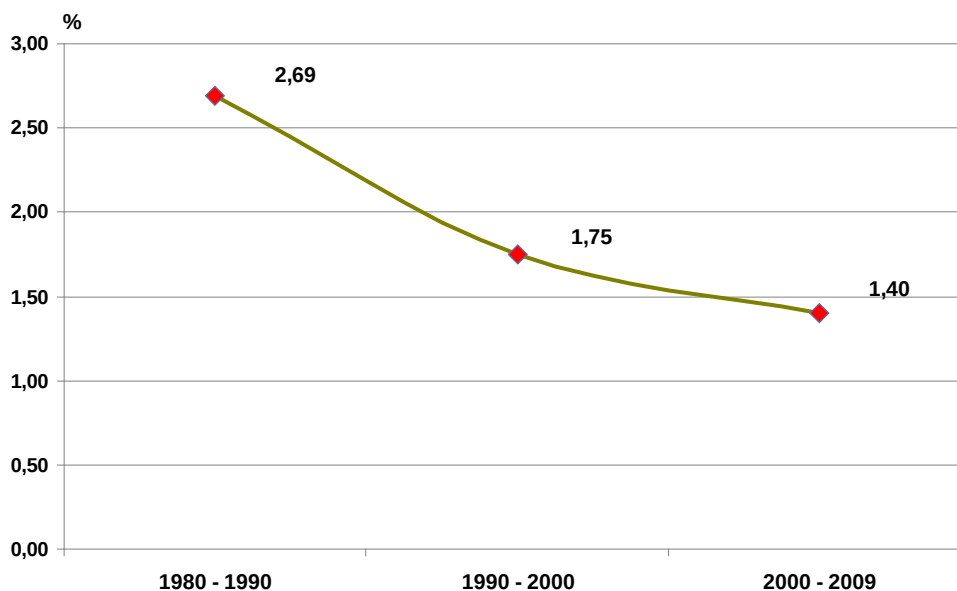
Figura No. IV-1. Cobertura del bosque de los años 1990, 2000 y 2009.



Fuente: Elaboración propia. 2010.

consideramos, que esta tendencia es en parte debido al agotamiento de las especies maderables de alto valor comercial especialmente en los estados con mejor accesibilidad vial. Siendo en las últimas décadas el proceso de mayor impacto, la conversión del bosque por el uso agropecuario (Gráfico No. IV-4), (Foto IV-1).

Gráfico No. IV-4. Tasas de cambio de la cobertura del bosque, período (1980-2009).



Fuente: Cálculos propios.2010

Para el año 1980 existía una superficie en plantaciones forestales de 45 km², en el año 2007, según las estadísticas forestales y con las imágenes de satélites, actualmente existen 5.500 km², aprox. Ello representa el 5,8% de la superficie de la cobertura del año 2009. En un primer análisis esto es favorable, ya que representa un aumento de la cobertura boscosa, que contrarresta la pérdida del bosque natural.

Para la valoración de las tasas presentadas se utiliza la clasificación utilizada por Catalán (Catalán, 1991), (Cuadro No. IV-3).

Cuadro No. IV-3. 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: Catalán, A. (1991).

De esta clasificación se puede concluir que la tasa anual de Venezuela en el tiempo analizado se valora como Alta en el periodo 1980-1990 y 1990-2000, así como de Media para el último periodo 2000-2009.

Foto No. IV-1. Zonas de potreros que antes eran áreas boscosas.



Zona del Catatumbo, edo. Zulia. Esta vista presenta al fondo lo que era todo el bosque, se aprecia la gran altura de los árboles, en comparación con el ganado vacuno. Fotografía: Karl Weidmann, s/f.

Mapa 14 cobertura del bosque 1990 (doble carta)

Mapa 15 cobertura del bosque 2000 (doble carta)

IV.2.- INDICES DE DIVERSIDAD ESPACIAL

Al realizar el análisis del patrón espacial de la cobertura del bosque para los años 2000 y 2009, aplicamos para ello los índices de diversidad espacial de la cobertura boscosa. Estas medidas aportan información útil para apreciar las transformaciones y afectaciones de la cobertura del bosque, y van dirigidas a identificar los polígonos ó parches estables (no deforestados) y los que han sufrido en alguna medida un grado de afectación (Cuadro No. IV-4).

Así tenemos que en cuanto al número de polígonos entre los años analizados hay una disminución, de 15.799 a 14.424, esto es una diferencia de 1.375 polígonos menos, valor que en lo porcentual es del 8,70% de variación, el tamaño del polígono mayor la diferencia encontrada es de 614km², con la variación de 7%, en cuanto al tamaño promedio se nota una disminución de 1,35 km², y la variación de 16,9%, la densidad de polígonos es mínima la diferencia de 0,31, esto es 4,46% de variación, en relación a la longitud de borde la diferencia es de 1.802 km, y de variación un 0,92% y con respecto al índice de proximidad entre los polígonos aumentó de 88 km a 115 km, presentando una variación del 30%.

Todos estos datos al realizar el análisis de diversidad espacial indican que hay una reducción en cuanto al número de polígonos ó parches de bosque en el periodo de 9 años, siendo en promedio de 152 parches/año, este dato se complementa por el hecho que el índice de proximidad para el año 2009 es mayor. Así tenemos que tanto el tamaño promedio del polígono y la densidad de polígonos, revelan que si bien se registra solo un ligero proceso de fragmentación del bosque, si se evidencia una moderada reducción de la superficie de los polígonos de media intensidad equivalente, al ver los datos del tamaño del polígono mayor, estimamos una tasa de cambio de 0,77%. El dato de la longitud de borde permite establecer el grado ó magnitud de las

condiciones físicas y biológicas que influyen desde la franja externa hacia lo interno, en este caso, del polígono del bosque, el dato obtenido de la longitud del borde total refleja un aumento leve del llamado efecto de borde.

Cuadro No. IV-4. Medidas de diversidad espacial, años 2.000 y 2.009

Años	Sup. Bosque	Num. de Polígono	Tamaño polígono Mayor	Tamaño Promedio	Densidad de polígono	Long. Total del borde	Índice de proximidad entre polígonos
2000	109.879,96	15.799	8.786,05	7,99	6,95	196.954,33	88,99
2009	95.856,22	14.424	8.171,13	6,64	6,64	195.151,62	115,00

Fuente: Cálculos propios, 2010.

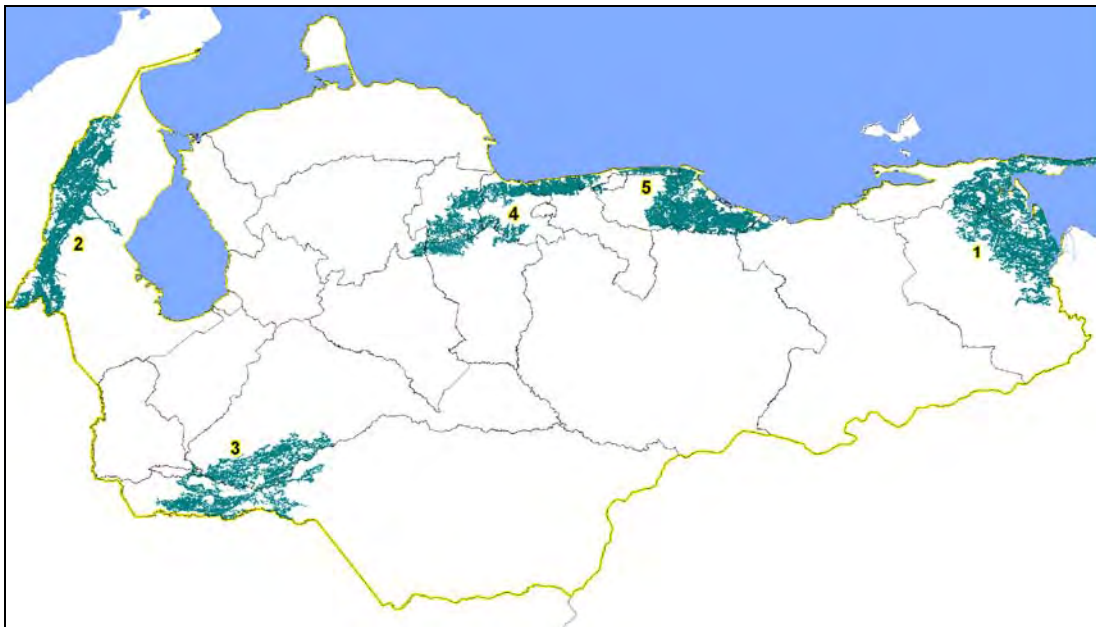
Así en términos generales podemos decir que hay una baja tendencia a una mayor reducción del tamaño promedio de los polígonos, así como un leve aumento de la diversidad espacial de la cobertura del bosque y una evidente conversión de polígonos de bosques a otros tipos de coberturas, con las implicancias en cuanto a la pérdida de hábitats, protección del suelo entre otros efectos ambientales.

Un dato interesante es sobre el tamaño del polígono mayor, que indica en el análisis temporal, la variación encontrada es del 7%, se puede establecer el grado de reducción, con un aproximado de 68,3 km² por año de reducción. Un modo de ilustrar los mayores polígonos de cobertura de bosque que existen (Figura No. IV-2), su localización dentro del área de estudio.

Estos datos se complementan con el análisis aplicado a los polígonos en cuanto a su condición de cambio, es decir, establecer su condición de estabilidad ó permanencia, ello es posible con el uso de técnicas en SIG y el manejo de la base de datos de los atributos asociados a los polígonos del bosque, (Cuadro No. IV-5), (Gráfico No. IV-5). Este cuadro muestra que más del 54% de los polígonos de bosque tuvieron cambios, son en total 8.599 y en

superficie constituyen el 91,58%, los polígonos estables totalizan 4921 y poseen el equivalente al 31% del total de polígonos, siendo su superficie de 6,42%, en cuanto a los polígonos eliminados son en total 2.279, ello es el 14,4%, con una superficie de 2.192,92 km², es decir, el 2% del total porcentual.

Figura No. IV-2. Localización de las cinco (5) grandes zonas de bosque, área de estudio.



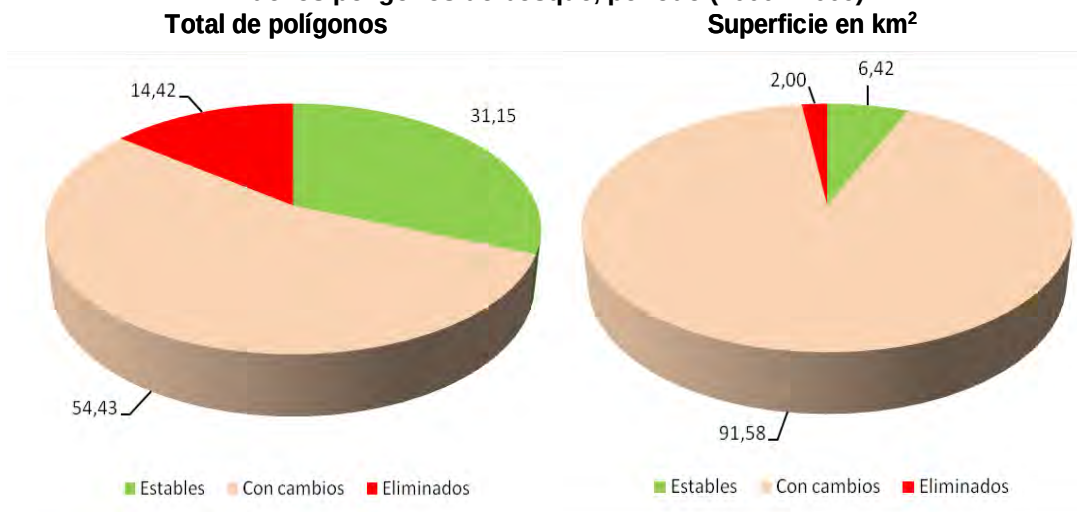
- 1) Zona del río San Juan y Península de Paria, edo. Monagas y Sucre.
- 2) Serranía de Perijá, edo. Zulia
- 3) Sur de los Llanos occidentales, edo. Apure y Barinas
- 4) Serranías de la Costa y del Interior, norte edo. Carabobo, Aragua, norte de Cojedes, sur de Yaracuy.
- 5) Serranía de la Costa y depresión de Barlovento, sureste de Miranda, Vargas.

Cuadro No. IV-5. Total de polígonos de bosque por condición de cambio, período 2000 – 2009

Condición Polígonos	Num. Polígonos	Porct	Sup. km ²	Porct
Estables	4921	31,15	7.059,04	6,42
Con cambios	8599	54,43	100.628,00	91,58
Eliminados	2279	14,42	2.192,92	2,00
Total Polg. año 2000	15.799		109.879,96	

Fuente: Cálculos propios. 2010.

Gráfico No. IV-5. Distribución porcentual según condición de cambio y superficie de los polígonos de bosque, período (2000 - 2009).



Fuente: Cálculos propios. 2010.

IV.3.- DISTRIBUCIÓN Y TASAS DE CAMBIO DE LA COBERTURA DEL BOSQUE POR ENTIDAD FEDERAL (1980 - 2009)

Se realizó el análisis de la cobertura del bosque en el período 1980-2009 para determinar las pérdidas y ganancias de la cobertura del bosque en función de las entidades federales del área de estudio, (Mapa No.16). Para ello se elaboró un cuadro, donde se aprecia los datos de superficie de la cobertura del bosque, las tasa de cambio de deforestación para cada período evaluado. Para el caso del Distrito Capital y Vargas los mismos sólo se les evaluó desde el año 1990, dado que para el año 1980, en conjunto formaban el Distrito Federal. Se presenta las evaluaciones por cada uno de los periodos.

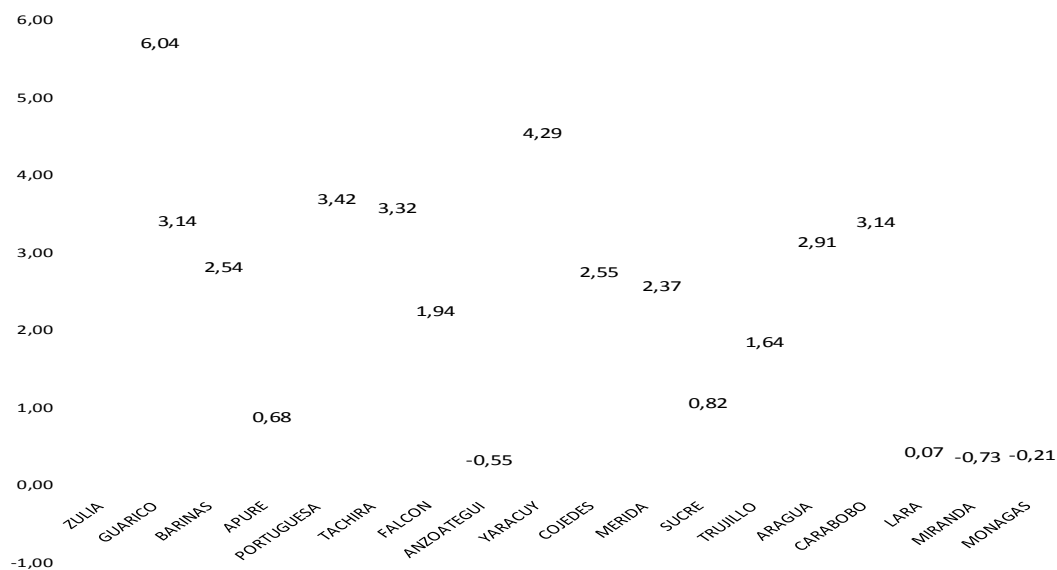
Periodo (1980-1990)

El primer periodo (1980-1990), la pérdida del bosque es de 49.903,12 km², con una tasa promedio de 2,73%, y una pérdida anual promedio de 4.990 km², siendo el estado Zulia el que tuvo una deforestación de 23.858 km², esto representan el 49,80% de la deforestación total para ese periodo, siendo este el

dato más alto encontrado a nivel de estado, incluso considerando los 29 años evaluados. El estado Zulia se presenta con la tasa más alta encontrada de 6,04%. Otros cinco estados poseen por igual muy altas tasas que pasan del 3%, entre los que se encuentran: Guárico, Portuguesa, Táchira, Yaracuy y Carabobo, (Cuadro No. IV-6), este grupo de estados totalizan una pérdida de 13.741 km², esto representa el 27,54% del total deforestado (Gráfico No.IV-6).

Otros estados, seis en total presentan menores tasas entre (2 y 1%), de tasas menores del 1% tenemos seis estados, como son: Lara, Apure, Sucre, Miranda Anzoátegui y Monagas, mención especial estos tres últimos estados, que tienen valores negativos es decir, tuvieron más cobertura de bosque que al inicio del periodo, Para los estados Anzoátegui y Monagas, -0,21% y -0,55 respectivamente, estos valores son producto del auge en la expansión de la cobertura de las plantaciones forestales ubicadas al sur de cada estado, que de 1455 km² para el año 1980, para el año 1990 ya cubrían 5.577 km². En el caso de Miranda no se pudo establecer las causas de obtener un valor de -0,73%.

Gráfico No. IV-6. Tasas de cambio de la cobertura del bosque por estados, período (1980-1990).

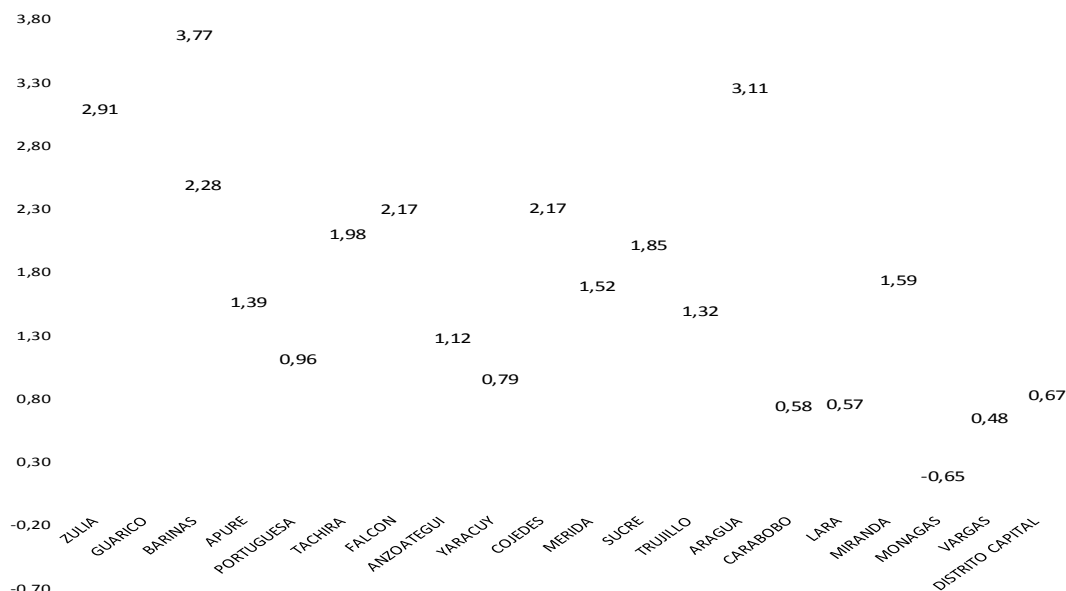


Fuente: Cálculos propios. 2010.

Periodo (1990 - 2000)

Este segundo periodo, la pérdida del bosque se estimó en 23.288,82 km², con una tasa promedio de 1,75%, y una pérdida anual promedio de 2.328 km², en este periodo se observa una mayor distribución de la deforestación a nivel de los estados, es por ello que la tasa media baja con respecto al periodo anterior. Continúa en primer lugar el estado Zulia con una pérdida de 4.547,74 km², esto representan el 19,52% de la deforestación total para ese periodo, aunque tiene una tasa menor de 3%, la misma se considera alta, pero son dos los estados los que poseen muy altas tasas más de 3%, estos son Guárico y Aragua, Al analizar las mayores pérdidas de cobertura en valores absolutos tenemos a Guárico y Barinas, perdieron más de 3.000 km² de bosque, totalizan 7.227 km², esto es el 31% del total deforestado (Gráfico No.IV-7).

Gráfico No. IV-7. Tasas de cambio de la cobertura del bosque por estados, período (1990-2000).



Fuente: Cálculos propios. 2010

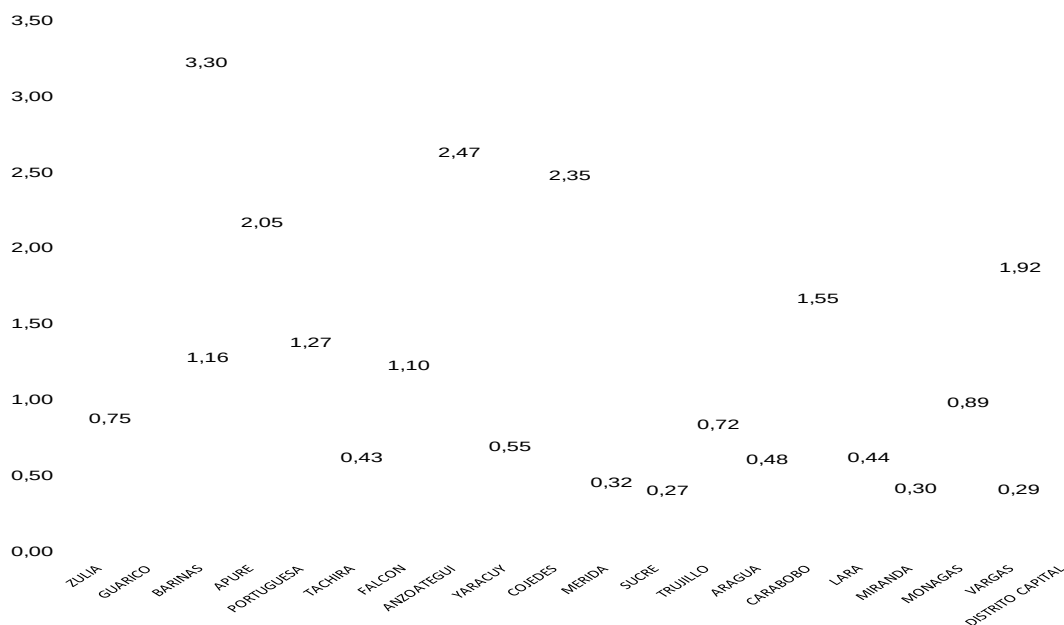
Se presentan más estados con valores que van de 2,30 a 1%, en total son nueve estados, (Cuadro No. IV-7). En el caso de los estados con los

menores valores en cuanto a la tasa de cambio, tenemos a siete estados, siendo en este caso el estado Monagas el único estado con valores negativos (-0,65), es decir, tuvo un aumento en su cobertura de bosque, esto debido a la ampliación de la superficie en las plantaciones forestales al sur del estado.

Periodo (2000-2009)

Este último periodo, la pérdida del bosque se estimó en 13.854,64 km², con una tasa promedio de 1,26%, y una pérdida anual promedio de 1.385,46 km², en este periodo por igual se observa una menores tasas de cambio en los estados. Con detalle se presentan un único estado con un valor de tasa muy alta, siendo este el estado Guárico (3,30%) con una pérdida de 2.066,07 km², se identifican otros tres estados con superficies de bosque deforestadas mayores de 1.200 km², estos son Apure, Barinas y Anzoátegui, los cuatro estados representan 8.536 km², estos concentran el 61,62% de la deforestación total para ese periodo (Gráfico No.IV-8)

Gráfico No. IV-8. Tasas de cambio de la cobertura del bosque por estados, período (2000-2009).



Fuente: Cálculos propios. 2010.

Se presentan en total cinco estados con valores cercanos al 1%, y once estados con valores de tasa de cambio menores al 1%, (Cuadro No. IV-5), en este periodo no hay ningún estado con valores de tasas negativo, es decir, no hubo estado con aumento de cobertura.

Al realizar el análisis en función de valores totales absolutos de la pérdida de cobertura boscosa en los últimos 29 años que totalizan 87.044,59 km², (Mapa No. 17). Tenemos que a nivel de las entidades federales son tres los estados que tienen más de 10.000 km² de superficie deforestados en ese periodo, los estados son: Zulia, Guárico y Barinas, siendo el estado Zulia el que ocupa el primer lugar con una deforestación de 29.240 km², (Cuadro No. IV-7), estos tres estados totalizan el 57% de la cobertura de bosque deforestada.

Hay un segundo grupo de ocho (8) estados que tienen pérdidas de cobertura de bosque entre los 6.150 km² y 2.000 km², estos agrupan en superficie de pérdida del bosque un total de 29.911,59 km² esto representa el 34,3% del total de deforestación, entre ellos se destaca el estado Apure con más de 6.138 km², el resto de los estados (nueve) tienen una pérdida de bosques que totalizan 7.237,24 km² y constituyen 8,31% del total, estos estados están entre el rango menor de 1.600 km² de pérdida de bosque.

Cuadro No.IV-6. Superficie de la cobertura boscosa y tasa de cambio por entidad federal, periodo (1980-2009).

ESTADOS	Sup. km ²	COBERTURA BOSCOSA				TASA DE CAMBIO					
		AÑOS (1980 - 2009)				1980 - 1990		1990 - 2000		2000 - 2009	
		1980 (1)	1990 (2)	2000 (3)	2009 (3)	Sup. km ²	Tasa anual %	Sup. km ²	Tasa anual %	Sup. km ²	Tasa anual %
DISTRITO CAPITAL	371,76	979,66 (4)	53,20	49,61	40,08	264,05	2,70	3,59	0,67	9,52	1,92
ANZOATEGUI	43.300,00	10.132,49	10.694,03	9.491,78	7.151,38	-561,54	-0,55	1.202,25	1,12	2.340,40	2,47
APURE	76.500,00	16.975,53	15.827,20	13.623,04	10.836,32	1.148,33	0,68	2.204,17	1,39	2.786,72	2,05
ARAGUA	6.920,00	2.696,00	1.911,54	1.316,20	1.253,33	784,46	2,91	595,34	3,11	62,87	0,48
BARINAS	37.731,00	20.658,05	15.403,48	11.894,31	10.511,57	5.254,57	2,54	3.509,18	2,28	1.382,74	1,16
CARABOBO	4.369,00	2.777,28	1.906,55	1.796,80	1.517,77	870,73	3,14	109,75	0,58	279,03	1,55
COJEDES	14.800,00	4.887,48	3.638,86	2.849,53	2.178,87	1.248,62	2,55	789,33	2,17	670,66	2,35
FALCON	23.835,00	9700,9	7.817,36	6.117,57	5.446,83	1.883,54	1,94	1.699,79	2,17	670,74	1,10
GUARICO	64.986,00	14.351,40	9.850,83	6.132,30	4.106,01	4.500,57	3,14	3.718,53	3,77	2.026,29	3,30
LARA	19.800,00	6.150,18	6.105,83	5.758,43	5.502,59	44,35	0,07	347,40	0,57	255,84	0,44
MÉRIDA	11.300,00	6.516,23	4.972,72	4.215,99	4.082,11	1.543,51	2,37	756,73	1,52	133,88	0,32
MIRANDA	7.950,00	5.042,57	5.412,28	4.550,31	4.414,98	-369,71	-0,73	861,97	1,59	135,33	0,30
MONAGAS	28.900,00	8.715,25	8.896,58	9.472,51	8.635,21	-181,33	-0,21	-575,93	-0,65	837,30	0,88
PORTUGUESA	15.200,00	9.001,58	5.924,04	5.354,41	4.673,20	3.077,54	3,42	569,63	0,96	681,21	1,27
SUCRE	11.800,00	5.785,59	5.313,85	4.329,56	4.211,92	471,74	0,82	984,30	1,85	117,64	0,27
TACHIRA	11.100,00	8.763,60	5.851,48	4.691,69	4.490,18	2.912,12	3,32	1.159,79	1,98	201,51	0,43
TRUJILLO	7.400,00	4.721,46	3.948,37	3.428,21	3.180,22	773,09	1,64	520,15	1,32	247,99	0,72
YARACUY	11.800,00	5.553,58	3.173,54	2.922,38	2.760,98	2.380,04	4,29	251,15	0,79	161,41	0,55
ZULIA	45.755,00	39.491,97	15.633,54	11.085,80	10.250,78	23.858,43	6,04	4.547,74	2,91	835,02	0,75
VARGAS	1.172,47		662,41	630,44	611,89			31,97	0,48	18,54	0,29
		181.921,14	132.997,68	109.710,86	95.856,22	48.923,46	2,69	23.286,82	1,75	13.854,64	1,26

(1). Fuente: MARNR. Mapa de vegetación actual de Venezuela. Sistemas Ambientales de Venezuela, 1980.

(2). Fuente: MARNR. Mapa de vegetación de Venezuela, 1995.

(3). Fuente: Estimaciones procesamiento imágenes MODIS. Cálculos propios, 2010.

(4). Para 1980, existía el Distrito Federal que incluía el Mun. Libertador y el estado Vargas, por ello el dato está agrupado.

Cuadro No.IV-7. Totales de pérdida de la cobertura boscosa e índices de cambios por entidad federal, periodo (1980-2009).

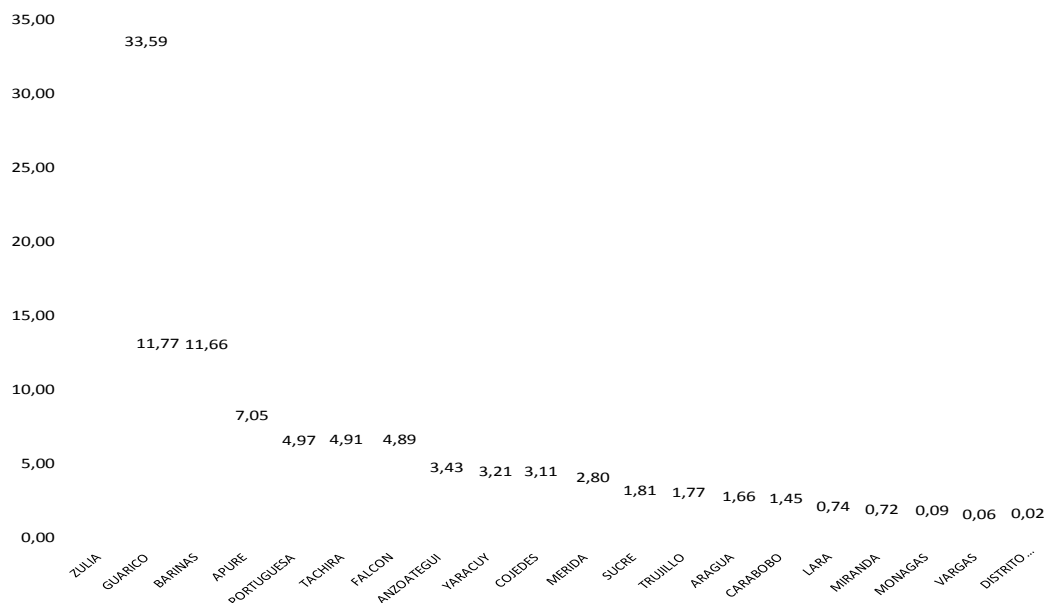
ESTADOS	Sup. km ²	Pérdida Tot. Bosque	Tasa promedio	Clasif. Tasa	Sup. anual km ²	Porct. Est. 1980	Porct. Est. 2009	Dif. Port
ZULIA	45.755,00	29.240,63	3,23	Muy Alta	1.008,30	86,31	22,40	63,91
GUARICO	64.986,00	10.245,17	3,40	Muy Alta	353,28	22,08	6,32	15,77
BARINAS	37.731,00	10.145,91	1,99	Media	349,86	54,75	27,86	26,89
APURE	76.500,00	6.138,62	1,37	Media	211,68	22,19	14,17	8,02
PORTUGUESA	15.200,00	4.328,12	1,88	Media	149,25	59,22	30,75	28,47
TACHIRA	11.100,00	4.273,17	1,91	Media	147,35	78,95	40,45	38,50
FALCON	23.835,00	4.253,77	1,74	Media	146,68	40,70	22,85	17,85
ANZOATEGUI	43.300,00	2.983,05	1,01	Media	102,86	23,40	16,51	6,89
YARACUY	11.800,00	2.792,45	1,88	Media	96,29	47,06	23,40	23,66
COJEDES	14.800,00	2.708,49	2,36	Alta	93,40	33,02	14,72	18,30
MERIDA	11.300,00	2.433,90	1,40	Media	83,93	57,67	36,13	21,54
SUCRE	11.800,00	1.573,45	0,98	Media	54,26	49,03	35,70	13,33
TRUJILLO	7.400,00	1.541,06	1,23	Media	53,14	63,80	42,98	20,83
ARAGUA	6.920,00	1.442,60	2,17	Alta	49,74	38,96	18,11	20,85
CARABOBO	4.369,00	1.259,43	1,75	Media	43,43	63,57	34,74	28,83
LARA	19.800,00	647,29	0,36	Baja	22,32	31,06	27,79	3,27
MIRANDA	7.950,00	627,35	0,39	Baja	21,63	63,43	55,54	7,89
MONAGAS	28.900,00	82,47	0,01	Baja	2,84	30,16	29,87	0,29
VARGAS	1.172,47	50,48	0,39	Baja	1,74	56,50	52,19	4,31
DISTRITO CAPITAL	371,76	13,11	1,30	Media	0,45	14,31	10,78	3,53
Totales	444.990,23	87.044,59						

Fuente: Cálculos propios. 2010

Si aplicamos la clasificación propuesta por Catalán (Catalán, 1991), observamos que los estados Guárico y Zulia, tienen Muy Altas de tasas de deforestación media (>3%), con 3,40% y 3,23%, respectivamente, siendo Guárico el único estado que en los tres periodos analizados (1980-1990), (1990-2000), (2000-2009) que no ha bajado del 3%.

Con tasas clasificadas como Altas (entre 2% y 3%) tenemos los estados Cojedes y Aragua, con 2,36% y 2,17% respectivamente, incluso Aragua en el periodo (1990-200) llegó a tener más de 3% siendo la segunda posición de mayor tasa.

Gráfico No. IV-9. Distribución porcentual de la pérdida de bosque por entidades federales, periodo (1980 -2009).



Fuente: Cálculos propios. 2010.

Un tercer grupo de estados se ubican en tasas Medias de cambio (entre 2% y 0,5%), en total son 11 estados, (Cuadro No. IV-7), en los que se incluye a Barinas, sin embargo, cuatro estados están en el límite superior de esta clasificación Media, como son: Barinas, Portuguesa, Yaracuy y Sucre. Al evaluar las tasas en periodos anteriores tenemos que, algunos de estos estados en el periodo (1980-1990) tenían tasas Muy Altas, tal es el caso de Portuguesa, Falcón y Carabobo, para el segundo periodo (1990-2000), con tasas Altas eran Barinas, Cojedes y Falcón y en el tercer periodo los estados con tasa Altas están Apure, Anzoátegui y Cojedes, (Gráfico No. IV-9). Como último grupo tenemos los de tasas Bajas (< 0,5%), se ubican los estados Lara, Miranda, Monagas y Vargas.

En cuanto a la variación porcentual de la tasa de cambio con respecto a la superficie de cada estado, tenemos que sigue siendo el estado Zulia con la mayor variación porcentual entre los años 1980 y 2009, con 63,9%. Otras

entidades que llaman la atención es el Táchira que de 78% de cobertura de bosque en el año 1980, en el 2009 tiene 40,5%, otros casos, son el de Cojedes, Aragua y Distrito Capital, que tienen menos del 20% de su territorio cobertura de bosque para el año 2009. Pero es el estado Guárico el que tiene una situación más alarmante ya que en el año 2009 solo tenía el 6,3% de cobertura de bosque, al revisar varias imágenes de satélites recientes y de mayor resolución se nota un gran número de zonas de potreros para la ganadería y áreas agrícolas, sobre todo al norte del estado.

IV.4.- LOCALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ZONAS CRÍTICAS

Para la elaboración de las zonas críticas se contó con los resultados obtenidos previamente, así como el uso del SIG, para la aplicación del álgebra de mapas, combinación y sobreposición de capas, por igual fue necesario un procesamiento a nivel de las base de datos de atributos de los mapas de cobertura del año 2000 y 2009, en función de los criterios establecidos en el capítulo metodológico (pág. 89), se pudo identificar las zonas críticas que a continuación presentamos.

IV.4.1.- Zonas Críticas, por estados

El análisis de las Zonas Críticas permite evaluar la condición de pérdida ó ganancia de los polígonos del bosque (Cuadro No. IV-8). El dato más relevante corresponde a la categoría 5, Zona Crítica Muy Alta, y agrupa son a 2.153 polígonos que han perdido ó más de 1.000 ha, ó más del 50% de su extensión, esta categoría abarca 53.435,75km², equivalente al 55,7% del total del bosque del año 2009. En segundo lugar está la categoría 3, Zona Crítica Media, correspondiente a 3.950 polígonos que han perdido entre 1 y 25% de su extensión y son cubren una superficie de 25.623,4km², que representan el 26,7% del total del bosque.

**Mapa 16. Evolución del proceso de deforestación del
bosque (periodo 1990-2009).**

Mapa 17. Superficie total deforestada y porcentaje de bosque por entidad federal (1980-2009).

Cuadro No.IV-8. Total de superficie de las categorías de Zonas Críticas, año 2009.

Categoría Z. Crítica	Descripción	Núm. polígonos	Sup. km²
1	Nuevas áreas	904	519,94
2	Áreas estables sin cambio. Zona Crítica Baja	5.470	8.692,05
3	Zona Crítica Media	3.950	25.623,44
4	Zona Crítica Alta	1.944	7.585,05
5	Zona Crítica Muy Alta	2.156	53.435,75

Fuente: Elaboración Propia. 2010.

Le sigue la categoría Alta con pérdida del bosque de menos del 25%, que totalizan 1.944 polígonos con una extensión de 7.585 km². Así en términos generales el proceso de pérdida del bosque es debido a un proceso de reducción más que de fragmentación. Esto se explica ya que la región norte del país presenta un alto grado de intervención antrópica y los procesos de fragmentación se dan principalmente en zonas poco accesibles.

La primera categoría, está referida a las áreas ó polígonos nuevos ó recientes, en total se identificaron 904 polígonos eso corresponde al 0,54% del total. Parte de la explicación de este dato es que sea producto de la diferencia de los valores NDVI, es decir, que para el año 2000 los nuevos polígonos identificados eran bosque y sin embargo, el sensor los consideró no bosque y para el año 2009, dadas las condiciones climáticas y del verdor del área, el sensor lo identificó dentro de los valores considerados como bosque.

En el Cuadro No. IV-9, se realiza el cruce de las Zonas Críticas de cada categoría por estado. Para ello nos concentraremos en cuanto a valores absolutos, es decir, a los estados que presentan las mayores superficies en Zona Crítica Muy Alta. En ese sentido no es extraño que el estado con la mayor superficie con 6.665,54 km² sea el Zulia, estas zonas Muy Altas se localizan

principalmente en la Sierra de Perijá y las Altas en los bosques del río Catatumbo, sur del Lago. Le sigue el estado Barinas con 6.378,4 km², se localizan de manera extendida en el piedemonte andino al occidente del estado en las cuencas del Santo Domingo, Suripá y Canaguá y en su parte central.

Existen un conjunto de estados que presentan superficies de Zona Crítica Muy Alta entre los 5.000 km² y los 3.500 km², entre ellos están: Monagas, Apure y Miranda. En Monagas las zonas críticas Muy Altas están al norte en la Cordillera de la Costa Oriental y al este en las planicies cenagosas cercanas al delta del Orinoco. En Apure principalmente localizados al oeste del estado piedemonte andino, en las riberas del río Apure y Arauca. En Miranda se localizan en la Serranía del Interior, los valles del Tuy y la región de Barlovento.

Cuadro No.IV-9. Zonas Críticas según categorías, por entidades federales, año 2009.

Estados	ZONAS CRÍTICAS (km ²)					Totales
	ZC1	ZC2	ZC3	ZC4	ZC5	
DISTRITO CAPITAL		1,25	14,32	2,12	22,39	40,08
ANZOATEGUI	40,50	2.262,70	1.375,80	716,24	2.756,14	7.151,38
APURE	469,30	802,83	3.373,68	1.392,59	4.797,92	10.836,32
ARAGUA		154,76	217,42	0,44	880,72	1.253,33
BARINAS		746,19	2.934,51	452,38	6.378,48	10.511,57
CARABOBO		1,45	104,80	32,80	1.378,73	1.517,77
COJEDES		79,39	539,88	210,88	1.348,72	2.178,87
FALCON		209,54	2.950,50	110,13	2.176,66	5.446,83
GUARICO		289,77	2.276,43	513,72	1.026,09	4.106,01
LARA		174,88	3.361,81	22,25	1.943,66	5.502,59
MERIDA		105,63	859,32	1.635,14	1.482,02	4.082,11
MIRANDA		57,70	84,58	0,72	4.271,99	4.414,98
MONAGAS	10,12	2.904,71	806,84	6,07	4.907,47	8.635,21
PORTUGUESA		99,97	2.577,89	173,96	1.821,38	4.673,20
SUCRE		56,17	636,72	1,43	3.517,60	4.211,92
TACHIRA		117,44	490,81	126,47	3.755,47	4.490,18
TRUJILLO		252,65	907,38	3,25	2.016,94	3.180,22
YARACUY		14,68	1.039,91	9,29	1.697,10	2.760,98
ZULIA		352,65	1.060,89	2.171,70	6.665,54	10.250,78
VARGAS		7,72	9,94	3,49	590,73	611,88
Totales	519,92	8.692,07	25.623,44	7.585,05	53.435,75	95.856,22

Fuente: Cálculos propios, 2010.

Así tenemos que el análisis espacial de las Zonas Críticas permite identificar aquellas futuras áreas que pueden ser deforestadas, mucho antes de que ocurran, observando la intensidad de la deforestación del bosque.

Estos resultados tan solo confirman la gravedad de la situación de los bosques en al menos cinco estados con más de 3.500 km² con categoría de Zona Crítica Muy Alta, esto representa alrededor del 35% de la superficie total del bosque para el año 2009. Para efecto de establecer las áreas prioritarias de actuación se utiliza la tasa de deforestación y la reclasificación de Zonas Críticas, un grupo las categorías (1 - 2 - 3) y un segundo grupo las categorías (4 - 5), luego se ponderó los valores y el resultado se presenta en el Cuadro No.IV-10.

Cuadro No.IV-10. Cuadro síntesis de Áreas Prioritarias de actuación por entidades federales, año 2009.

ESTADOS	Deforestación anual km ²	Tasa anual %	ZC (1-2-3)	ZC (4-5)	Prioridad	Condición
GUARICO	225,14	3,30	2.566,20	1.539,81	MUY ALTA	1.208 km ² deforestación anual 78,52%
ANZOATEGUI	260,04	2,47	3.679,00	3.472,38		
COJEDES	74,52	2,35	619,27	1.559,60		
APURE	309,64	2,05	4.645,81	6.190,51		
BARINAS	153,64	1,16	3.680,70	6.830,86		
MONAGAS	93,03	0,88	3.721,67	4.913,54		
ZULIA	92,78	0,75	1.413,54	8.837,24		
CARABOBO	31,00	1,55	106,25	1.411,53	ALTA	231 km ² deforestación anual 15,05%
PORTUGUESA	75,69	1,27	2.677,86	1.995,34		
FALCON	74,53	1,10	3.160,04	2.286,79		
TACHIRA	22,39	0,43	608,25	3.881,93		
MIRANDA	15,04	0,30	142,28	4.272,71		
SUCRE	13,07	0,27	692,89	3.519,03		
DIST. CAPITAL	1,06	1,92	15,57	24,51	MEDIA	90 km ² deforestación anual 5,84%
TRUJILLO	27,55	0,72	1.160,03	2.020,19		
YARACUY	17,93	0,55	1.054,59	1.706,39		
LARA	28,43	0,44	3.536,69	1.965,91		
MERIDA	14,88	0,32	964,95	3.117,16		
ARAGUA	6,99	0,48	372,18	881,16	BAJA	9 km ² deforestación anual 0,6%
VARGAS	2,06	0,29	17,66	594,22		

Fuente: Cálculos propios, 2010.

Mapa No. 18 Zonas Criticas 2009, nivel estatal.

**Mapa No. 19 Zonas Áreas prioritarias de actuación,
2009.**

IV.5.- LA DEFORESTACIÓN, PROBLEMA AMBIENTAL EN VENEZUELA

Los bosques son un bien ambiental, considerando un producto de la naturaleza directamente aprovechado por el ser humano, Sin embargo a nivel mundial se ha perdido más de la mitad del bosque que existía a principio del siglo 20.

Desde la Conferencia de Estocolmo en 1972 (Naciones Unidas, 1972), se reconoció que de todos los ecosistemas, los bosques son el mayor, el más complejo y el de mayor capacidad de perpetuarse a sí mismo, se asentó la gran necesidad de establecer y aplicar políticas acertadas para el uso de la tierra y de los bosques.

La deforestación es considerada como uno de los más graves problemas ambientales que presenta Venezuela. En la revisión bibliográfica consultada sobre el tema, se resume parte de las consecuencias negativas más importantes de este problema, como son:

- Pérdida de la biodiversidad
- Aumento del bióxido de carbono en la atmósfera, siendo el CO₂ uno de los gases invernadero que ayudan al proceso del calentamiento global
- Pérdida de las capas superficiales del suelo, lo que genera erosión del suelo
- Pérdida de espacios naturales para el turismo y la recreación
- Afecta al control de inundaciones
- Pérdida de la información genética

Con más detalle en cuanto a la pérdida de biodiversidad, tenemos que en fauna en Venezuela existen al menos de 1.370 especies de aves, correspondientes al 40% de las especies del trópico. En mamíferos se han totalizado más de 350 especies, entre ellas más de la mitad murciélagos y

341 reptiles, la gran mayoría de ellos utilizan el bosque como hábitat natural (MARNR, 2000).

Según el trabajo el realizado por Otto Huber, en Venezuela existen 650 tipos de vegetación con unas 1.500 especies vegetales superiores, de un total de 15.353 especies de plantas vasculares, en cuanto a las formaciones boscosas existen en algunos lugares que son dominados por solo una especie, en otros bosques coexiste más de 150 a 200 especies arbóreas por hectárea. En relación las alturas por igual varían existen bosques enanos y de un solo estrato, hasta los pluriestratificados de 40 a 50 m de altura (Huber, 1997). En cuanto endemismo en la actualidad se conocen unas 3.000 especies endémicas y más de 770 existen ó se localizan en la margen norte del río Orinoco.

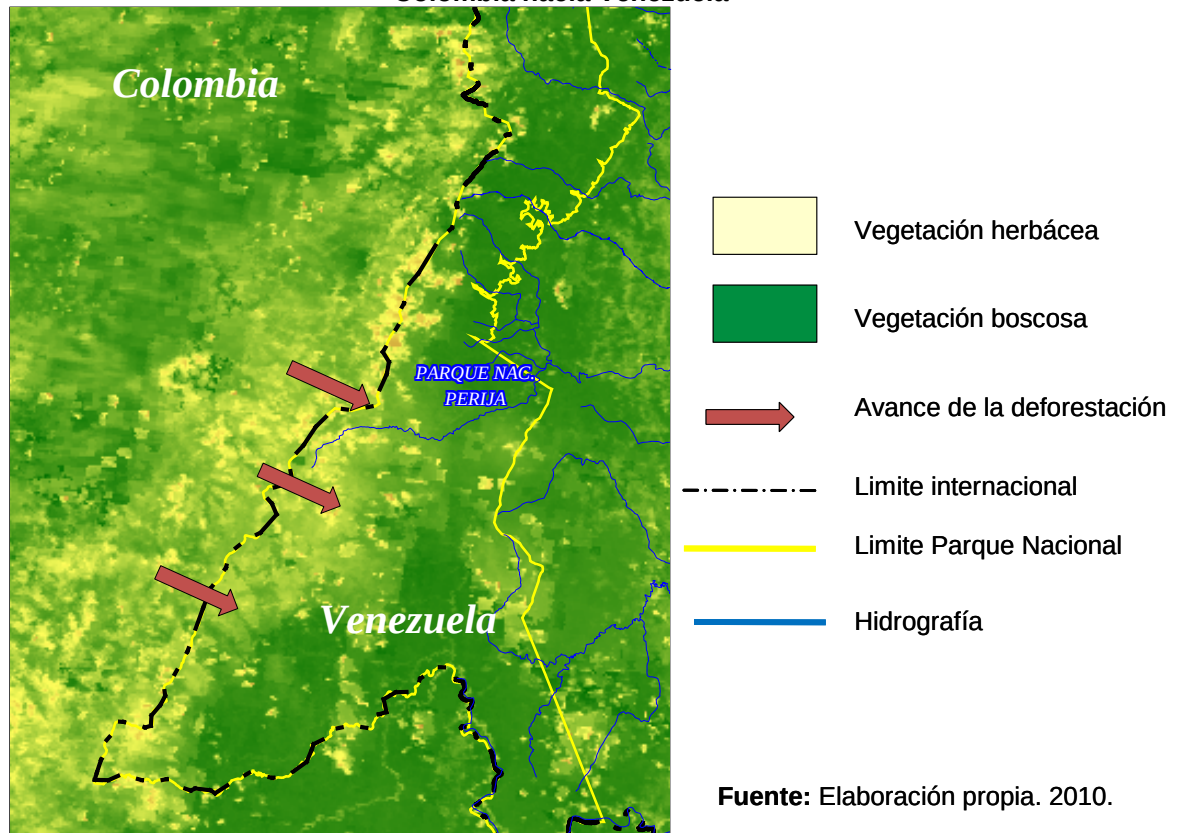
En Venezuela existen un total de 341 especies de flora amenazadas de las cuales 2 se consideran Probablemente Extintas, 54 están consideradas En Peligro Crítico, 77 especies En Peligro y 211 especies en condición de Vulnerable (Llamozas, S., et al,2003). En cuanto a la fauna amenazada, según el Libro Rojo de la Fauna en su versión 2008, estima que 4 especies se consideran Probablemente Extintas, 198 amenazadas, 138 casi amenazadas y 408 con datos insuficientes (Rodríguez, J.P. & F. Rojas-Suárez, 2008). Para estas especies del libro rojo la mayor amenaza que enfrentan es la pérdida de hábitat, principalmente de bosque, como la principal causa de riesgo de las especies (83%) y la explotación maderera en segundo termino.

A medida que se reduce la cobertura del bosque disminuye proporcionalmente la capacidad de captura de carbono, lo que incide en el aumento de generación de CO₂ para el país. Asimismo amenazan la diversidad genética de los bosques, inducen a cambios en la distribución y

abundancia de las especies, provocan el aislamiento de los individuos, eliminan poblaciones locales, extinguen especies. A finales del año 2010 varios grupos ambientalistas del estado Falcón indicaron que existe una fuerte relación entre la alta tasa de deforestación en la cuenca alta del río Tocuyo con los deslizamientos y la extensa inundación ocurridos a finales del año 2010 en dicha cuenca.

Por igual cabe señalar que el proceso de deforestación no tiene fronteras. Es así que con la imagen del sensor MODIS del año 2000 y 2009, se pudo identificar el avance de la deforestación desde la República de Colombia hacia Venezuela, localizado en la zona fronteriza de la Sierra de Perijá, Parque Nacional de Perijá, (Foto No. IV-2).

Foto No. IV-2. Imagen de la Sierra de Perijá, avance de la deforestación desde Colombia hacia Venezuela



Estos datos e informaciones dan clara evidencia de los efectos negativos que conlleva el proceso de deforestación en nuestro país. Como parte de la revisión documental realizada se encontraron estudios de casos relacionados con la deforestación. De un total de 12 estudios tan sólo tres son de índole regional, los demás son estudios muy localizados, el estudio de Catalán abarca 10 estados y estima una tasa de deforestación de 2,72, años posteriores el Ministerio de Ambiente realiza un estudio para completar los demás estados.

Sin embargo, estos no pueden compararse ya que son periodos distintos, en general los estudios se concentran en el occidente del país y a modo de evaluación la mayoría de los estudios (6) reportan una tasa Media de deforestación y solo un estudio reporta una tasa Muy Alta (Cuadro No. IV-11).

Cuadro No. IV-11. Inventario de estudios relacionados con la deforestación en el área de estudio.

Autor(es)	Area geográfica	Sup. km ²	Periodo análisis	Sup. deforestada (km ²)	Tasa anual deforestación	Calsificación deforestación
Veillón. J	Llanos Occidentales (Apure, Barinas, Cojedes, Portuguesa)	88.518	1950 - 1975	12.890,00	1,3	MEDIA
Catalán, Américo	10 estados ⁽¹⁾		1975 - 1988	29.403,26	2,72	ALTA
MARNR	13 estados ⁽²⁾		1982 - 1995	33.948,04	0,54	MEDIA
Pozzobon. E, Hernandez. E	Río Frío (Mérida)	141,31	1986 - 2003	7,94	0,43	BAJA
Pozzobon. E, Hernandez. E	Torondoy (Mérida)	436,12	1988 - 2003	35,88	1,1	MEDIA
Pozzobon. E, Hernandez. E	Tucaní (Mérida)	335,85	1986 - 2003	16,06	0,5	MEDIA
Peñaloza. R, et al	río Zulia (Barinas)	64,67	1998 - 2002	14,06	6,88	MUY ALTA
Aldana. A, Sendra. B.	P.N. Sierra La Culata (Mérida)	400	1988 - 2003	54,93	0,46	BAJA
Chuvieco. E, Salas. J, Meza.	R.F. Ticoporo (Barinas)	1300	1972 - 1997	452,44	2,34	ALTA
Osorio y Pozzobon. E	R.F. Ticoporo (Barinas)	2.700	1963 - 2001	1.314,31	2	ALTA
Rivero, V	R.F. Ticoporo (Barinas)	1.871	1972 - 1988	800,00	1,5	MEDIA
Herrera, Prato	Cuenca del Guapo (Miranda)	534,84	1991 - 2003	296,48	1	MEDIA

Notas.

(1) Los estados son: Mérida, Lara, Carabobo, Cojedes, Trujillo, Barinas, Portuguesa, Táchira, Yaracuy y Aragua.

(2) Los estados son: Amazonas, Bolívar, Delta Amacuro, Distrito Federal, Anzoátegui, Apure, Falcón, Guárico, Miranda, Monagas, Sucre, Zulia y Vargas.

Fuente: Balance Ambiental, MARNR, 2006, varios estudios e investigaciones.

Es de hacer notar que cuatro estudios están relacionados con las Reservas Forestales y en especial a la R.F de Ticoporo, en el estudio de Veillón el mismo indicaba una pérdida apreciable del bosque de dicha Reserva. En ese sentido es pertinente señalar que dichas ABRAE son figuras que a pesar de su importancia estratégica tanto como área de producción forestal como espacios de hábitats y reservorio ecológico, a lo largo de los 100 años han sido objeto de una grave degradación y evidente eliminación de la cobertura boscosa.

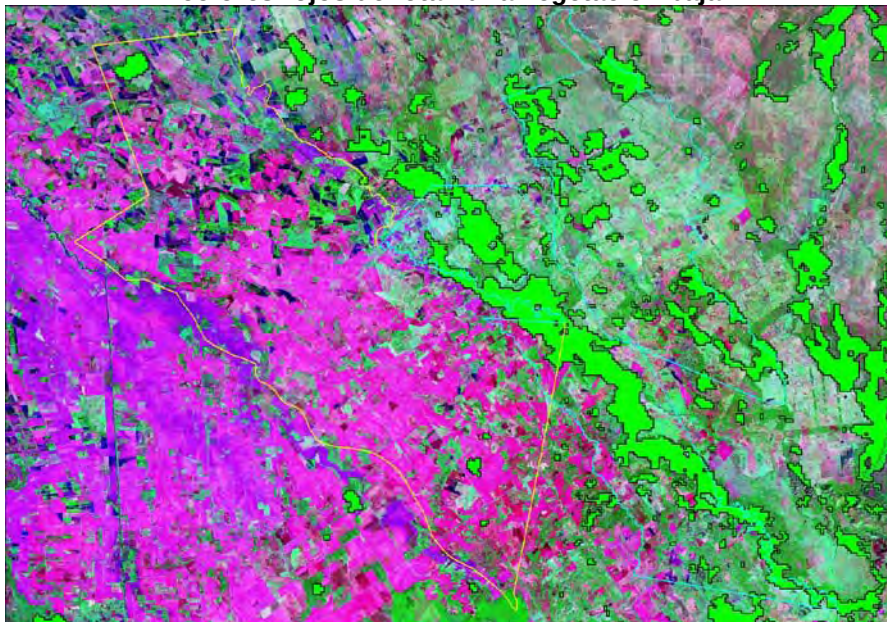
Dada su importancia se cuantificó su pérdida en el periodo 2000-2009, (nueve años), por medio del siguiente cuadro (Cuadro No. IV-12), donde para las seis R.F existentes en el área de estudio, en promedio ya para el año 2000 presentaban un porcentaje de cobertura de 46%, siendo este dato no acorde con la figura de producción forestal y para el año 2009 presenta en promedio 45,67%, Como se mencionó el caso de la R.F. Turén para el año 2000 solo tenía el 2,05% de bosque y para el año 2009 solo 1,9%, (Foto No. IV-3). En total se deforestó en ese periodo 127,7 km², presentando una tasa de 0,30, considerado esto como Baja, sin embargo, ello solo indica que gran parte del bosque se ha deforestado antes del 2000, al detallar tenemos que las R.F Guarapiche y Caparo son las que pierden más áreas boscosas aprox. 4,9 km²/año.

Cuadro No. IV-12. Cobertura del bosque y tasa de cambio de las Reservas Forestales, período 2000 - 2009

RESERVA FORESTAL	Sup. km ²	Bosque 2000		Bosque 2009		Tasa de cambio 2000 - 2009			
		Sup. km ²	Porct	Sup. km ²	Porct	Deforestación km ²	Porct	Tasa porct.	tasa (km ² /año)
TICOPORO	1871,56	320,22	17,11	297,01	15,87	23,21	7,25	0,81	2,58
GUARAPICHE	3700	2.400,07	64,87	2.355,18	63,65	44,89	1,87	0,21	4,99
TUREN	1164	23,92	2,05	22,12	1,90	1,80	7,51	0,83	0,20
SAN CAMILO	971	334,29	34,43	323,16	33,28	11,14	3,33	0,37	1,24
RIO TOCUYO	476	353,89	74,35	351,71	73,89	2,18	0,62	0,07	0,24
CAPARO	1744	1.228,44	70,44	1.183,94	67,89	44,50	3,62	0,40	4,94
Totales	9.926,56	4.660,82	46,95	4.533,11	45,67	127,71	2,74	0,30	14,19

Fuente: Cálculos propios, 2010.

Foto No. IV-3. Imagen de satélite de la Reserva Forestal de Turen, año 2009, los colores rojos denotan una vegetación baja



Las causas del proceso de la pérdida de la cobertura del bosque involucran algunos aspectos que incluyen tanto las características del medio físico, el inicio de la actividad petrolera, la situación socioeconómica de la población circundante y una falta de control del estado. Con el inicio de la actividad petrolera, se produjo un gran cambio histórico que modificó la estructura económica y organización espacial del país, de un estado netamente agrícola (con predominio de latifundios ganaderos y haciendas cafetaleras), a uno petrolero rentista. Uno de estos cambios fue la necesidad de cubrir los nuevos requerimientos territoriales en cuanto a la red vial del país, ya que todavía para 1940 gran parte del país la mayoría de los caminos y vías solo eran transitables en época de verano, para 1947 se inició el primer plan vial para el país para la ampliación, mejoramiento y construcción de nuevas vías pavimentadas y troncales.

Es así que para 1947 existían 6.618 km de vías y para el año 1967 se alcanzaba a 36.306 km. Ejemplo de ello fue la construcción de la carretera entre San Cristóbal, pasando por Barinas hasta Portuguesa, esta vía facilitó

el acceso a las zonas con recursos forestales que poseían un alto potencial maderero comercial, donde se localizan las R.F. de San Camilo, Caparo y Ticoporo y Turen, localizadas en tierras bajas y planas facilitando aún más el acceso a dichas zonas para su ocupación, esto inicio un proceso de deforestación selectiva y en la actualidad dicho recurso esta en franca merma, (Foto No. IV-4). Otro ejemplo fue la construcción de la vía Maracaibo-Machiques-La Fría, en el occidente del lago de Maracaibo y que se conectó con la carretera Panamericana (Troncal 1), ello facilitó el acceso al sur del Lago de Maracaibo donde predominaban bosques densos de alturas altas y medias, que fueron sustituidos en las décadas siguientes por la actividad latifundista ganadera extensiva y las plantaciones.

Foto IV-4. Zona deforestada en la R.F. de Ticoporo, (Foto: David Lluncor, 2005).



Aunado a ello es el hecho de la invasión ilegal de pequeños agricultores y el desarrollo de conucos y pequeñas parcelas agrícolas (Catalán, 1990), (Centeno, 1996), (Ortegano, 1999), otros investigadores señalan que esta práctica en el fondo es promovido por grandes propietarios de tierras agropecuarias, para luego comprar dichas tierras a los campesinos (Centeno, 1990). Este proceso tiene sus orígenes con la aplicación de la Ley

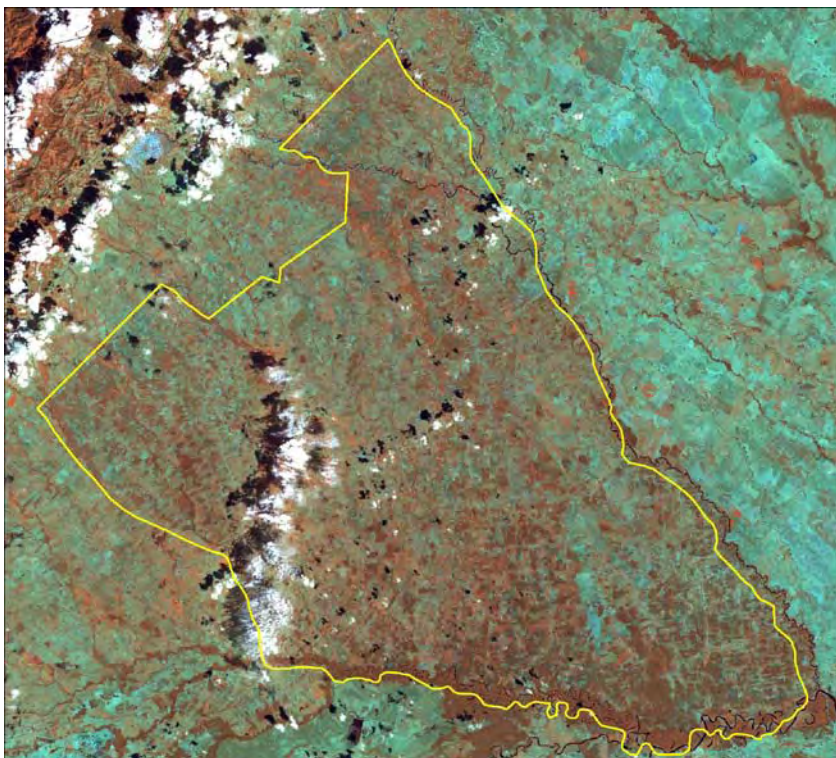
de Reforma Agraria en el año 1960, que pretendía “la transformación de la estructura agraria del país y la incorporación de su población rural al desarrollo económico, social y político de la Nación, mediante la sustitución del sistema latifundista por un sistema justo de propiedad, tenencia y explotación de la tierra”.

De la revisión de la Comisión evaluadora y restauración del organismo de la Reforma, estableció que desde 1960-1975 se repartieron 8,8 millones de hectáreas de los cuales 2,8 mill. de ha. eran tierras privadas y 6 mill. de ha. eran tierras públicas. Donde fueron beneficiados 140.289 familias campesinas. Sin embargo, fueron pocos los campesinos, que pudieron acceder a créditos agrícolas, lo que incidió a la venta de la tierra a los hacendados ganaderos y facilitó la conversión de tierras forestales a ganaderas.

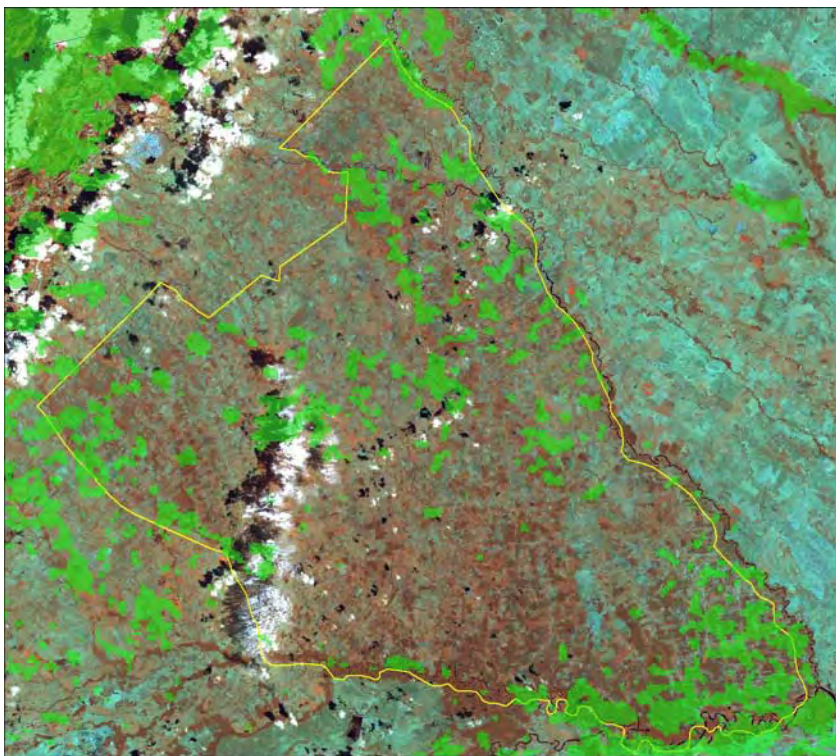
Todo ello aunado a un control deficiente de los organismos encargados del manejo forestal, estas Reservas Forestales, estas han perdido extensamente su cobertura boscosa, (Foto No. IV-5).

El estado en los últimos 20 años ha incentivado una política de desarrollar las plantaciones forestales como una forma de bajar la presión que tienen las reservas forestales y áreas fuera de las reservas para la obtención de madera. En el año 1980 solo se contaba con 1455,97 km² de plantaciones forestales con predominio del Pino Caribe, ya para el 1990 y en adelante, se evidencia que la superficie de las plantaciones están entre los 5.000 y 7.000 km² y para el año 2009, representaban el 5,8% de la superficie total (Cuadro No. IV-13), (Gráfico No. IV-XX), si se calculará solo el bosque natural, tanto el estado Anzoátegui como Monagas presentarían valores menores de cobertura de bosque y tendrían una tasa mayor de deforestación.

Foto No. IV-5. Imágenes de la reserva Forestal de Ticoporo



Reserva Forestal de Ticoporo, año 2000, ya era evidente la deforestación, se estimó en 20% la cobertura boscosa.



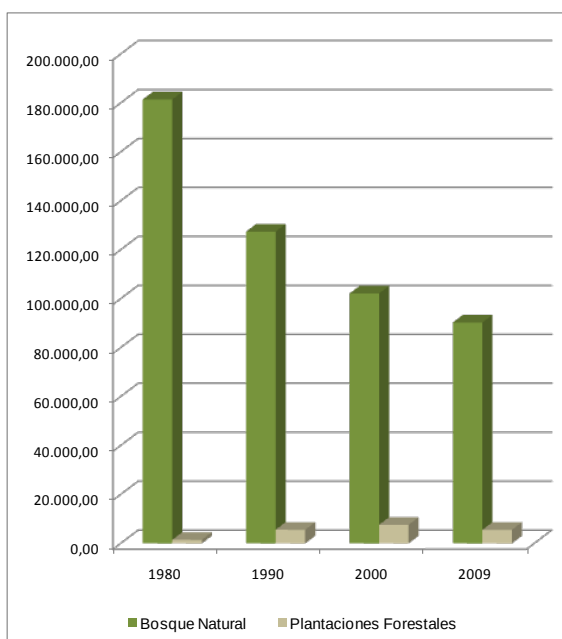
Reserva Forestal de Ticoporo, año 2009, solo queda el 15% de la cobertura boscosa.

Cuadro No. IV-13. Evolución de la cobertura por tipo de bosque.

Tipo de Bosque	A ñ o s			
	1980	1990	2000	2009
Bosque Natural	181.444,83	127.420,61	102.126,59	90.294,89
Plantaciones Forestales	1.455,97	5.577,07	7.584,27	5.561,33
Totales km²	182.900,80	132.997,68	109.710,86	95.856,22

Fuente: Cálculos propios, 2010.

Gráfico No. IV-10. Evolución por tipo de cobertura en el área de estudio.



Fuente: Cálculos propios, 2010.

Es sabido que las plantaciones forestales tienen como característica básica el hecho de cultivar sólo una especie, como es el caso de nuestro país con el Pino Caribe, en especial al sur de los estados Monagas y Anzoátegui, esta situación de monocultivo forestal, lo que induce a una sustitución paulatina de bosque natural muy diversificado biológicamente, por un bosque con solo una especie, lo que conlleva a una mayor vulnerabilidad de los bosques a las enfermedades y a otras perturbaciones ecológicas. La plantaciones representan una alternativa para reforestar, para agregar valor a

un terreno abandonado; no obstante, los beneficios ambientales que ofrecen las plantaciones es solo de tipo económico, no son equiparables a los del bosque natural.

Como se mencionó anteriormente el efecto de la accesibilidad a las zonas boscosas, se realizó un análisis que permitió combinar los datos de deforestación con respecto a los pisos altitudinales. Es así que observamos que en el piso tropical (tierras menores de 500 msnm) se registraron 12.273,18 km² de deforestación, esto es el 88,59% del total, en el piso montano (tierras por encima de 500 msnm), se ubican 1.581 km², es decir, el 11,41% del total, (Gráfico No. IV-11). Esto se explica dado que en las tierras bajas el grado de accesibilidad es mucho mayor, tanto para acceder al bosque, el trabajo de tala es mucho más fácil y si es el caso de la extracción de maderas de alto valor comercial su extracción se facilita.

Gráfico No. IV-11. Distribución porcentual de la deforestación por tipo de relieve, periodo (2000 - 2009).



Fuente: Cálculos propios, 2010.

Por igual se realizó un análisis espacial donde se estableció la relación entre los bosques por piso altitudinal del año 1980 y 2009 y la superficie deforestada total del mismo periodo, (Cuadro No. IV-14), (Gráfico No IV-12).

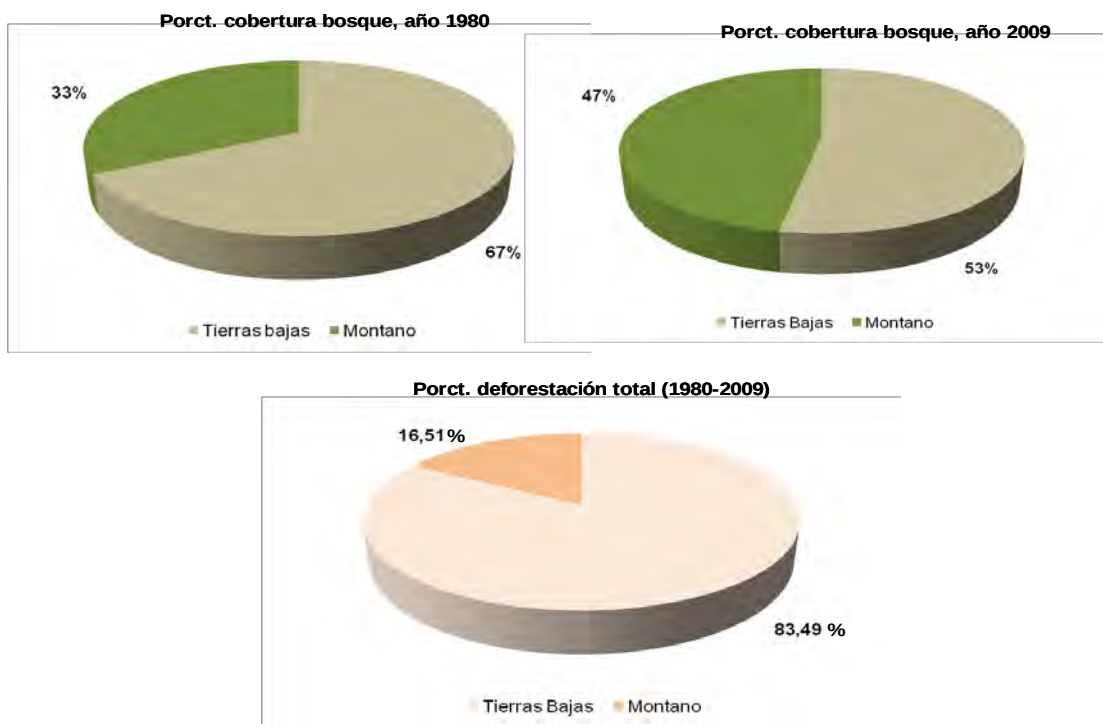
Cuadro No.IV-14. Tasas de cambio del bosque por piso altitudinal, periodo (1980 - 2009).

Posición Fisiográfica	Bosque 1980 km ²	Porct. Total	Bosque 2009 km ²	Porct. Total	Sup. deforestada. (1980-2009) km ²	Porct. con Bosq. 1980	Porct. Total
Tierras bajas	123.270,67	67,4	50.600,16	52,79	72.670,51	58,95	83,49
Montano	59.630,13	32,6	45.256,05	47,21	14.374,08	24,11	16,51
Totales	182.900,80		95.856,21		87.044,59		

Fuente: Cálculos propios.

En este cuadro podemos apreciar con detalle como en el año 1980 el bosque en el piso tropical (tierras por debajo de 500 msnm) duplicaba en superficie al bosque ubicado por encima de los 500 msnm, valores muy distintos son los que se aprecian para el año 2009.

Gráfico No. IV-12. Distribución porcentual de la cobertura del bosque años 1980 y 2009 y porcentaje de deforestación, según tipo de piso altitudinal



Fuente: Cálculos propios, 2010.

En valores absolutos la superficie deforestada en el piso tropical fue de 72.670,51 km², esto es, cinco (5) veces más que en el piso montano, a

nivel porcentual la diferencia es menos del 5%. En el periodo 1980-2009 se evidencia que del total de las áreas deforestadas el 83,49% se localiza en tierras bajas y solo el 16,51% en tierras por encima de los 500 msnm ó montañas. Este análisis es de gran utilidad para comprender y establecer relaciones espaciales y agrega un elemento más para establecer de manera cuantitativa las causas del proceso de deforestación.

Algunos expertos e investigadores mencionan que la deforestación es uno de los principales problemas ambientales del país. Pero plantean solo generalizaciones sobre los posibles efectos y consecuencias sin establecer relaciones directas y ni ubicaciones precisas de tan grave problema. Ante esta situación y con los datos obtenidos en este estudio se pretende realizar una estimación de la incidencia directa de cada una de las causas de la deforestación mencionadas anteriormente (Cuadro No. IV-15).

Cuadro No. IV-15. Incidencia de las principales causas de la deforestación, en el área de estudio, período 1990-2009.

Causas	Incidencia área total	Localización geográfica	Porc. Sup. afectada
Minería	Baja a nula	Táchira (Lobatera), Zulia (Guasare), Anzoátegui (Pertigalete), Guárico (Altagracia de Orituco, San Juan), Zulia (áreas petroleras en la zona oriental)	1
Tala Legal (pemisada)	Baja	Entre los años (2005-2007), los estados Falcón, Miranda, Barinas, Monagas, Guárico y Anzoátegui, son los de mayor superficie de tala legal	3
Incedios forestales	Baja	Portuguesa, Aragua, Monagas, Zulia, Barinas	4,33
Expansión urbana	Baja a Media	Mayor incidencia en los estados Centro Norte-Costero (Dist. Capital, Vargas, Miranda, Aragua, Carabobo) y mediana incidencia (estados andinos)	16
Expansión agropecuaria y tala ilegal del bosque	Muy Alta	Todos los estados, mayor incidencia: Zulia, Guárico, Barinas, Apure, en mediana incidencia: Portuguesa, Falcón, Yaracuy y Lara	75,67

Fuente: Anuario estadístico forestal (varios años) MINAMB, Atlas de Venezuela, 1970, MARNR. Balance ambiental de Venezuela. MARNR, datos Censos (1990-2001) INE, Cartas 1:250.000 Cartografía Nacional, Cálculos propios.

Para ello se aplicó una serie de análisis espaciales, así tenemos que del cuadro anterior que la minería en el área de estudio esta signada principalmente por la extracción del petróleo, carbón y caliza, sólo se localizaron grandes proyectos registrados, como son las zonas petrolíferas del estado Zulia, zonas de carbón de Guasare y Lobatera, de caliza en Pertigalete, edo. Anzoátegui y en Guárico. Debido a ello su incidencia se puede catalogar como de baja a nula sobre la deforestación.

La tala permitida es la realizada fuera de las Reservas Forestales y AVF se estimo su incidencia en Baja dado que solo afecta en el área de estudio el 1% del bosque. Sin embargo, se sabe los efectos negativos aguas abajo que presenta cualquier tipo actividad minera, pero en este estudio solo se está evaluando solo la perdida de cobertura. En cuanto la incidencia de los incendios de forestales, basados en las estadísticas del MINAMB desde el año 1990, esto implica una incidencia probable para el periodo 1990 - 2009 de 4,34%, esto es considerado como Baja Incidencia.

La incidencia de la expansión urbana y la infraestructura territorial dio como resultado que la incidencia de la expansión urbana es de un 16%, lo que se considera de Baja a Media. Como último causal de la deforestación tenemos a la expansión agropecuaria y tala ilegal. Los resultados arrojaron que es la causal que tiene una incidencia de Muy Alta con un 75,6%, al proceso de deforestación en el área de estudio para el periodo (1990-2009).

Ante estos análisis realizados que demuestran el problema actual de la deforestación en Venezuela, y siendo de interés para la política de gestión del estado en relación al recurso bosque, consideramos por ello plantear como una de las soluciones a este problema ambiental el desarrollo de una propuesta titulada "Proyecto de Monitoreo del Bosque en Venezuela" PMBOS-VEN, que será descrito en el siguiente capítulo.

Capítulo. V.

LINEAMIENTOS GENERALES DE UN PROYECTO DE MONITOREO.

CAP V. LINEAMIENTOS GENERALES DE UN PROYECTO DE MONITOREO

El tema de la propuesta conceptual surge como una de las primeras recomendaciones elaboradas para este estudio, sin embargo consideramos necesario su desarrollo más elaborado, lo que culminó en este V capítulo. El capítulo está organizado en tres secciones, en la primera sección se establecen los aspectos generales de la propuesta, como es la justificación, objetivos, misión, visión y metas del proyecto. En la segunda sección se desarrolla los aspectos técnicos de la propuesta, que involucra la definición de los requerimientos básicos de un sistema de información, la estructura organizativa, los posibles recursos a utilizar (humanos, técnicos y organizativos).

La última sección trata sobre los aspectos de organización a lo externo, es decir la planificación estratégica que permite insertar el proyecto a una organización ya establecida, la definición de los usuarios y las posibles relaciones a futuro entre instituciones y este proyecto, actividad necesarias para el intercambios de experiencias, capacidades.

V.1.- MARCO GENERAL DEL MONITOREO

Para la elaboración y desarrollo de esta propuesta se basó en principio en trabajos desarrollados con relación a proyectos de sistemas de información (Rincón, I.1999), (Rincón,I.2004), (Rincón,I.2006) y la revisión documental sobre el tema. Así en esta primera sección se describen con detalle los aspectos generales de la propuesta, como puntos a considerar tenemos: resumen de la propuesta, justificación, objetivos (generales y específicos), metas, misión, visión y principios del proyecto.

V.1.1.- Resumen de la propuesta

Se presentan los lineamientos conceptuales generales de una propuesta para la implementación de un Sistema de Monitoreo del Bosque en Venezuela ó **Proyecto Monitoreo del Bosque en Venezuela (PMBOS-VEN)**. Este proyecto tiene como objetivo principal ser la herramienta de captura de información actualizada de la cobertura del bosque en Venezuela para su estimación y evaluación en periodos de cada 15 días. Todo ello con la ayuda de la tecnología de la geomática (teledetección y SIG) y la combinación de imágenes de satélites de alta frecuencia temporal y baja resolución (MODIS) conjuntamente con imágenes de media a alta resolución espacial (CBERS y SPOT).

Con ello el PMBOS-VEN pretende facilitar la gestión ambiental del bosque de Venezuela a través de la captura, organización, procesamiento y suministro pertinente de la información disponible a todas aquellas instituciones en los sectores público y privado, a nivel nacional, interesados en el tema del bosque.

Sería la primera vez que un proyecto de estas características sería aplicado en el país, sin embargo, a nivel latinoamericano son varios países los países que ya cuentan con dicho sistema de monitoreo, entre ellos están (Brasil, Bolivia, México y Costa Rica, entre otros). Se prevén tres líneas básicas de trabajo como son: el monitoreo de la cobertura del bosque (nivel regional y estatal), la detección semi-automática del proceso de deforestación y tasa de cambio y la localización de focos de incendios forestales activos.

Con esta información generada cada 15 días se podrá tener una actualizada, rápida y a bajo costo de una información tan básica y primordial

como es la extensión del bosque en nuestro país. Esta valiosa información será de insumo a múltiples y variadas investigaciones relacionadas con el tema bosque, tales como (biodiversidad, protección de cuencas, amenazas naturales y riesgos, cambio climático, ABRAE, recurso agua y recurso forestal, etc.).

El PMBOS-VEN estaría conformado por cinco Unidades de Trabajo, como son: Coordinación general, Cartografía y data espacial, Procesamiento digital, Campo y validación, Análisis espacial, Estadísticas y difusión.

V.1.1.- Justificación

Con base en los resultados obtenidos en esta investigación donde la cobertura del bosque representa en la actualidad el 21,5% de la superficie total del área de estudio, reduciéndose al 50% de la cobertura del bosque del año 1980 (182.000 km²). Asimismo el Estado ha declarado que hace más de 15 años no se publican datos confiables sobre la extensión de los bosques en Venezuela, lo que genera una serie de especulaciones con respecto a la tasa actual de deforestación por parte de expertos y otras instituciones, generando una gran incertidumbre sobre el tema.

Es por ello urgente la necesidad de diseñar e implementar un sistema de información para alertas tempranas con respecto a la cobertura del bosque y al proceso de deforestación en Venezuela. Es así que se desarrolla esta propuesta donde se establecen los lineamientos generales conceptuales y operativos de un proyecto titulado “Proyecto Monitoreo del Bosque en Venezuela” PMBOS-VEN, con la finalidad de que sea aplicado para todo el país. Esto es posible con el uso y aplicación de la geomática y de un conjunto de sensores remotos.

Proyecto de similares características se han aplicado en otros países latinoamericanos, con excelentes resultados con la metodología utilizada, presentando Venezuela un atraso con respecto al uso de estas tecnologías de teledetección. Los beneficios que traería la implementación de este proyecto se describen en:

- Identificación y localización precisa de focos de incendios forestales.
- Cuantificación quincenal de la extensión de la cobertura del bosque a nivel nacional y estatal.
- Evaluación mensual y anual de las tasa de deforestación a nivel nacional y estatal.
- Información básica de gran utilidad para múltiples usuarios (entes públicos, privados y público en general) con necesidades de información del tema bosque.
- Información de insumo para el desarrollo de políticas públicas en los distintos niveles administrativos y de planes territoriales (nacional, estatal y municipal) relacionadas con el tema del bosque.

Es por ello que se presenta esta propuesta para la consideración y evaluación dado los requerimientos de información con respecto al tema bosque.

V.1.3.- Objetivos y metas, Misión y Visión

a) Objetivo general y específicos

Objetivo general

Realizar el monitoreo diario y continuo de la cobertura del bosque, bajo las técnicas y métodos de teledetección que permitan identificar los cambios de la cobertura del bosque en tiempo real y establecer un sistema de alertas tempranas en las áreas deforestadas identificadas. Esto servirá de insumo de información para la toma de decisiones a los entes encargados de la gestión sostenible del bosque a fin de establecer las acciones y correctivos rápidos y pertinentes que permita reducir al mínimo los impactos de dichos cambios de la cobertura boscosa.

Objetivos específicos

- Planificar, organizar y establecer las actividades, métodos y recursos pertinentes dentro del Proyecto a fin de cumplir con los objetivos y requerimientos de información sobre la cobertura del bosque en Venezuela.
- Aplicar los métodos e insumos necesarios de geomática para la detección semi-automática de cambios en la cobertura vegetal natural (proceso de deforestación) e incendios forestales de fuegos activos.
- Adoptar y desarrollar estándares, protocolos y tecnologías para la captura, procesamiento, análisis de la cobertura del bosque en el país.
- Organizar y disponer adecuadamente de datos espaciales para apoyar procesos regionales, estatales y municipales que benefician la gestión y control de la cobertura boscosa y minimizar el proceso de deforestación no planificada ó ilegal.
- Diseñar y establecer una red de información con instituciones que tengan relación a la gestión del bosque.
- Facilitar el acceso a la información de los resultados y productos finales del Proyecto a instituciones y personas interesadas en el tema y responder a las demandas de información de la cobertura del bosque del país.
- Contribuir a los procesos de ocupación y aprovechamiento sostenible del bosque en el territorio venezolano.

B) Metas

Corto plazo (12 meses, 1 año)

- Documento del Plan Estratégico del PMBOS-VEN.
- Búsqueda de financiamiento.
- Adquisición del equipamiento necesario para la implementación del PMBOS-VEN.

- Capacitación y adiestramiento del recurso humano del PMBOS-VEN.
- Desarrollo del Proyecto PMBOS-VEN en un área piloto.
- Producir mapas temáticos sobre cobertura del bosque por mes para el área piloto.
- Tener activo el portal del PMBOS-VEN, en internet y divulgar los resultados y productos que genera el proyecto para el área piloto.

Mediano plazo (12 - 36 meses)

- Desarrollo del Proyecto PMBOS-VEN de tal manera que cubra el 100% del territorio de Venezuela.
- Producir mapas temáticos sobre cobertura del bosque, con una frecuencia quincenal y mensual para todo el territorio de Venezuela.
- Tener activo el portal del PMBOS-VEN, en internet y divulgar los resultados y productos que genera el proyecto para todo el territorio de Venezuela.

Largo plazo (más de 36 meses)

- Convertir el proyecto PMBOS-VEN en una referencia de primer orden en el ámbito nacional e internacional, en relación al monitoreo del bosque en Venezuela.

V.1.4.- Misión, Visión y principios

C) Misión

**FACILITAR LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL BOSQUE DE
VENEZUELA A TRAVÉS DE LA CAPTURA, ORGANIZACIÓN,
PROCESAMIENTO Y SUMINISTRO PERTINENTE DE LA
INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA TAL FIN.**

D) Visión

SER UN SISTEMA INTEGRADOR QUE SE CONVIERTA EN EL APOYO TÉCNICO A LA GESTIÓN, CONTROL Y MANEJO DEL RECURSO BOSQUE A NIVEL REGIONAL Y ESTADAL Y SER MODELO PARA EL DESARROLLO DE NUEVOS SISTEMAS DE MONITOREO DEL AMBIENTE EN VENEZUELA.

E) Principios

Los principios son reglas o normas establecidas, que ayuden a la realización y el logro de los objetivos planteados, en este caso para esta propuesta, así consideramos un conjunto de estos principios, que a continuación desarrollaremos:

Integración Nacional: El desarrollo del PMBOS-VEN debe tener en cuenta las prioridades y particularidades de la biodiversidad del bosque del territorio.

Viabilidad: Los alcances conceptuales, operativos, técnicos del PMBOS-VEN deberán ser viables y estar en concordancia con la potencialidades y capacidades técnicas, de personal e institucional para lograr su implementación.

Ciclo de información: Los ciclos de información es el conjunto de actividades que se realizan para completar la data básica del monitoreo en un tiempo dado. En ese sentido la temporalidad del ciclo de información del PMBOS-VEN es diaria, es decir, con capturas de data una vez cada quince días, el acumulado permite obtener reportes quincenales, mensuales y anuales.

Calidad: La calidad y el mejoramiento continuo de la información de la cobertura del bosque se deben garantizar a través de procesos de validación conforme con los estándares nacionales e internacionales sobre calidad, objetividad, homologación y compatibilidad de la información.

Integralidad e interoperabilidad: La información será generada con base en estándares aprobados, sobre protocolos, metodologías y normas técnicas que faciliten la difusión, homologación e intercambio de la información, siendo independiente de la plataforma tecnológica.

V.2.- ASPECTOS TÉCNICOS

Entendiendo el Proyecto de monitoreo del bosque PMBOS-VEN, como un Sistema de Información (SI). El mismo se estructura en su parte técnica se organiza como tal, asumimos como entre las múltiples definiciones de sistema, la que la define como “el arreglo de componentes que actúan como una unidad” (Becht, 1974) en tanto que entendemos que la información “es un dato o un conjunto de datos evaluados por un individuo concreto que trabaja en un momento dado sobre un problema específico para alcanzar un objetivo determinado” (Saroka, 1998). La evaluación de un fenómeno ambiental no implica solo establecer las relaciones directas entre causa-efecto, implica por igual considerar su evolución tanto en el tiempo como en su expresión territorial (Rincón, 1999).

Así mismo monitorear es: un proceso de observación continua que implica la recolección sistemática de datos mediante equipos y metodologías estandarizadas, que permite conocer la dinámica del objeto de monitoreo. La información generada por el monitoreo puede ser utilizada con diferentes propósitos, entre ellos, caracterizar el comportamiento temporal del objeto bajo monitoreo, identificar tendencias, detectar tempranamente cambios nocivos lo que a su vez admite la implementación de correctivos, evaluar los logros, productos, resultados e impactos obtenidos con una determinada intervención y comparar los avances alcanzados con las metas previstas. (SINCHI, 2007).

En esta segunda sección se desarrollan los aspectos técnicos de la propuesta, que involucra: Fases (actividades, resultados), definición de los requerimientos básicos de un sistema de información, la estructura funcional, los posibles recursos a utilizar (humanos, tecnológicos, etc) y la generación de productos.

V.2.1.- Fases, Actividades y Resultados esperados

Se desarrollo la organización del Proyecto en cuatro Fases, a cada una se establecen sus actividades principales y resultados esperados, al final se propone un cronograma de ejecución del proyecto PMBOS-VEN (Figura No. V-1).

FASE 1: Definición y organización de los componentes del proyecto.

1.2. Actividades.

Actividad 1.1. Diagnóstico de necesidades

Actividad 1.2. Formulación del proyecto. (incluye los requerimientos)

Actividad 1.3. Componentes y protocolos del proyecto

1.2. Resultados esperados.

1.2.1. Informe sobre “Diagnósticos de necesidades de información”, esto incluye: inventario de necesidades de información en el tema de la cobertura bosque, identificación de usuarios potenciales, alcance temporal y espacial.

1.2.2. Informe de los distintos planes del proyecto: estratégico, táctico y operacional.

1.2.3. Definición de los componentes del proyecto ó unidades de trabajo, incluye la definición de sus: funciones, actividades, tareas y recursos operativos de cada uno de las unidades de trabajo.

FASE 2: Creación y desarrollo de los componentes del Proyecto.

2.1. Actividades.

Actividad 2.1. Capacitación técnica del recurso humano

Actividad 2.2. Adquisición del equipo y recursos tecnológicos.

Actividad 2.3. Técnicas y procedimientos para la generación de los productos

2.2. Resultados esperados.

2.2.1.- El adiestramiento y capacitación por medio de cursos, talleres al personal del proyecto en las distintas áreas operativas del sistema de monitoreo.

2.2.2.- Adquisición de equipamiento en cuanto a: hardware y software, equipos de oficina, de apoyo logístico y operacional.

2.2.3.- Evaluación y definición de la metodología de trabajo e investigación a utilizar, involucra, establecer las técnicas y criterios en cuanto a la geomática: teledetección (preprocesamiento y procesamiento digital de

imágenes), técnicas de análisis espacial en Sistemas de Información Geográfica, elaboración de mapas y productos cartográficos, elaboración de cuadros estadísticos y graficación de resultados.

FASE 3: Desarrollo primera etapa de implementación del proyecto (Área piloto).

3.1. Actividades.

Actividad 3.1. Operatividad del Sistema (adquisición imágenes)

Actividad 3.2. Integración primaria de los componentes

Actividad 3.3. Elaboración de los productos.

3.2. Resultados esperados.

3.2.1.- Puesta en marcha del sistema de monitoreo.

3.2.2.- Proceso de integración y ajuste de todos los componentes del sistema..

3.2.3.- Obtención de los primeros productos validados del sistema (productos cartográficos, cuadros estadísticos y graficación de resultados) del área piloto.

FASE 4: Desarrollo segunda etapa de implementación operativa del proyecto (Cobertura nacional).

4.1. Actividades.

Actividad 4.1. Revisión y ajustes del Sistema

Actividad 4.2. Integración final de los componentes

Actividad 4.3. Elaboración de los productos.

4.2. Resultados esperados.

4.2.1.- Puesta en marcha del sistema de monitoreo.

4.2.2.- Proceso de integración y ajuste de todos los componentes del sistema.

4.2.3.- Obtención de los productos finales validados del sistema (productos cartográficos, cuadros estadísticos y graficación de resultados) a nivel estatal y nacional.

Figura No.V-1.Cronograma de Fases del PMBOS-VEN.

		M E S E S																	
No.	ACTIVIDADES.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
FASE 1. Definición y organización de los componentes del proyecto																			
1.1	Diagnóstico de necesidades																		
1.2	Formulación del Plan																		
1.3	Componentes y protocolos del proyecto																		
FASE 2. Creación y desarrollo de los componentes del Proyecto																			
2.1	Capacitación del recurso humano																		
2.2	Adquisición del equipamiento (hardware y software)																		
2.3	Técnicas y procedimientos para la generación de los productos																		
FASE 3. Desarrollo 1era. Etapa de operativa del proyecto (Área piloto)																			
3.1	Operatividad del Sistema																		
3.2	Integración primaria de los componentes																		
3.3	Elaboración de los productos.																		
FASE 4. Desarrollo 2da. Etapa de operativa del proyecto (Cobertura Nacional)																			
4.1	Revisión y ajustes del Sistema																		
4.2	Integración final de los componentes																		
4.3	Elaboración de los productos.																		

V.2.2.- Requerimientos

En cuanto a los requerimientos los mismos se dividen en: generales, operativos, de ingreso de data, procesamiento y salida, a continuación se detallan cada uno.

V.2.2.1.- Requerimientos generales

1) Datos geográficos: Se requiere que el sistema admita y almacene información básica del medio físico natural y sociocultural de carácter nacional y estatal, así como las distintas unidades espaciales de análisis a utilizar para la cuantificación de la cobertura del bosque, tales como: regiones y cuencas hidrográficas, estados y bioregiones, etc.

3) Ordenación: Se requiere que el sistema admita y almacene información básica del uso actual de la tierra, que incluye: los principales usos generales ó predominantes, así como también las distintas figuras insertas en las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial. ABRAE.

4) Establecimiento de criterios: Generación de una tabla de los criterios que permitan señalar las variables y parámetros y otros datos a utilizar. Esta tabla debe ser flexible en su uso, para poder modificar y realizar los ajustes necesarios para incluir nuevas variables ó excluir variables ya consideradas.

5) Tabla de decisión: Generación de una tabla de decisión que establezca de manera clara las valoraciones (positivas y negativas) de cada una de las variables consideradas ó modelos de regionalización a utilizar para el procesamiento de datos y el análisis territorial.

V.2.2.2.- Requerimientos operativos

1) Nueva data: Posibilidad de ingresar nueva data en cualquier momento, ingreso de nuevos datos en cuanto a imágenes de satélites, actualización cartográfica.

2) Robustez del sistema: Soporte de un modelo de información suficientemente completo y flexible a la vez para soportar los cambios en cuanto a la implementación de nuevos análisis espaciales, unidades de análisis territorial, creación de nuevos módulos ó unidades de trabajo.

3) Seguridad y privacidad: Ello incluye la seguridad en el almacenamiento de los datos y la protección si los datos del proyecto.

4) Resultados: Capacidad de generar reportes preestablecidos y ocasionales ó especiales.

5) Organización distribuida. La producción y consumo de la información territorial tiene una organización con responsabilidades distribuidas cuya interacción puede potenciar enormemente la utilidad de los servicios.

6) Tecnología asequible. Se entiende que el uso de tecnología de elevado coste no es la solución. El estado venezolano bajo el Decreto No. 3390 referente al software libre, conlleva a un sustancial ahorro de gastos de inversión en la adquisición de software tipo propietario que anteriormente realizaba el estado venezolano.

7) Facilidad de uso. En cuanto a la consulta y acceso de los resultados y productos cartográficos del PMBOS-VEN y puesto a funcionar, debe tener una interfaz sencilla y amigable para el acceso a la información a cualquier usuario interesado en el tema.

8) Tolerancia a fallas: Entendida como la capacidad de un sistema para desarrollar una función correctamente bajo ciertas condiciones de fallas en un momento específico del tiempo.

V.2.2.3.- Requerimientos de datos e información

Se analizan los requerimientos de datos e información en función de categorías temáticas de información, relacionados con los temas de:

1. Cuantificación de la extensión de la cobertura del bosque con cobertura nacional, desglosado en las subvariables: tasa de deforestación, índices de diversidad espacial, Categorías de Zonas Críticas, Áreas Prioritarias de actuación.
2. Identificación y localización precisa de focos de incendios forestales.
3. Evaluación de la tasa de deforestación con cobertura nacional.
4. Identificación de bosques nativos de protección y productores. Art. 33. de Ley de bosque y Gestión Forestal.
5. Información útil para los distintos instrumentos de la gestión ambiental forestal del Art. 11, Ley de Bosque y Gestión Forestal, como son:
 - Planes nacionales en materia forestal.
 - Planes para el ordenamiento espacial del patrimonio forestal.
 - La administración de áreas forestales ABRAE.
 - El inventario forestal nacional.
 - Los sistemas de información forestal.

- Las normas técnicas forestales.
- Los planes de manejo forestal.

Cuadro No.V-1. Análisis preliminar por tipos de insumos y sus características principales.

Tipo insumo	Características	Costo y disponibilidad de información
Bases cartográficas	Territorio de Venezuela, distintas escalas, en formato digital: - 1:1.000.000 - 1: 500.000 - 1: 250.000 Otras capas: Vialidad, Centros poblados, Hidrografía, cuerpos de agua, toponimia básica, curvas de nivel principales. Adquisición: IGVSb. MINAMB	Costo: (gratuito) Nulo o Muy Bajo. Disponibilidad: ALTA Existe una institución del estado (IGVSb), que provee la información con calidad y oportunidad.
Imágenes de satélites	MODIS: Baja resolución, alta frecuencia temporal (diaria), cuadros que cubren a Venezuela: h10v07, h10v08, h11v07 y h11v08 Adquisición: en formato FPT. (página web NASA)	Costo: (gratuito) Nulo o Muy Bajo. Disponibilidad: ALTA Existe una institución externa (NASA), que provee la información con calidad y oportunidad.
	SPOT: Alta resolución 10m, 5m, 2,5m, media frecuencia temporal, (cada 17 días). Adquisición: en formato DVD, (página web LPAIS-CPDI) CBERS-II: Media resolución 20m, media frecuencia temporal. Adquisición: en formato FTP, (página web INPE)	Costo: (gratuito) Nulo o Muy Bajo. Disponibilidad: ALTA Existe una institución del estado (CPDI), y una externa (INPE) que provee la información con calidad y oportunidad.
Unidades de análisis espacial	- Entidades federales (estados) - Cuencas hidrográficas - Bioregiones A escala 1:250.000 Adquisición: IGVSb. MINAMB	Costo: Nulo o Muy Bajo. Disponibilidad: ALTA Existe una institución del estado (MINAMB), que provee la información con calidad y oportunidad.

Fuente: IGVSb, INPE, NASA, elaboración propia.

Igualmente se analiza de manera preliminar los posibles generadores de información y si ésta disponible dicha información, así tenemos que en una primera evaluación de los materiales a utilizar, (Cuadro No. V-1), en cuanto a tipo de insumos y sus características en cuanto Proveedor, Cobertura espacial, frecuencia temporal del producto, resolución espacial (sensores remotos).

Por igual de este cuadro se establecen un índice en cuanto al Costo de Información, referido a los costos financieros que tiene generar los datos e información para un requerimiento específico, teniendo en cuenta factores como calidad, interoperabilidad y oportunidad de la información, por igual tenemos la Disponibilidad de la Información, el mismo se refiere a la oferta disponible de datos e información para responder a un requerimiento, que no presenta costos financieros adicionales.

V.2.2.4.- Requerimientos de procesamiento

Se evaluarán los instrumentos, técnicas, procedimientos ó herramientas de análisis permitirán dar respuesta a los requerimientos de procesamiento fundamentales, para ello se establecen las siguientes categorías:

Herramientas de preprocesamiento y procesamiento de imágenes de satélites. Se refiere a la capacidad de integrar datos estructurados desde las diferentes fuentes y transformarlos de acuerdo a reglas y protocolos previamente establecidos, para responder a algunas de las preguntas ó requerimientos fundamentales. En esta categoría se puede encontrar procesos de inventario, caracterizaciones, zonificaciones y escenarios, así como el cálculo de indicadores y estadísticas ambientales.

- Método DETER, del INPE (Brasil)
- Índices de Vegetación (NDVI y EVI)

En el caso del método DETER las técnicas aplicadas, fueron desarrollados, fueron desarrollados investigadores del INPE Valdete Duarte y Yosio E. Shimabokuro. La misma consiste en un primer momento, obtener un mapa que contenga la distribución espacial del bosque tropical húmedo, se genera un mosaico ortorrectificado, y la obtención de las fracciones temáticas por medio del modelo lineal de mezclas espectrales, con el objetivo de realzar aspectos de interés y al mismo tiempo reducir la dimensionalidad de los datos a ser procesados, como etapa final se realiza la tarea de la edición matricial, para generar el mapa final de cobertura de Bosque y No Bosques (INPE,2004).

Herramientas de análisis espacial. Se refiere a la capacidad de explotar los datos históricos almacenados para generar escenarios de control y prospección, proyecciones ó modelos de simulación. En esta categoría se pueden encontrar las siguientes técnicas.

- Sobreposición de mapas (álgebra de mapas)
- Áreas de influencia
- Análisis Multitemporal
- Tasas de cambio ó conversión (deforestación)
- Índices de diversidad espacial
- Definición de Zonas Críticas (zonificación del bosque)

V.2.2.5.- Requerimientos de salida

Las salidas de la información están en función de los objetivos y necesidades de información recopiladas por los usuarios ó la evaluación de otras experiencias de este tipo de sistemas de información. Estas salidas involucra varios aspectos a considerar, como son: La frecuencia de la producción de la información (mensual, trimestral, anual). Un aspecto es el formato de los productos generados (tablas, gráficos, mapas, cuadros resúmenes, reportes, presentaciones, etc.).

Otro aspecto es la organización territorial de la información que va ser generada, esto es si la información presentada son: globales, nacionales, regionales, estatales, municipales, ó se van a disgregar sobre otras unidades espaciales, como son: cuencas hidrográficas, regiones naturales, zonas de vida, etc.

Un punto importante a considerar es el del medio informativo ó de divulgación para difundir la información que va generar el PMBOS-VEN, es necesario considerar la generación de una publicación en formato papel y digital de tipo anuario ó estadísticas anuales, constituido por cuadros detallados, resúmenes, índices, gráficos y material cartográfico temático. Sin embargo en la actualidad, el desarrollo e implementación de un portal en internet ó página web es de una estrategia comunicacional de gran importancia y fácil acceso a todos los usuarios.

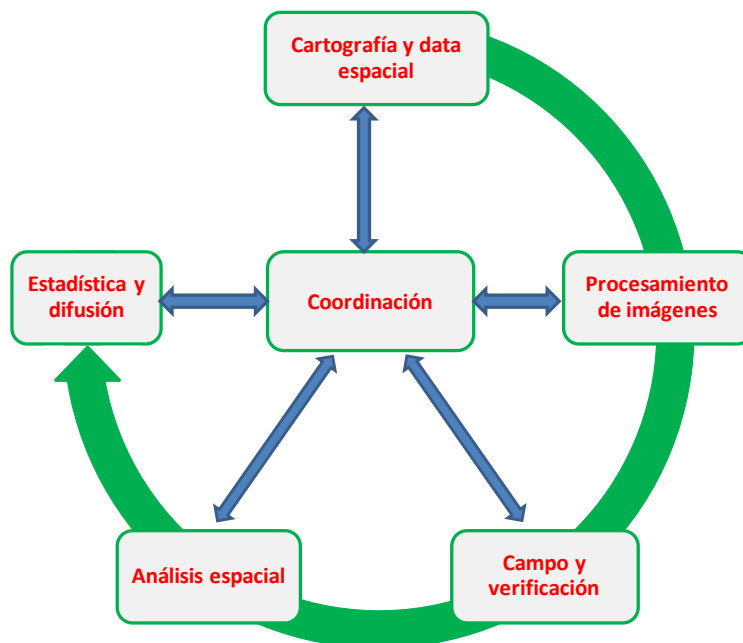
V.2.3.- Estructura funcional y recursos del PMBOS-VEN

El diseño del PMBOS-VEN plantea la inclusión de elementos de estructura funcional y de recursos (humanos y tecnológicos) que permitirán garantizar la gestión de datos e informaciones sobre el tema de la cobertura del bosque a nivel nacional.

V.2.3.1.- Estructura funcional del PMBOS-VEN

La propuesta de la estructura funcional y operativa para el PMBOS-VEN se diseña en función de los objetivos y requerimientos del proyecto e involucra establecer seis unidades de trabajo (Figura No. V-2), cada una con sus funciones ó áreas de actuación:

Figura No. V-2. Diagrama estructura funcional del PMBOS-VEN.



Fuente: Elaboración propia. 2010.

1) Unidad de Coordinación.

1.1) Funciones.

- La planificación, dirección, organización, ejecución, control y supervisión de todas las actividades pertinentes en cada una de las Unidades de trabajo del Proyecto a fin de cumplir con los objetivos, metas y requerimientos de información.
- Administración de los bienes y recursos que estén relacionados con el proyecto.

2) Unidad de Cartografía y Data Espacial.

2.1) Funciones.

- Adquirir los productos y materiales de índole cartográfica y de sensores remotos requeridos para la ejecución del proyecto.
- Realizar el preprocesamiento de los productos de sensores remotos para generar productos a nivel 0, requeridos por la Unidad de Procesamiento digital.

3) Unidad de Procesamiento Digital.

3.1) Funciones.

- Aplicar los procedimientos y técnicas para el procesamiento digital de las imágenes de satélites con la detección semi-automática de la cobertura del bosque y obtener los productos de:

- Cobertura del bosque cada 15 días.
- Estimación de extensión del bosque por medio de sensores de alta resolución espacial.
- Localización inicial de focos de incendios forestales de fuegos activos (MODIS Rapid Fire).
- Localización precisa de focos de incendios forestales de fuegos activos por medio de sensores de alta resolución espacial.

Todos estos son productos de Nivel 1 requeridos por la Unidad de Campo y verificación.

4) Unidad de Campo y verificación.

4.1) Funciones.

- Realizar las actividades necesarias para el control y verificación de la calidad de los productos generados tipo Nivel 1, en la Unidad de Procesamiento digital con el fin de validar los mismos y clasificarlos de tipo Nivel 2.

5) Unidad de Análisis Espacial.

5.1) Funciones.

- Ejecutar tareas relacionadas con los procedimientos en el área de los SIG que permitan generar los análisis espaciales que sean requeridos sobre los productos de tipo Nivel 1.
- Realizar estudios y análisis espacial relacionados con la cobertura de bosque y generar los productos cartográficos temáticos en cuanto a:
 - Localización de focos de incendios forestales de fuegos activos a nivel regional y estatal.
 - Estimación de la tasa de cambio del proceso de deforestación del bosque y establecer las causas a nivel regional y estatal.

6) Unidad de Estadística y Difusión.

6.1) Funciones.

- Mantener la data adquirida y procesada bajo normas de seguridad y resguardo y las bases de datos relacionadas para su control.
- Ejecutar las técnicas y métodos estadísticos a fin de obtener información pertinente de los productos que genera la institución por medio de la presentación en formato tabular y visual.
- Diseño, implementación y mantenimiento del portal de Internet de la institución, con el fin de difundir los resultados y productos finales que genere el Proyecto.

V.2.3.2.- Recursos del PMBOS-VEN

a) Recursos humanos

El recurso humano es la pieza motora de todo proyecto, su selección debe estar en función de los requerimientos del proyecto, la estructura funcional del mismo y el tamaño de la organización que dirigirá el proyecto PMBOS-VEN. Debe ser de carácter multidisciplinario y presentar cualidades y capacidades técnicas acordes con los objetivos y metas del proyecto. Dado que es una propuesta conceptual, sin embargo establecemos a continuación una idea de cómo debe estar constituido el recurso humano del PMBOS-VEN. Se requiere un total de 14 profesionales y técnicos como personal asignado al Proyecto. El mismo debe estar compuesto por:

Personal

- 1 Coordinador General
- 1 Coordinador técnico
- 1 Asesor (área teledetección)
- 1 Asistente a la coordinación
- 2 Técnicos (área cartográfica y data espacial)
- 3 Técnicos (área Procesamiento de imágenes)
- 3 Técnicos (área Análisis espacial)
- 1 Estadístico (área de estadísticas y difusión)
- 1 Informática (área de estadísticas y difusión)

Entre el personal de coordinación y técnicos se ejecutará de manera periódica las actividades de los trabajos de campo y verificación, conjuntamente con el personal del área a visitar (guardería ambiental).

b) Recursos tecnológicos

El recurso tecnológico es un componente fundamental en el PMBOS-VEN, ya que con la tecnología de la informática permite adquirir, almacenar y manipular un gran volumen de datos que deben procesarse dadas las características del proyecto, por el hecho de realizar un monitoreo continuo de la cobertura de bosque. Un aspecto limitante del recurso tecnológico es el

costo inicial para el apertura operativa del proyecto, sin embargo, en el caso del software ó sistemas informáticos a utilizar tenemos que el estado ha establecido el Decreto N° 3.390 de fecha 23-Dic-2004, en Gaceta Oficial N° 38.095 de fecha 28-Dic-2004, en su art. 1 establece lo siguiente. “La Administración Pública Nacional empleará prioritariamente Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos, en sus sistemas, proyectos y servicios informáticos”.

El uso de software libre ó SL tiene la bondad de instaurar un ahorro de recursos monetarios al liberarse del pago de licencias del software propietario, ello debido a la que los SL son de gratuitos y accesibles.

Asimismo la data fundamental de este proyecto que son las imágenes de satélites tanto el MODIS, SPOT y CBERS, son de acceso libre ó gratuito, por lo que el costo inicial para la adquisición del recurso tecnológico es muy bajo, lo que ayuda en la viabilidad del proyecto. A continuación se describen las características técnicas de dos Sistemas de Información Geográfica bajo Software Libre SIG-SL, como es el SPRING y el gvSIG.

El SPRING en su versión 5.1, es un Sistema de Información Geográfica, Software Libre (SIG-SL) y al mismo tiempo un sistema de tratamiento de imágenes obtenidas mediante percepción remota que realiza la integración de las representaciones de datos matriciales ("estructura raster") y datos con estructura vectorial en un único ambiente. El SPRING es un producto desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE)/ DPI de Brasil, (Camara G,et al, 1996), su aplicación y uso es debido que dentro de sus módulos de procesamiento de imágenes se incluye la aplicación del Modelo Lineal de Mezclas

Los objetivos del proyecto SPRING:

- Construir un sistema de la información geográfica para aplicaciones en agricultura, bosque, gestión ambiental, geografía, geología, planeamiento urbano y regional.
- Lograr un SIG de rápido aprendizaje y extremadamente accesible para la comunidad Brasileña e Internacional.
- Proveer un ambiente unificado de Geoprocesamiento y Percepción Remota para aplicaciones urbanas y ambientales.
- Ser un mecanismo de difusión del conocimiento desarrollado por el INPE y sus socios, bajo forma de nuevos algoritmos y metodologías.

Fuente: <http://www.dpi.inpe.br/spring>.

El Sistema de Información Geográfica, Software Libre (SIG-SL) gvSIG Desktop es una herramienta informática para dar solución a las necesidades relacionadas con el manejo de información geográfica. Se caracteriza por ser una solución completa, fácil de usar y que se adapta a las necesidades de cualquier usuario de SIG. Es capaz de acceder a los formatos más comunes, tanto vectoriales como raster, tanto locales como remotos, integra estándares OGC, y cuenta con un amplio número de herramientas para trabajar con información de naturaleza geográfica (consulta, creación de mapas, geoprocesamiento, redes, etc.) que lo convierten en una herramienta ideal para usuarios que trabajen con la componente territorial, para mayor información consultar la <http://www.gvsig.com>.

Algunas de sus características más destacadas son:

- Portable: funciona en distintas plataformas hardware / software, Linux, Windows y Mac OS. El lenguaje de programación es Java.
- De código abierto: licencia GNU/GPL, lo que permite su libre uso, distribución, estudio y mejora.
- Interoperable con las soluciones ya implantadas: es capaz de acceder a los datos de otros programas privativos, como ArcView, AutoCAD o Microstation sin necesidad de cambiarlos de formato.
- Sujeto a estándares: sigue las directrices marcadas por el Open Geospatial Consortium (OGC).

Fuente: <http://www.gvsig.com>.

Se describen brevemente el hardware necesario ó básico como parte de los recursos tecnológicos del proyecto, como son los sistemas de oficina. (procesador de palabras, hoja de cálculo, graficación y presentaciones).

Equipos de informática

- Servidor de red
- Servidor de seguridad y resguardo de la data
- Computadores de alta capacidad de procesamiento digital.
- Computadores de escritorio.
- Plotter.
- Impresoras

Otros equipos.

- Sistemas de Global de Posicionamiento (GPS).

V.2.4.- Generación de Productos

La generación de productos (internos, externos), es el reflejo del trabajo organizado de un conjunto de recursos (humanos, técnicos y organizacionales) en función de los objetivos y metas establecidos en la propuesta de este proyecto estos productos finales se muestran en el siguiente cuadro.

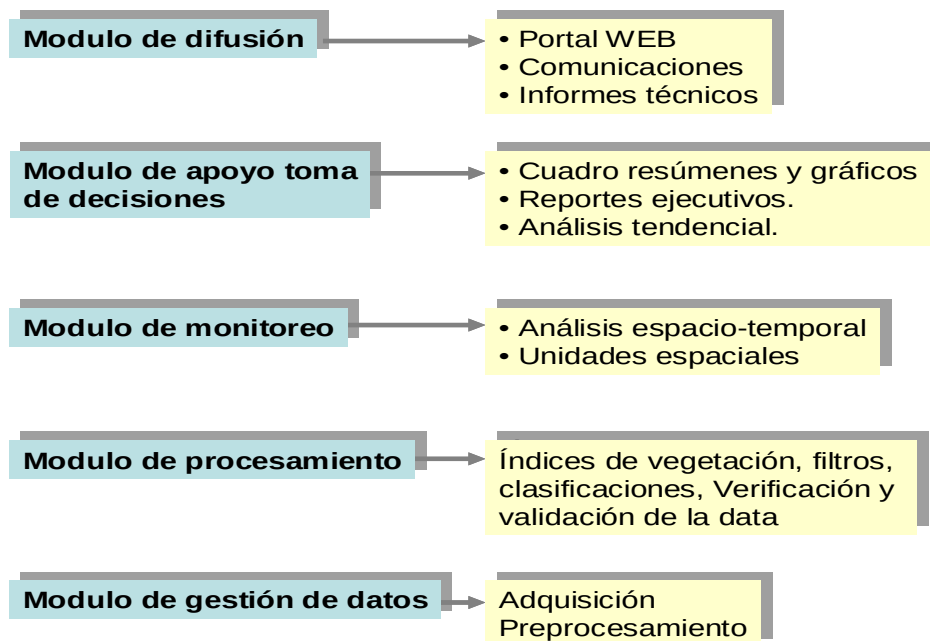
Cuadro No. V-2. Propuesta de productos finales, cobertura y frecuencia del PMBOS-VEN

Producto	Cobertura / Frecuencia	Fuente
Mapa cobertura. dos categorías (Bosque, No Bosque)	Nacional, estados. Composición de imágenes cada 16 días	MODIS SPOT
Mapa de focos de incendio	Nacional, estados. Imágenes de focos de incendios, cada día	MODIS Fire Rapid
Mapa de deforestación, tasa de cambio	Nacional, estados. 1 vez al mes, anual	MODIS SPOT CBERS

Fuente: Elaboración propia.

Así tenemos que la organización de la información se puede visualizar como un conjunto de módulos de información que de manera secuencial generarán nueva información (Figura No. V-3).

Figura No. V-3. Organización por módulos de información del PMBOS-VEN



Elaboración propia.2010.

En el módulo de difusión se presenta como medio de difusión el Portal Web del proyecto, un claro ejemplo de ello son las páginas web de deforestación y focos de incendios desarrollada por el INPE, Brasil (Anexo No. 5).

V.2.5.- Estimación de presupuesto

A modo de ejercicio académico se desarrolla un estimado del presupuesto inicial para la puesta en marcha del proyecto de monitoreo del bosque y del presupuesto anual una vez operativo. En principio se realizó una revisión de referencias e informes técnicos sobre presupuestos principalmente relacionados a la puesta en marcha de Sistemas de Información Geográfica SIG, (RCE, 1998), (OEA, 1993), (Cormagdalena, 2004). Así se identificaron los costos directos con base a varios elementos a considerar.

Uno de ello es el espacio de oficina del Proyecto de aprox. 200 m², por igual el uso de software libre, la adquisición gratuita de las imágenes y soporte cartográfico, dentro de los costos se incluye el personal constituido por 14 personas entre profesionales y técnicos, la adecuación y acondicionamiento de las oficinas, la ejecución de trabajos de campos, la adquisición del hardware necesario de alta y media capacidad de procesamiento, memoria y materiales de oficina.

Es necesario resaltar que este es un ejercicio simplificado para estimar el presupuesto, estamos en conocimiento que el desarrollar un presupuesto real para un proyecto de tal envergadura implica una serie de complejos procedimientos técnicos-administrativos, operacionales, de recursos y tiempo. A continuación se presenta el cuadro resumen de dicho presupuesto (Cuadro No V-3).

Cuadro No. V-3. Cuadro de estimación del presupuesto inicial y anual del Proyecto del PMBOS-VEN

Conceptos	Inversión BsF	Inversión mensual BsF
	Inicial	Operacionalización y Control de calidad
Acondicionamiento Infraestructura y mobiliario de oficina	405.000	
Mantenimiento Infraestructura		1.350
Adquisición equipo	174.500	
Mantenimiento Equipo		1.454
Adquisición Software ⁽¹⁾	0	0
Adquisición data ⁽²⁾	0	0
Capacitación inicial	62.500	
Capacitación anual		2.083
Personal contratado		80.400
Adquisición de materiales e insumos	15.000	2.250
Trabajo de campo (2 al mes)		15.740
Totales	657.000	103.278

(1) Uso de Software libre (2) Es gratuita. Fuente: Elaboración propia, 2011

V.3.- PLAN ESTRATÉGICO, USUARIOS Y RELACIONES INTERINSTITUCIONALES.

Todo proyecto de cierta envergadura requiere de un plan estratégico, la definición de los usuarios potenciales y reales y el establecimiento de relaciones con otras instituciones tanto locales, regional y de otros países, ello con la idea de acceder a tecnologías y capacitación del recurso humano.

V.3.1.- PLAN ESTRATÉGICO

Un plan estratégico se entiende como un plan de largo alcance que sitúa a un proyecto dentro del conjunto de los objetivos de una organización, (UNIGIS, 2003). Un Plan estratégico se aplican por lo general para la coordinación de actividades con una duración de 3 o 5 años, sin embargo es factible su uso para proyecto de menor duración (Conicit,1995). Un plan estratégico se divide en etapas, como una aproximación a un plan estratégico aplicado al proyecto PMBOS-VEN, se identifican las siguientes etapas:

Figura No. V-4. Diagrama secuencial del Plan Estratégico.

Fuente: Conicit, 1995.

V.3.2.- Usuarios.

La definición de usuarios potenciales está referida a la identificación de los usuarios que puedan tener interés en la información generada por el PMBOS-VEN. Esta lista de usuarios se genera tanto por medio del perfil de las instituciones ó por medio de luego de una serie de entrevistas a los usuarios potenciales reales para identificar sus necesidades de información, este set de requerimientos luego serán ajustadas en función de la fuente de datos y confiabilidad, para luego ser organizadas en requerimientos primarios ó a futuro.

En principio se definen a los usuarios potenciales, estos se clasificaron según sus características de función, situación, etc. de estos se identifican a los usuarios reales que pueden ser: Gerentes, especialistas, técnicos e ingenieros, funcionarios públicos de (municipios, ministerios, institutos autónomos, etc.) y el público en general.

Los usuarios primarios están relacionados con el proceso y desarrollo de esta investigación, los usuarios potenciales finales serán los que recibirán o tendrán acceso a la información del modelo conceptual después de sea finalizada. Así se entienden a “usuarios primarios” al personal que participa de manera directa y activa en este proyecto, y como “usuarios potenciales finales” a toda persona con interés en el tema, a personal de la empresa, funcionarios públicos, público en general ó cualquier individuo que selecciones la empresa.

También los usuarios se clasifican de la siguiente manera: Tomador(e) de decisiones, Coordinador del Proyecto, Usuario Planificador ó Gerencial, Usuario técnico y Usuario en general. Estos usuarios servirán para definir los requerimientos detallados del modelo y que serán los usuarios finales del PMBOS-VEN cuando este ya implementado y en funcionamiento, para

mejorar la visualización se describen en el siguiente los distintos tipos ó perfiles de usuarios para el Proyecto (Cuadro No. V-4).

Cuadro No. V-4. Perfiles de usuarios

Perfil	Descripción
Tomador de decisiones	Nivel gerencial que necesita información concisa de escenarios y modelos para la toma de decisiones.
Coordinación del Proyecto	Nivel técnico, administrador del sistema ó modelo regional
Usuario Planificador ó Gerencial	Nivel gerencial especializado, acceso a servicios de información especializada de modelos y recursos disponibles para la toma de decisiones.
Usuario técnico	Nivel técnico, interesado en interactuar con la solución para el análisis de la información.
Usuario en general	Nivel básico, interesado en la información y en los servicios.

Son usuarios finales de los datos y la información sobre la cobertura del bosque generada, se detallan:

- Dependencias del MINAMB.
- Ministerios (Ciencia y tecnología, Planificación, Agricultura y Tierra, Defensa)
- Otras Instituciones públicas: INE, IGVS, IDEA
- Gobernaciones y Alcaldías
- Universidades
- Consejos comunales
- Comités conservacionistas
- ONG ambientales
- Público en general

V.3.3.- Relaciones interinstitucionales.

Este punto es por igual fundamental para el logro de los objetivos del proyecto, siendo necesario establecer contactos y relaciones de diversas índoles con otras instituciones tanto públicas como privadas, así como a nivel local, regional, nacional y en el exterior de otros países. Con la idea de generar sinergias entre instituciones que persiguen un mismo objetivo ó fin, aplicando la estrategia de ganar-ganar.

Para ello es necesario establecer los temas ó áreas de interés y encontrar aquellas instituciones interesadas en ellas, como un primer avance a la definición de área de interés en principio se definen tres, que pueden aumentar en la medida que se desarrolle a futuro el proyecto, estas áreas son:

- Manejo sostenible del bosque
- Investigación
- Capacitación y transferencia tecnológica

El manejo sostenible del bosque, es una estrategia de conservación para identificar y controlar los límites de intervención del bosque para la generación de bienes y servicios, de manera que no sobrepase su capacidad de carga (MINAMB, 2008), es así que se busca el concurso y la cooperación entre instituciones para lograr este objetivo, los cooperantes serían. Nacionales: Dependencias del Ministerio del Ambiente, Instituto Nacional de Tierras (INTI), Guardería Ambiental, Ministerios, Gobernaciones, municipios, Universidades (públicas y privadas), ONG ambientales y comunidades. Internacionales: Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), FAO, Tratado de Cooperación Amazónica, (TCA)

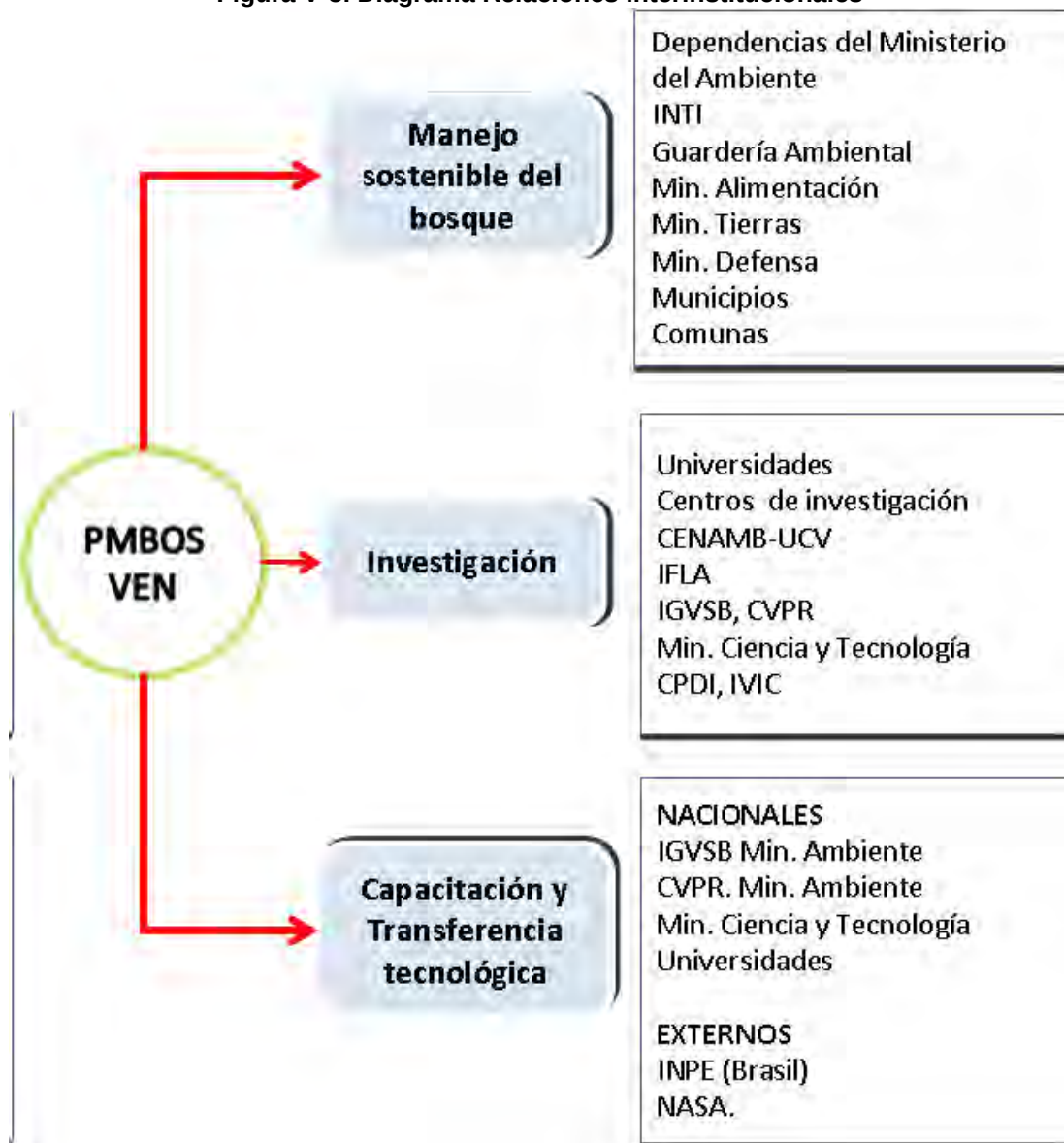
El tema de la investigación estaría centrada en los tópicos de: dinámica del bosque natural, desarrollo de Productos No Maderables del Bosque PNMB autóctonos, generación de un banco de firmas espectrales del bosque, proyectos de reforestación con especies autóctonas, efectos ambientales de la deforestación, entre otros. Las instituciones que participaría están. Nacionales: Dependencias del Ministerio del Ambiente, IGVS, Ministerio de Ciencia y Tecnología, centros de investigación del estado; Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA), CPDI, IVIC, Universidades con sus centros de investigación, caso Centro de Estudios Ambientales (CENAMB) de la UCV, Instituto de Geografía Regional (IGR), Instituto de Zoología Tropical (IZT), de la Universidad de los Andes la Facultad de Ingeniería Forestal, ONG ambientales y comunidades Internacionales: UNESCO, FAO.

La capacitación y transferencia tecnológica es un elemento fundamental entre las instituciones con objetivos afines para la transmisión del conocimiento formal y el intercambio de experiencias exitosas, las instituciones participantes serían. Nacionales: Universidades (públicas y privadas), ONG ambientales, comunidades. El Centro de Procesamiento Digital de Imágenes (CPDI), caso especial es la creación del Centro Venezolano de Percepción Remota (CVPR), cuyo objetivo principal será la de “satisfacer las necesidades de adquisición de datos satelitales, de observación de la Tierra, así como coordinar todas las actividades relacionadas a la percepción remota a nivel nacional” este centro tendrá una Estación de Recepción Satelital (ERS). Internacionales: el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) de Brasil, La Agencia Nacional Aeroespacial (NASA) de los EEUU.

De modo gráfico se presenta un diagrama de la organización y posibles instituciones que participarían en las relaciones interinstitucionales

con el PMBOS-VEN por medio de convenios, acuerdos y otras figuras (Figura No.V-5).

Figura V-5. Diagrama Relaciones interinstitucionales



Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

Al comparar los resultados obtenidos con los objetivos propuestos, podemos decir que. Producto del análisis espacial con el uso de técnicas y procedimientos de la geomática en el área de estudio se obtuvo la caracterización, cuantificación y distribución geográfica de la cobertura boscosa y permitió desarrollar una propuesta para el monitoreo del bosque, considerando este componente de alto valor ambiental.

De los resultados obtenidos en esta investigación se demuestra la grave situación que presenta el bosque en la margen norte del país para el año 2009. Mientras que en el año 1980 representaba el 41,1%, la cobertura del bosque en la actualidad representa el 21,5% de la superficie total del área de estudio. El 88,5% de esta cobertura se localiza en el piso altitudinal Tropical (menos de 500 msnm) y un 11,4% en zonas montañosas. A nivel de las bioregiones dicha cobertura se localiza con predominio en la bioregión de Los Llanos, con un 39%, en términos de las regiones hidrográficas tenemos que el bosque se localiza principalmente en tres regiones que son: Lago de Maracaibo, Llanos occidentales y Alto Apure, agrupan el 46% de la cobertura del bosque.

En relación con las ABRAE, con fines de protección (Parques Nacionales y Monumentos Naturales) solo el 12,52% de la cobertura de bosque del área de estudio está protegida con estas figuras. Las ABRAE con fines de producción forestal tan solo representan el 10,13%, más del 50% de las Áreas con Vocación Forestal tienen menos del 20% de cobertura boscosa.

Los estados Zulia, Barinas, Apure y Monagas poseen el 40% de los bosques actualmente, pero, el estado Zulia en los últimos 29 años ha perdido 29.000 km² y junto a Barinas, Guárico y Apure, totalizan 55.770,33 km² de pérdida de bosque.

El proceso de deforestación en los últimos 29 años en la región norte del país se clasifica como de media a alta. En este periodo se han deforestado más de 90.000 km² de bosque, ello representa el 50% del bosque que existía a principios de los años 80. La región norte de Venezuela posee una tasa anual media de deforestación de 1,64%, ello implica casi 3.000 km² anuales, al comparar con otros países, Venezuela sólo en el área de estudio, tiene una de las tasas de deforestación más altas de Latinoamérica. Sin embargo la tendencia demuestra que la tasa de deforestación está disminuyendo.

Con el análisis de los índices de diversidad espacial se identificó que el grado de fragmentación del bosque se considera leve, ya que lo que predomina es la reducción de los polígonos ó parches del bosque. Así mismo se debe alertar que 53.435 km², es decir, el 55,7% de los bosques se agrupan en la categoría de Zona Crítica de Muy Alta. En tierras menores a 500 msnm, donde se produce el 88,59% de las deforestaciones.

Para obtener los resultados de esta investigación se aplicó la metodología del INPE con modificaciones sobre la base de las características del área de estudio y de los objetivos planteados. Esto permitió desarrollar una propuesta metodológica apoyado en la geomática para la implementación de un “Proyecto Monitoreo del Bosque en Venezuela” PMBOS-VEN, con la finalidad de que sea aplicado para todo el país.

El uso del Modelo Lineal de Mezcla Espectral (MLME), cumple con el objetivo de identificar áreas deforestadas en zonas boscosas. Esto se aplica con notables resultados para territorios como la cuenca amazónica, donde el contraste entre el bosque y las áreas deforestadas es muy alta, por igual, ayuda considerablemente que la frecuencia del período de monitoreo para el análisis entre una imagen y otra sea alta, es decir, frecuencia temporal de periodos cortos de varios días ó de pocas semanas. Por último el método

(MLME) con algunas modificaciones se ajusta a los objetivos de un sistema de alertas de deforestación propuesto para Venezuela en el capítulo V. Sin embargo para efectos de esta investigación donde el periodo de análisis por imágenes de satélites es de nueve años, no tuvo un gran provecho.

Se lograron realizar estimaciones sobre la cobertura del bosque con un alto grado de certeza, para así reducir la incertidumbre que desde hace años existe sobre la actual cobertura del bosque y el proceso de deforestación en la región norte de Venezuela. Si bien lo indica los resultados de los errores de comisión y de omisión el sensor MODIS dada su baja resolución, no permite la detección de deforestaciones menores de 6,25 ha. Sin embargo, dada su alta frecuencia temporal y al combinarla con sensores de baja temporalidad y de alta resolución, se puede tener un afectivo sistema de alerta temprana, para el caso de incendios forestales ó deforestaciones ilegales.

La metodología desarrollada en este estudio permite un seguimiento con un alto grado de certeza, a bajos costos operativos y con rapidez en la obtención de resultados sobre el fenómeno estudiado en esta investigación. Información con un alto valor estratégico ambiental que servirá de insumo, en principio, para la planificación, aprovechamiento, control y gestión del recurso forestal, y esto a su vez será de utilidad a la planificación ambiental territorial necesaria para el país, con miras a lograr un desarrollo sustentable.

De la confiabilidad de los resultados se obtuvo un error de omisión de 0,2340, porcentual es 23,4%, y el error de comisión de 0,1743, porcentual es 17,43%. La exactitud de la clasificación global por medio del índice Kappa fue de 0,7090, esto se califica como de buena concordancia. Para efectos de la instalación de un sistema de monitoreo y alertas de deforestación, valores de omisión y comisión entre 20 y 30% se consideran aceptables.

RECOMENDACIONES.

1. Como principal recomendación y base de uno de los objetivos de esta investigación es el desarrollo e implementación de un proyecto de Monitoreo del Bosque en Venezuela. MBOSVEN, que plantea el uso intensivo de las herramientas de la teledetección y SIG, donde se combinan imágenes baja y alta frecuencia temporal con imágenes de alta resolución de mediana frecuencia temporal y el trabajo operativo de un sistemático chequeo y control de campo. Se busca el desarrollo de un sistema de alerta y monitoreo de alta confiabilidad, riguroso y transparente. Dicha propuesta del PMBOS-VEN está desarrollada en detalle en el capítulo V de este estudio.
2. Creación y establecimiento de parcelas de control permanente, para obtener firmas espectrales principalmente de las distintas formaciones de bosque y validar los resultados obtenidos en el procesamiento de las imágenes de satélites.
3. Definición y creación de Bosques Nativos para protección y producción, (Ley de bosque), dentro de las 5 grandes extensiones de bosques identificadas en el capítulo IV, pág. 139.
4. Aplicar el uso intensivo de las tecnologías de la geomática dada su efectividad y bajo costo; en combinación con sistemas de software libre SL para la gestión control y monitoreo del bosque.
5. Políticas públicas con mayor énfasis en la integración de las comunidades cercanas a Zonas Críticas del bosque descrito en esta investigación y procurar una mayor participación en la conservación y uso sostenible del bosque, con el acompañamiento de expertos y técnicos en el área forestal y agroforestal.

6. Desarrollar una nueva certificación forestal ó certificación verde, aplicando criterios ecológicos bajo un desarrollo forestal sustentable, siendo obligante para toda la cadena de producción y comercialización de la madera.
7. En el año 2005 el Estado estableció la Misión Árbol, esta iniciativa en los últimos 5 años a reforestado en total 13.166 ha aprox., sin embargo, esto representan el 8,5% de la superficie deforestada anual, por lo que es necesario diversificar e incentivar aún más esta Misión Árbol.
8. Se debe desarrollar más la Misión Árbol en los estados con mayor deforestación, como son: Apure, Anzoátegui, Guárico, Barinas, Monagas y Zulia.
9. Establecer estrategias por parte del estado para la recuperación de áreas deforestadas en la Reservas Forestales y AVF, dos de estas estrategias serían.
 - 1) Movilización de los ocupantes ilegales fuera de dichas áreas hacia zonas agrícolas más acordes.
 - 2) Propiciar la creación de Fincas Agroforestales, siendo esta figura acorde a los estamentos de las Reservas Forestales y AVF.
10. Desarrollo de alternativas novedosas para el aprovechamiento múltiple ó multiuso del recurso forestal, buscando la diversificación y exploración de variados procesos productivos dentro del bosque, principalmente basados en los Productos No Maderables del Bosque (PNMB), esto involucra la piscicultura, apicultura, bosque de sombra para el ganado y forrajes, extracción de exudados, colorantes, artesanía de tallas de madera sustentable, etc.
11. Desarrollar una línea de investigación del uso del sensor MODIS para otros estudios que se requieran, dado que en el país son escasos estudios de teledetección aplicando dicho sensor.

12. Establecer iniciativas para desarrollar convenios sobre transferencia tecnológica en el área de sensores remotos y teledetección sobre todo con el INPE de Brasil, siendo que gran parte de la metodología aplicada en este estudio se basó en sus métodos y técnicas de procesamiento de imágenes.

BIBLIOGRAFÍA.

Aldana, A., Bosque, SJ (200) Evaluación de los cambios ocurridos en la cobertura/uso de la tierra del parque nacional sierra de la culata. Mérida-Venezuela. Período 1988-2003. 22 p.

Anaya, A. Jesús (2009) Estimación mensual de emisiones por biomasa quemada para Colombia basado en imágenes de satélite. T. de doctorado. Universidad de Alcalá, Madrid, España, 165 p.

ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Gaceta Oficial No. 5.453 extraordinario 24 de Marzo de 2000. Caracas, Venezuela. 57 p.

_____, (2006) Ley Aprobatoria de la Enmienda del Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.455 del 09 de Junio de 2006.

_____, (2004) Software Libre en la administración pública nacional. Decreto N° 3.390 de fecha 23-Dic-2004, en Gaceta Oficial N° 38.095 de fecha 28-Dic-2004.

_____, (2007) Ley de aguas. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.595 de fecha 02 de enero de 2007.

_____, (2008) Ley de Bosques y Gestión Forestal. Decreto N° 6.070 14 de mayo de 2008. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.946 del 5 de junio de 2008.

Azuaje, J.I (2000) Manejo Forestal de Venezuela. Primer Avance. Proyecto: Información y análisis para el manejo forestal sostenible: Integrando esfuerzos en 13 países tropicales en América Latina (FAO). Santiago de Chile - Chile. Año 2.000. 19 pág.

Camara G, et al (1996) SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling, en Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CAN, (2001) Taller andino sobre negociaciones en bienes y servicios ambientales. Lima, Perú, realizado por la Secretaría de la Corporación Andina de Naciones (CAN), 2001.

Cárdenas, J.C. (1994) Limitaciones y potencialidades de la teoría económica ambiental para el análisis de la problemática ambiental en zonas campesinas. El caso de García Rovira. III Congreso La investigación en la Universidad Javeriana. Bogotá.

Catalán, A. (1993). El Proceso de deforestación en Venezuela entre 1975-1988. Suplemento Revista Ambiente N° 49. Fundación de Educación Ambiental. MARNR. Caracas, Venezuela. (pp 23-25).

Cayuela L. (2006) Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas, México. Efectos sobre la diversidad de

árboles. Revista Ecosistemas 15 (3): 192-198 p. Asociación Española de Ecología Terrestre Septiembre 2006.

<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=438>.

CATIE (2000). Bibliografía comentada cambios en la cobertura forestal Venezuela, FRA 2000. Programa de Evaluación de los Documento de Recursos Forestales Informe realizado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) a solicitud del Dept. de Montes Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Trabajo 39. Roma. 32 pp.

Centro de Estudios Integrales del Ambiente (CENAMB), (2003) Desarrollo ZEDES. Vicerrectorado Académico. UCV. Auspiciado por el Vice-Ministerio de Desarrollo Regional del Ministerio de Planificación y Desarrollo MPD. Caracas. Venezuela.

CENAMB y Centro de Estudios del Desarrollo. CENDES (2003). Formulación del Plan para el Desarrollo Sostenible de la Región Orinoco–Apure. (CENAMB –CENDES). Vicerrectorado Académico. UCV. Auspiciado por el Ministerio de Planificación y Desarrollo MPD. Instituto Nacional de Canalizaciones (INC). Corporación Andina de Fomento (CAF). Caracas. Venezuela.

CENAMB (2007) Desarrollo Integral del Eje Norte Llanero: Zonificación Ambiental Territorial. Vicerrectorado Académico. UCV. Auspiciado por el Vice-Ministerio de Desarrollo Regional del Ministerio de Planificación y Desarrollo MPD. Caracas. Venezuela.

Centeno, J. (1995) Estrategia para el desarrollo forestal de Venezuela. Documento comisionado por el Fondo Nacional de Investigación Forestal. Junio 1995, pp 39-44.

Cormagdalena (2004). Sub-proyecto SIG Forestal. Proyecto FFEM Cormagdalena. Nota técnica No. 2, Corporación Autónoma Regional del río Grande de la Magdalena. Bogotá DC. Colombia.

CONICIT (1995) Seminario Taller sobre: Formulación de proyectos de información. Dir. de información científica y tecnológica. CONICIT, Min. de la Secretaría de la Presidencia. 25p. 1995.

Constanza et al. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.

Clark University (2003) IDRISI Kilimanjaro, Guía para SIG y procesamiento de imágenes. J. Ronald Eastman, Clark University y el Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN), Edición en español. Córdoba, Argentina, 305 p.

Cuatrecasas, J. (1956) Esquema sumariado de la vegetación de la provincia

andina. En Suelos Ecuatoriales. Vol 1, No. 1. 1956 Medellín, Colombia.

Chuvieco, E. (2006) Teledetección ambiental, la observación de la tierra desde el espacio. 2da. Edición. Edit. Ariel ciencia. Barcelona. España, 587 p.

Chuvieco, Emilio; Javier Salas J y Meza, E. (2002) Empleo de la teledetección en el análisis de la deforestación tropical: el caso de la Reserva Forestal de Ticoporo (Venezuela). Revista Serie Geográfica N°. 10 - 2002: 55 – 76. Dep. de Geografía - Universidad de Alcalá. España. 22 p.

DAAC. (2002): NPP Data, Global Change Master Directory. (http://www.daac.ornl.gov/NPP/npp_home.html).

DAAC. (2004): LDOPE Tools User's. Release 1.4, MODIS Land Data Operational Product Evaluation (LDOPE) Tools.

DAAC. (2006): MODIS Reprojection Tool User's Manual, South Dakota, USGS.

De Lisio, Et-al (2006) Propuesta del Plan Nacional Biocomercio (PNB)-Venezuela. Resumen Ejecutivo. Auspiciado por: PNUD – MARNR. PROGRAMA NACIONAL BIOCOMERCIO. Proyecto VEN/04/001MCT-MARN-PNUD Caracas, Venezuela. 337. p.

Debinski, D.M. y Holt, R.D. 2000. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. Conservation Biology 14(2): 342-355.

Díaz, J. Mas, Jean-Francois, Velásquez, A. (2008) Monitoreo de los patrones de deforestación en el corredor biológico mesoamericano, México. Dic. 2008. Vol. 33. No. 12. Interciencia. 882:890.

Dinerstein, E. et al (1995) Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones terrestres de América Latina y el Caribe. The World Bank, The World Wildlife Fund, Washinton, D.C. EEUU. 135 p.

FAO (2000) Bibliografía comentada cambios en la cobertura forestal Venezuela. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000. Informe elaborado por CATIE para el Departamento forestal de la Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. Estudio FAO Montes FRA2000/39, Roma. 32 p.

FAO (2005) Informe Nacional, Venezuela. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005. Departamento forestal de la Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. Estudio FAO Montes FRA2005/227, 35 p.

FAO (2006) Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005. Hacia la

ordenación forestal sostenible. Departamento forestal de la FAO. Estudio FAO Montes 147 p.

FAO (2009) Situación de los bosques en el mundo. Hacia la ordenación forestal sostenible. Departamento forestal de la FAO. Roma. 158 p.

García, E. (1980) Introducción al estudio del derecho. Edit. Porrúa. México. D.F., México.

González Gutiérrez Ignacio, Jean-François Mas, Evaluación de Imágenes Modis para el Monitoreo de la Deforestación en México, Evaluation of MODIS Images to Monitor Deforestation in Mexico.

Global Forest Watch (2002) The estate of Venezuela's Forest. A case study of the Guayana Region. Auspiciado por World Resources Institute (WRI) & Fundación Polar. Printed. Litografía ImagenColor SA. Caracas, Venezuela. 132. p.

Guaritaga, M; Ostertag,Rebeca (2002). Sucesión secundaria. En M. Guaritaga y G. Kattan Edit., Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica.

Hamilton,L.S.,J. Sternermark, J.P. Veillon & E. Mondolfi (1976) Conservación de los bosques húmedos de Venezuela. Sierra Club-Consejo Bienestar Rural, Caracas, Venezuela. 181 p.

Herrera C, y Prato G, (2004) Análisis multitemporal de áreas deforestadas en la cuenca alta y media del Río Guapo, Estado Miranda, utilizando imágenes de satélite y SIG Trabajo Especial de Grado. Esc. de Geografía. Fac. de Humanidades y Educación. UCV.

Heinicke RM. (1985) The pharmacologically active ingredients of noni. The University of Hawaii Bulletin. 1985:10-14.

Hiramatsu T, et al (1993) Induction of normal phenotypes in ras-transformed cells by damnacanthol from Morinda citrifolia. Cancer Letters. 1993; 73:2, 161-166.

Huete, A. et al (1999) MODIS vegetation index (mod 13) algorithm theoretical basis document, version 3. University of Virginia. Department of Environmental Sciences. Clark Hall & University of Arizona. 120 p.

INE (2003) Censo de población y vivienda 2001.Instituto Nacional de Estadísticas. Caracas. Venezuela.

IPCC (2006) Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Publicado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2006.

Inparques. (2004). Parques Nacionales y Monumentos Naturales de Venezuela. Instituto de Parques Nacionales y Monumentos Naturales. Inst. del MINAMB.

INPE. (2006) Metodología para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), <http://www.inpe.br/>. Gilberto Câmara, Dalton de Morisson Valeriano, João Viane Soares. 24 p.

Justo, J. (2004) El Potencial de los Servicios Ambientales en el Perú, Forum: Situación actual y potencial de las exportaciones de servicios. Fondo Nacional del Ambiente — FONAM. Lima. Perú.

Kammessheid, et al, (1995). Efecto de la explotación selectiva sobre la estructura y sostenibilidad del bosque tropical: un caso de los llanos occidentales venezolanos. Revista Forestal Venezolana, 39-1, pp. 9-20.

Llamoza, S., et al (2003). Libro Rojo de la Flora Venezolana. Provita, Fundación Empresas Polar, Fundación Instituto Botánico de Venezuela Dr. Tobías Lasser y Conservación Internacional, Caracas, Venezuela, 557 p.

Linares O(1998). Mamíferos de Venezuela. Edit. Sociedad Conservacionista Audobon de Venezuela. Caracas, Venezuela. 691 pp.

Mas, Jean (2008) Estadísticas regionales de deforestación (Evaluación de cambio de uso de suelo en Michoacán y el sureste de México) Reunión Nacional de Estadística, Mesa 3 (Tasa de deforestación) – INEGI – 19-20 de mayo de 2008

McGarigal, K.; J. Berry and D. Buckley. (1998). Fragstats Manual. USDA. <http://www.blaze.innovativegis.com/products/fragstatsarc/manual/manpref.htm>.

MARNR (1982) Mapa de la vegetación actual de Venezuela. Proyecto VEN/79/001. Sistemas Ambientales Venezolanos. MARNR, Serie II. Sección 1. Doc. No. 4 Dir. Gen. Sect. de Planificación y Ordenación del Ambiente. Caracas, Venezuela.

MARNR (1993) Mapa de la vegetación de Venezuela. 75 hojas, 1:250.000. MARNR, Dir. de Vegetación, Caracas, Venezuela.

MARNR (1996) Balance ambiental de Venezuela. 1994-1995. MARNR. Caracas. Venezuela. 166 p.

MARNR (2000a) Informe de la situación forestal de Venezuela. Seforven: Revista de la Dir. del Recurso Forestal, No. 16, oct—2000, 8p.

MARNR (2000b) Primer informe de Venezuela sobre diversidad Biológica. Oficina Nacional de Diversidad Biológica. Publicación auspiciada por Fondo para el Medio Ambiente FMAM y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. Impresión talleres Owelinh CA. Caracas. Venezuela. 227 p.

MARN (2001) ESTADO ACTUAL DEL BIOCOMERCIO EN VENEZUELA. Coord. Sans Uranga, J.A. Tecnología y Servicios Ambientales GEOCLEAN, C.A. auspiciado por MARNR, Oficina Nacional de Diversidad Biológica. 234 p.

MARN (2001) Veda nacional por seis años para la explotación, aprovechamiento y cualquier otro tipo de intervención de las especies forestales Caoba, Cedro, Mijao, Pardillo y Acapro, en bosques naturales públicos ó privados. Resolución No. 100, 18-09-2001, G.O. No. 37.287 del 20-09-2001.

MARN (2004) Anuario estadísticas forestales año 2000-2001. Serie No.7. Dir. General de Bosques. Sistema nacional de información estadística forestal. MARN. Caracas. Venezuela. 170 p.

MARN (2005) Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. MARN – PNUD - FMMA, Caracas. Cooperativa Prographic.

MARN (2006) Anuario estadísticas forestales año 2005. Serie No.09. Dir. General de Bosques. Sistema nacional de información estadística forestal. MINAMB. Caracas. Venezuela. 150 p.

MARN (2006). Recursos hídricos de Venezuela. Fundambiente. 1era.edición. Nov. 2006. 167 p.

MINAMB (2006). Información Forestal. Dirección General de Bosques. Documento formato PDF. 11 p.

MINAMB (2007) Anuario estadísticas forestales año 2006. Serie No.10. Dir. General de Bosques. Sistema nacional de información estadística forestal. MINAMB. Caracas. Venezuela. 155 p.

MINAMB (2008) Anuario estadísticas forestales año 2007. Serie No.11. Dir. General de Bosques. Sistema nacional de información estadística forestal. MINAMB. Caracas. Venezuela. 170 p.

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (1981). Minerales de Venezuela. Boletín de Geología. Publicación especial N° 8. Caracas.

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (2001). Anuario Petróleo y Otros Datos Estadísticos. Dir de Planificación y Economía de Hidrocarburos. M.E.M. Caracas.

Naciones Unidas (1972). Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente humano, Estocolmo del 5 al 16 de junio de 1972.

OEA (1993). SIG en el manejo de peligros naturales. Capítulo 5 del Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Dep. de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales OEA. Washington, D.C. 32 p.

Pittier, H. (1936) Consideraciones acerca de la destrucción de los bosques y del incendio de las sabanas. Boletín No. 26 de la Soc. Ven. de Ciencias Naturales, litografía y tipografía El Comercio. Caracas 12 pág.

Pozzobon, E y Osorio R (2002) Evaluación de las deforestaciones en la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas-Venezuela, en base al análisis multitemporal de imágenes de percepción remota. Revista Geográfica, Vol. 43(2) 2002, 215-235.

RCE. (1998). Toma de decisiones para usar los SIG en la redistribución. Proyecto ACE (Administración y Costo de Elecciones) Electoral Knowledge Network (Red de Conocimientos Electorales) de IDEA, IFES y UNDESA. Canadá. 3p.

República de Venezuela (1966). Reglamento de la Ley Forestal de Suelos y de Aguas. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 1.004 Extraordinario del 26 de Enero de 1966.

_____, (1976) Ley Orgánica del Ambiente. Gaceta Oficial de la República de Bolivariana de Venezuela Extraordinaria No. 5.833 del 22 de Diciembre de 2006.

_____, (1970) Ley de Protección a la Fauna Silvestre. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 29.289 del 11 de Agosto de 1970.

_____, (1988). RAMSAR. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 34.053 del 16 de Septiembre de 1988.

_____, (1994) Ley Aprobatoria del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 4.780 Extraordinario del 12 de Septiembre de 1994.

_____, (1996).Protocolo relativo a las Áreas de Flora y Fauna Silvestre Especialmente Protegidas (SPAW). Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 36.110 del 18 de Diciembre de 1996.

_____, (1994) Ley Aprobatoria del Convenio Internacional de las Maderas Tropicales. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 5.187 del 05 de diciembre de 1997.

Rincón, I (1999). Propuesta para la implementación del sistema de información para la gestión ambiental SIGMA, en el IMA (Alcaldía de Valencia, edo. Carabobo), en Primer Informe Ejecutivo. Plan Estratégico Valencia 2020. Programa de Gestión Ambiental para el Municipio Valencia, edo. Carabobo. CENAMB-UCV. 36 p.

Rincón, I. (2006) Inventario de elementos de Vulnerabilidad Estructural para la ciudad de Barquisimeto y Cabudare. En estudio de la vulnerabilidad física de la ciudad de Barquisimeto, en el marco del Proyecto de micro zonificación sísmica de Barquisimeto, desarrollado por FUNVISIS, CENAMB, 55 p.

Rincón, I. (2004). Diseño, desarrollo e implementación de la base de datos del inventario de los elementos de vulnerabilidad urbana y social, Primer Informe Técnico. Proyecto Planificación y Gestión para la Reducción de Riesgos Ambientales en Municipios Urbanos, caso municipio Chacao, cuenca de Quebrada Seca, investigación con apoyo del FONACIT. 80 p.

Rivero, A. (1990) La deforestación en la reserva forestal de Ticoporo, estado Barinas, utilizando imágenes Landsat MSS y TM. período: 1972-1988, Trabajo Especial de Grado. Esc. de Geografía. Fac. de Humanidades y Educación. UCV.

Riedel, H.D.(1997). Comparación entre un clasificador de texturas (EBIS) y el clasificador de máxima verosimilitud. Fund. Alemana para el Desarrollo Internacional (DSE) y la German Aerospace Center. En Curso Internacional de capacitación profesional. Aplicación de la teledetección y de los SIG en la gestión de recursos naturales. Zschortaud, Alemania. 430 p.

RNV. (07 Mayo 2008). MINAMB dispondrá de sistema nacional de información en materia forestal, entrevista al viceministro de Conservación del MINAMB. Miguel Rodríguez, PRENSA WEB, <http://www.rnv.gov.ve/noticias/index.php?act=ST&f=14&t=67433>.

Rodríguez, J.P. & F. Rojas-Suárez (2008). Libro Rojo de la Fauna Venezolana. 3era edición. Provita y Shell de Venezuela, S.A., Caracas, Venezuela).

Saroka, R. (1998) Sistemas de Información. Fundación OSDE, impreso en Argentina, Buenos Aires, 251 p.

Saunders, D.A., Hobbs, R.J. y Margules, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.

Speranza, Cesar. y Zerda H. R. (2001) Potencialidad de los índices de vegetación para la discriminación de coberturas forestales.

SINCHI. (2007). Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana. SIAT-AC: Modelo conceptual, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- SINCHI; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá: Instituto SINCHI, IAVH. Colombia, 146 p.

Superintendencia Forestal de Bolivia (2007). La detección de la reducción de bosques en Bolivia y las proyecciones futuras de la Superintendencia Forestal en Bolivia, Cord. Heidy Resnikowski en Revista Ecología en Bolivia, 42(1): 1-3, Abril de 2007.

Sellers. PJ, et al (1992) Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration III. Remote Sensing Environmental. 42: 187-216.

Souza e Guimarães, Ricardo. Et al (2005) Comparação do modelo de mistura com os índices de vegetação NDVI e EVI oriundos das imagens MODIS para o Estado de Minas Gerais. Anais XII. Simpósio Brasileiro de sensoriamento remoto, Goiania, Brasil 16-21 abril 2005, INPE p.2665-2672.

Tamayo, Francisco (1964) Ensayo de clasificación de sabanas de Venezuela. Ponencia presentada en el Simposio Internacional de "Limites, Sabanas y Bosques" UNESCO – UGI – Min. de Agricultura–UCV. Escuela de Geografía. Fac. de Humanidades y Educación. Imprenta Universitaria. UCV, Caracas.

Thiam, A, Eastman, R.(2000) Índices de Vegetación. en IDRISI Kilimanjaro, Guía para SIG y procesamiento de imágenes. J. Ronald Eastman, Clark University y el Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN), Ed. en español, Córdoba, Argentina, 222-234 p.

Unigis (2003) Módulo opcional GIS y teledetección. Programa de Postgrado y Master Internacional a distancia en SIG. Universidad de Girona. 4ta. Edición 2003. España.

UMSEF. (2007). Monitoreo de bosque nativo, Período (1998 – 2002) y (2002 – 2006) (Datos Preliminares), Provincias: Chaco, Córdoba, Formosa, Salta, Santiago del Estero y Santa Fe. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal UMSEF. Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires, Argentina. 11 p.

Vareschi, V. (1962) La quema como factor ecológico de los Llanos". Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales. Junio. 1962. Caracas.

Veillon, JP. (1997) Las deforestaciones en los Llanos Occidentales de Venezuela desde 1950 hasta 1975. En Hamilton,L.S.,J. Sternermark, J.P. Veillon & E. Mondolfi. Conservación de los bosques húmedos de Venezuela. Sierra Club-Consejo Bienestar Rural, Caracas, Venezuela. 1977 181 p.

Veillon, JP. (1997) Los bosques naturales de Venezuela. Parte III. Los bosques tropófitos, o veraneros de la zona de vida: Bosque Seco Tropical. Inst. Forestal Latinoamericano IFLA y la Fac. de Ciencias Forestales de la ULA, Mérida. Venezuela. 127 p.

Veillon, JP. (1991) Los bosques naturales de Venezuela. Parte II. Los bosques xerófitos, zonas de vida: Bosque Espinoso Tropical y Bosque Muy Seco Tropical. Inst. Silvicultura. ULA, Mérida. Venezuela. 55 p.

Veillon, JP. (1989) Los bosques naturales de Venezuela. Parte I. El medio ambiente. Inst. de Silvicultura de la ULA, Mérida. Edit. Oscar Todtmann, Caracas. Venezuela.118 p.

Weaver, J. Clements F. (1951) Ecología Vegetal. Trad. Segunda edición en ingles. (Cabrera, A). Editorial Diana SA. México.

A N E X O S.

ANEXOS

1. Información sobre el sensor MODIS.
2. Método de monitoreo Proyecto DETER del INPE.
3. Software del MODIS Land Data Operational Product Evaluation (LDOPE)
4. Descripción de Índices de Vegetación.
5. Ejemplos de páginas web sobre deforestación y focos de incendios del INPE, Brasil.

ANEXO No. 1

Información sobre el sensor MODIS

Está constituido por dos satélites (MODIS-Terra y MODIS-Aqua) que ofrecen imágenes de 1 a 2 días de la superficie terrestre. Estas imágenes contienen información de alta sensibilidad radiométrica.

Presenta una órbita de 705 km, 10:30 a.m. posición descendente (Terra) y 1:30 p.m. posición ascendente (Aqua), estos sensores están sincronizados con la incidencia solar en la superficie terrestre, cercana-polar, circular. Un aspecto importante es el hecho que la adquisición de las imágenes es gratuita por lo que facilita su acceso a cualquier usuario.

Del sensor MODIS se han desarrollado un total de 6 colecciones de las cuales las 5 primeras son de libre acceso por los usuarios. Cada colección se distingue porque presenta mejoras en el procesamiento y corrección de errores.

Los productos MODIS están en formato Hierarchical Data Format HDF, con proyección Sinusoidal. Para este estudio se seleccionaron productos compuestos de 16 días, con resolución de 250 m (media resolución), de los índices de vegetación (NDVI y EVI) (Huete, 1999), estos tienen la identificación MOD13Q1.

Cuadro de bandas radiométricas del MODIS.

Uso primario	Banda	Ancho de la banda ¹	Radiancia Espectral ²	SNR ³ Requerida
Definición de unidades de la superficie terrestre/nubes/ aerosol	1	620 – 670	21.8	128
	2	841 - 876	24.7	201
Propiedades de la superficie terrestre/nubes/ aerosol	3	459 - 479	35.3	243
	4	545 - 565	29.0	228
	5	1230 - 1250	5.4	74
	6	1628 - 1652	7.3	275
	7	2105 - 2155	1.0	110
Color oceánico/ fitoplácton/ Biogeoquímica	8	405 - 420	44.9	880
	9	438 - 448	41.9	838
	10	483 - 493	32.1	802
	11	526 - 536	27.9	754
	12	546 - 556	21.0	750
	13	662 - 672	9.5	910
	14	673 - 683	8.7	1087
	15	743 - 753	10.2	586
	16	862 - 877	6.2	516
Vapor de agua atmosférico	17	890 - 920	10.0	167
	18	931 - 941	3.6	57
	19	915 - 965	15.0	250

Uso primario	Banda	Ancho de la banda ¹	Spectral Radiance ²	Requerida NE[delta]T(K) ⁴
Temperatura de la superficie terrestre/nubes	20	3.660 - 3.840	0.45(300K)	0.05
	21	3.929 - 3.989	2.38(335K)	2.00
	22	3.929 - 3.989	0.67(300K)	0.07
	23	4.020 - 4.080	0.79(300K)	0.07
Temperatura atmosférica	24	4.433 - 4.498	0.17(250K)	0.25
	25	4.482 - 4.549	0.59(275K)	0.25
Vapor de agua de las nubes cirrosas	26	1.360 - 1.390	6.00	150(SNR)
	27	6.535 - 6.895	1.16(240K)	0.25
	28	7.175 - 7.475	2.18(250K)	0.25
Propiedades de las nubes	29	8.400 - 8.700	9.58(300K)	0.05
Ozono	30	9.580 - 9.880	3.69(250K)	0.25
Temperatura de la superficie terrestre/nubes	31	10.780 - 11.280	9.55(300K)	0.05
	32	11.770 - 12.270	8.94(300K)	0.05
Altitud del tope de la nube	33	13.185 - 13.485	4.52(260K)	0.25
	34	13.485 - 13.785	3.76(250K)	0.25
	35	13.785 - 14.085	3.11(240K)	0.25
	36	14.085 - 14.385	2.08(220K)	0.35

¹ Bandas 1 a la 19 son en nm; Bandas 20 a la 36 son en μm

² Valores de radianza espectral son ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m} \cdot \text{sr}$)

³ SNR = tasa de ruido de la señal

⁴ NE(delta)T = Diferencia de temperatura equivalente a la señal de ruido

ANEXO No. 2

Método de monitoreo Proyecto DETER del INPE.

A continuación se describe de manera sucinta el procedimiento metodológico y que es uno de los estamentos de esta investigación, como propuesta de monitoreo para Venezuela, con las modificaciones y ajustes necesario. Es importante señalar que el proceso aquí descrito se realiza de manera diaria dentro del Proyecto DETER en Brasil.

- 1) El INPE posee una estación de recepción de datos del sensor MODIS, donde se capturan las imágenes del satélite EOS de la NASA y CBERS 2.
- 2) La referencia de las áreas ya deforestadas de los periodos anteriores, se obtuvo a partir de los datos históricos de otro Proyecto (PRODES Digital) desarrollado desde los años 70, con base a esta información el Proyecto DETER generó un nuevo mapa de áreas deforestadas obtenidas a partir del MODIS del año 2003, esto se utilizó como mapa referencial base ó marco cero para el inicio del Proyecto de alarma.
- 3) De este mapa de deforestación (año 2003), junto con las áreas de no-bosques, sirvió para generar una capa-máscara que luego se sobrepone a las imágenes MODIS para bloquear las áreas sin interés de realizar el monitoreo, esta capa-mascara permite reducir en gran medida la superficie que será analizada.
- 4) Para la captura primeramente, se creó una rutina para que las imágenes diarias (MOD09) y (MOD09A0) sean captadas apenas estén disponibles en el formato HDF y por "tiles" siendo esta la cuadrícula estándar de las imágenes para todo el planeta.
- 5) Después de la adquisición de los tiles se genera el mosaico de la Amazonia en el formato geotif y una imagen colorida de baja calidad para un análisis preliminar.
- 6) Luego se seleccionan las fechas escogidas en el análisis preliminar, y se utilizan las imágenes diarias de alta resolución más favorables (baja cobertura de nubes y centralidad del Estado en la faja de barrido del satélite).
- 7) Las imágenes seleccionadas se almacenan en un banco de datos georeferenciado para cada estado.
- 8) La precisión de la geolocalización de las imágenes MODIS Terra es de 50 m, los programas usan datos de Modelo de Elevación Digital (DEM) para eliminar distorsiones causadas por la topografía. Las imágenes se usan directamente con el software SPRING sin la transformación en GRIB en el módulo IMPIMA.

9) Una vez seleccionada la imagen para un estado, al mismo se le superpone la capa-máscara para bloquear el área que no tiene interés de analizarse.

10) Luego se aplica el Modelo Lineal de Mezcla Espectral (MLME), ó (Spectral Mixture Analysis, SMA, en sus siglas en inglés), para generar las imágenes-fracción, (vegetación, suelo y sombra). Este Modelo (SMA) se basa en que se considera que una relación lineal representa la mezcla espectral de los objetos dentro de un pixel (Shimabukuro y Smith, 1991; Aguiar et al. 1999). El modelo MLME espectral puede escribirse como:

$$r_i = a \cdot \text{vege}_i + b \cdot \text{suelo}_i + c \cdot \text{sombra}_i + e_i ;$$

Siendo r_i la respuesta del pixel en la banda i ; a , b , y c las proporciones de vegetación, suelo y sombra (o agua), respectivamente; vege_i , suelo_i y sombra_i , las respuestas espectrales de los componentes vegetación, suelo y sombra (o agua), respectivamente; e_i es el error en la banda i . esto se aplica bajo el método de los mínimos cuadrados ó Análisis del Componente Principal (ACP).

11) Se obtienen las tres imágenes fracción (vegetación, suelo y sombra) producto de los algoritmos descritos anteriormente.

12) Se selecciona la imagen fracción-suelo para su clasificación no-supervisada. Esto sobre la idea que la imagen fracción-suelo, refleja mejor los cambios de cobertura del bosque.

13) A esta imagen se le aplica la segmentación por crecimiento de regiones, implementado en SPRING. Esto tiene como objetivo generar polígonos espectralmente homogéneos. La segmentación requiere de dos límites: el) el límite de similitud, límite mínimo debajo del cual dos áreas son consideradas similares y agrupadas en una única área; y b) el límite de área, valor mínimo de área dado en número de pixeles, para que una área sea individual.

14) Una vez realizada la segmentación, el paso siguiente es crear un archivo de contexto donde se almacena la información: a) Tipo de clasificación para las áreas; b) bandas o imágenes utilizadas; y c) imagen segmentada.

15) Luego de las regiones se extraen los atributos estadísticos (promedios y covarianzas de las matrices) del grupo de regiones.

16) Posteriormente se aplica la clasificación no-supervisada a través del clasificador ISOSEG, siendo los límites de aceptación a criterio del operador analista.

17) Después se genera el mapa temático que consiste en asociar cada una de las clases temáticas a una clase de uso previamente establecidas (bosque, no-bosque, hidrografía, deforestación total).

18) Finalmente se realiza una validación final por medio de una fase interactiva en que el intérprete procede a un ajuste en los resultados obtenidos en la clasificación (edición matricial).

19) Se genera el Mapa de alerta.

Procesamiento de imágenes MODIS por el módulo de Mezclas Espectrales, software Spring

1. Spring requiere la creación de un Modelo de Mezcla.

2. Se definen las bandas que formarán parte del modelo de mezcla, en este caso las bandas NDVI y EVI del año 2000.

3. Se definen los componentes del modelo, en este caso son tres: vegetación, suelo y cuerpos de agua y se le asignan los valores para cada componente, previamente se realizó una selección en las imágenes de puntos tanto para bosque, suelo y agua en total se seleccionaron más de 260 puntos distribuidos proporcionalmente en toda el área de estudio.

4. Se requiere definir el estimador del error para ello se utilizó el estimador de mínimo cuadrado ponderado y los parámetros para calcular el error medio, la generación imágenes de error y la restricción de proporciones entre en el intervalo 0 y 1.

5. Siguiendo con la metodología del INPE, a la imagen fracción-suelo, se uso el método de segmentación utilizando para ello el Spring, este método es por crecimiento de regiones, el mismo requiere de dos valores, uno es en cuanto al límite de similitud ó umbral mínimo, esto es para agrupar áreas homogéneas, el valor fue 15, el otro dato es el límite de área, que es el número de pixeles para que un área sea única, el valor fue de 4.

6. El análisis de este proceso interactivo fue logrado al comparar visualmente la sobreposición de los planos a la segmentación y las imágenes originales en composición RGB. Para esta segmentación se establecieron los ND del NDVI tanto para el año 2000 y 2009.

7. Luego para la clasificación no supervisada se uso el método de ISOSEG, que separa las regiones por medio de un límite de aceptación, que en este

caso, para la clasificación se aplicó un umbral de aceptación del 75% para generar las clases.

8.Después se realizó el agrupamiento de las clases espectrales para obtener el mapa de las clases temáticas (para el año 2000 y 2009) en función de las clases temáticas previamente establecidas (Bosque, No-Bosque, cuerpos de agua, deforestación actual y nubes).

9.Como punto final y dado que en toda clasificación automatizada se presentan errores. En el método DETER se aplica el procedimiento llamado “edición matricial”, donde se realiza el ajuste visual a los resultados obtenidos. Se utilizó este procedimiento para obtener los mapas clasificados finales.

ANEXO No. 3

Software del MODIS Land Data Operational Product Evaluation (LDOPE)

El software del MODIS Land Data Operational Product Evaluation (LDOPE) que es una aplicación en lenguaje Java, se ejecuta por medio de scripts que ayuda a la extracción ó combinación de los archivos en formato HDF, (Anexo No.3), con este software se puede procesar los archivos en lotes, este proceso por medio del comando **mosaic_sds** permite generar todos los mosaicos a la vez, siendo ello sumamente fácil y cómodo (Figura No. II-5). Otra opción de gran utilidad de esta herramienta es que al mismo tiempo se puede seleccionar las subescenas de cada imagen, por medio de filas y columnas previamente definidas. (Figura No. II-6).

Figura No. II-6 Ejemplos de scripts utilizados con el software MODIS LDOPE.

Ejemplo 1:	mosaic_sds -sds=MODIS_FEC_145_2009.hdf -of=FEC_145_2009_MOSAIC.hdf MOD13Q1.A2009145.h10v07.005.2009166210212.hdf MOD13Q1.A2009145.h10v08.005.2009166075426.hdf MOD13Q1.A2009145.h11v07.005.2009166083030.hdf MOD13Q1.A2009145.h11v08.005.2009166060753.hdf
Ejemplo 2:	mosaic_sds -sds= MODIS_FEC_145_2009.hdf -of=FEC_145_2009_MOSAIC.hdf MOD13Q1.A2009145.h10v07.005.2009166210212.hdf -row=1500,2399 -col=900,2399 MOD13Q1.A2009145.h10v08.005.2009166075426.hdf -row=0,1200 -col=900,2399 MOD13Q1.A2009145.h11v07.005.2009166083030.hdf -row=1500,2399 -col=0,2399 MOD13Q1.A2009145.h11v08.005.2009166060753.hdf -row=0,1200 -col=0,2399

Fuente: Elaboración propia.

Procedimientos de programación: sistema de referencia, coordenadas y proyección, y extracción de bits de calidad.

Los siguientes algoritmos fueron diseñados por la NASA para realizar los cálculos con la mínima interacción por parte del usuario. En este caso se utiliza el programa MRT y LDOPE, ambos disponibles en Internet de forma gratuita al igual que las imágenes que se procesan.

comp_sds_hist	Son los histogramas de los valores del SDS (frecuencia y los valores), excepto no-data y valores que faltan, de SDSs especificado en cualquier producto de los datos de HDF-FOE de la tierra de MODIS.
comp_sds_range	Imprimir los rangos observados, excepto no-data y valores que faltan, de SDSs especificado en un producto de los datos de HDF-FOE de la tierra de MODIS.
comp_sds_stat	Imprimir la estadística sumaria (media, desviación de estándar, mínimo, máximo y número de observaciones) de cualquier SDS, excepto no-data y valores que faltan, de un producto de los datos de HDF-FOE de la tierra de MODIS.
comp_sds_values	Imprimir los valores únicos encontrados en SDSs especificado de un producto de los datos de HDF-FOE de la tierra de MODIS. Esta herramienta es la más útil para resumir la distribución de los datos de SDSs que tienen solamente un número pequeño de valores (los productos e.g., de MODIS de la tierra de HDF-FOE de la nieve y de fuego).
convert_l1b_data	Los datos del convertido MODIS L1B a la tapa de la reflexión de la atmósfera (TOA) para las vendas reflexivas de MODIS y de la radiación de TOA para las bandas emisivas de MODIS y escriben éstos a 2.0 HDF SDS(s) que se pueda leer por el anuncio del software del estante (COTS). Se realiza la conversión usando la escala y las compensaciones definidas en el metadata del producto de MODIS L1B.
cp_proj_param	Se ha puesto al día para ser compatible con la herramienta de MODIS Reprojection, y para permitir la proyección de todos los productos del azulejo de la tierra de MODIS que tienen 'perdido' su metadata del geolocation (por ejemplo, con la manipulación usando las herramientas de LDOPE o el otro software).
create_mask	Aplicarse los operadores emparentados y lógicos a unos o más SDS en unos o más productos de los datos de HDF-FOE de la tierra de MODIS para crear una salida 2.0 HDF SDS que se pueda leer por los COTS convencionales. Por ejemplo, crear un SDS binario que demuestre a localizaciones del pixel donde solamente está presente la buena calidad, no-nublada, valores de índice de la vegetación 16-day con un tipo de la cubierta de tierra = 3.
create_sds_ts_stat	Crear un archivo de la estadística sumaria HDF que contiene uno o más 2.0 SDS hecho salir que describen el medio, la desviación de estándar, el mínimo, el máximo, la suma, y el número de las

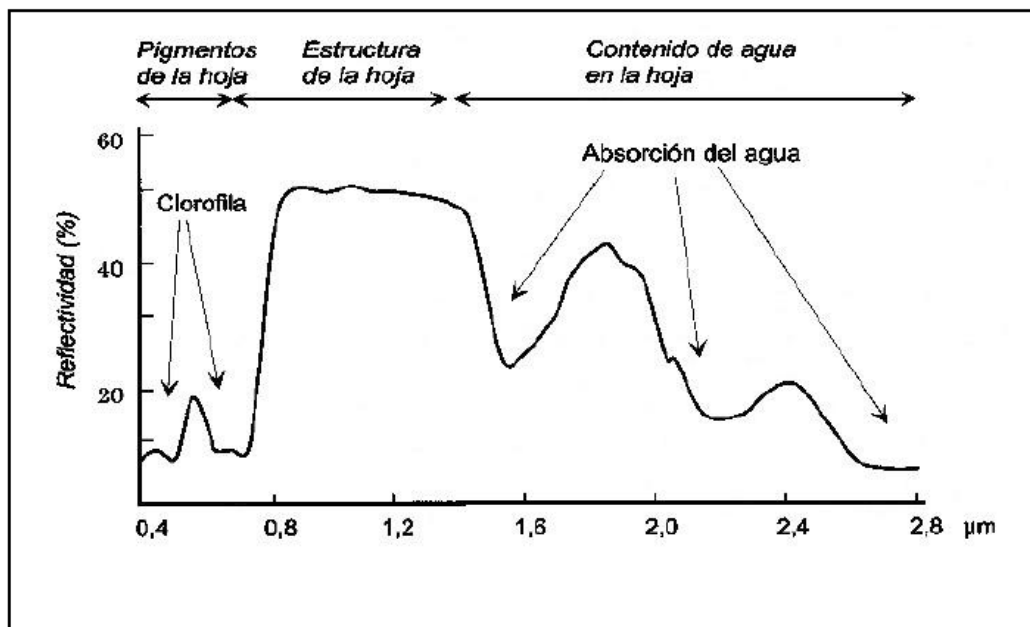
	observaciones, computado sobre base sabia del pixel de una serie de tiempo de productos de los datos de HDF-FOE de la tierra de la entrada MODIS.
geolocation	Computar la latitud y la longitud geográficas de un coordenada del pixel de la tierra L2G/L3/L4 de MODIS.
math_sds	Realizar la aritmética simple en SDSs entrado dos del mismo o de los diversos productos de los datos de HDF-FOE de la tierra de MODIS y hacer salir los resultados a un 2.o SDS.
read_sds_attributes	Imprimir las cualidades de unos o más SDS de los productos de los datos de HDF-FOE de la tierra de MODIS.
subset_sds	Crear el subconjunto espacial SDS(s) de unos o más SDS de un producto de los datos de HDF-FOE de la tierra de MODIS.
tile_id	Computar la identificación del azulejo de la tierra L2G/L3/L4 de MODIS para una latitud y una longitud dadas. Esta herramienta identifica el azulejo de la tierra de MODIS que corresponde a una localización geográfica conocida.
transpose_sds	Transportar uno ó más el SDS en un producto de los datos de HDF-FOE de la tierra de MODIS rotando el SDS 180 grados en la dirección a la derecha que esta herramienta permite la comparación cualitativa del AQUA de MODIS y el nivel 2 de Terra o los gránulos nivel 1.

ANEXO No. 4 Índices de vegetación NDVI y EVI.

En el espectro electromagnético la biomasa de la vegetación en el infrarrojo cercano presenta una elevada reflectividad principalmente por efecto a la estructura celular interna de la hoja, (Harris, 1987). Esto se reduce paulatinamente hacia el infrarrojo medio, llegando a $1,45 \mu\text{m}$ en donde el efecto absorbente del agua provoca una drástica reducción de la reflectividad, esta absorción también se produce a los $1,92 \mu\text{m}$ y $2,7 \mu\text{m}$ (Lusch, 1989), (ver figura No. II-3).

Esta particularidad entre la energía reflejada entre las zonas del rojo e infrarrojo ha permitido la generación de un conjunto de índices desarrollado dentro de los sensores remotos. En total existen más de 20 índices ó formulas desarrolladas en los últimos años. Según Jackson y Huete (1991) citado por (Thiam, 2000), estos índices se clasifican en dos grupos: índices basados en la pendiente y los basados en la distancia.

Figura. Comportamiento espectral teórico de la vegetación vigorosa.



Fuente: (Tucker and Seller (1986), modificado por Huete, 1999).

Los índices basados en la pendiente son combinaciones aritméticas simples que se concentran en el contraste entre los patrones de respuesta

espectral de la vegetación en las porciones roja e infrarroja cercana del espectro electromagnético. El índice más utilizado de este grupo es el denominado Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index), otros índices son: RATIO, RVI, NRVI, TVI, CTVI y TTVI. (Thiam A. y Eastman J. R, 2000).

El NDVI es el producto de la diferencia entre las bandas infrarroja cercana y normalizada permite separar la vegetación del suelo, porque minimiza el efecto topográfico y produce una escala de medida lineal, asume valores en un rango de -1 a +1, y fue desarrollado por Rouse (Rouse *et al*, 1974) citado por Thiam A. y Eastman J. R, (2000), se expresa como la diferencia entre las bandas infrarroja cercana y roja normalizada por la suma de esas bandas, es decir:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

$$\text{ó} \quad NDVI = (IRC - Rojo) / (IRC + Rojo)$$

Este es uno de los índices que posee el MODIS por lo que será el utilizado en esta investigación. Sin embargo varios autores han mostrado que el NDVI se satura por la forma de la ecuación (cociente) en zonas de alta cobertura (biomasa) ó con determinado rango de índice de área foliar (Sellers, 1992). Por igual se sobresatura en zonas inundables (Souza e Guimarães, 2005).

El segundo el grupo de índices están basados en la distancia, mide el grado de vegetación presente al determinar la diferencia entre la reflectancia de cualquier pixel y la reflectancia del suelo desnudo. La idea del desarrollo de estos índices es porque permiten anular el efecto del suelo en aquellos áreas geográficas donde la vegetación es escasa y los píxeles contienen una mezcla de vegetación verde y suelo de fondo, ellos son utilizados por lo

general en ambientes áridos y semiáridos (Thiam, A, Eastman, R, 2000), de estos se han desarrollado: PVI, PVI₁, PVI₂, PVI₃, DVI, AVI y EVI.

El EVI (Índice Realzado de la Vegetación) es el otro índice que posee el MODIS y por igual será utilizado, se diseñó para mejorar la señal de vegetación con una mayor sensibilidad en las regiones de alta biomasa y vigilancia de la vegetación a través de una mejor disociación de la señal de el fondo del dosel y una reducción de influencias atmosféricas. (Huete et al, 1999), el mismo se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\text{EVI} = G * [(\text{IRC} - \text{Rojo}) / (\text{C1} + \text{IRC} + \text{C2} * \text{Rojo} - \text{C3} * \text{Azul})] * 10.000 \text{Eq. 2.2}$$

Donde,

IRC: Infrarrojo cercano

NDVI: *Normalized difference vegetation index*

EVI: Enhanced Vegetation Index (escalado 10.000). Figura 3.

C1 = 1,0 Factor ajustado para suelo desnudo

C2 = 6,0 Coeficiente de resistencia atmosférica

C3 = 7,5 Coeficiente de resistencia atmosférica

G = 2,5 *Gain factor*.

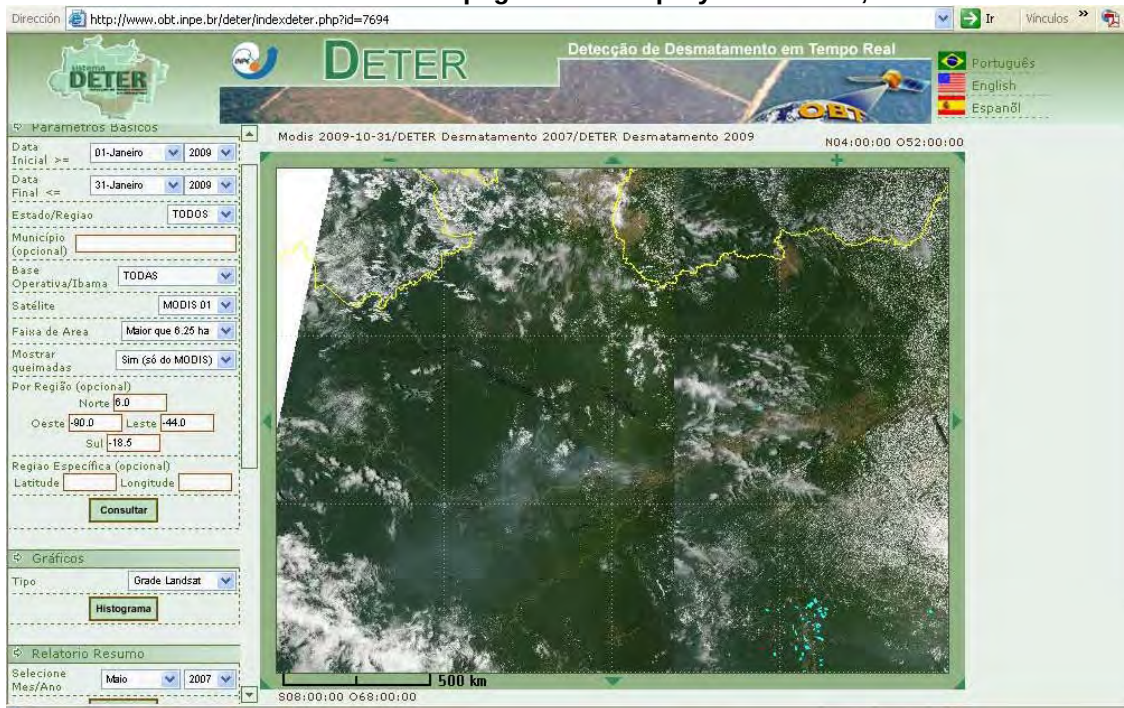
Ecuaciones tomadas de: http://tbrs.arizona.edu/project/MODIS/vi_quality.php

Una de las bondades del EVI es que donde el NDVI se satura el EVI se mantiene estable y refleja mejor las variaciones de la biomasa, por lo que el uso combinado de estos dos índices permite identificar de manera más eficiente la cobertura del bosque.

ANEXO No. 5

Ejemplos de páginas web sobre deforestación y focos de incendios del INPE, Brasil.

Vista de la página web del proyecto DETER, INPE.



Vista de la página web del monitoreo de focos de incendios, INPE.

