

**ANÁLISIS DEL CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL EN EL CORREDOR
VOLCÁNICO CHILES – CERRO NEGRO – CERRO GRANIZO DEL DEPARTAMENTO
DE NARIÑO, PERÍODO 1987-2011**

NELSON RICARDO ERAZO TAPIA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2012**

**ANÁLISIS DEL CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL EN EL CORREDOR
VOLCÁNICO CHILES – CERRO NEGRO – CERRO GRANIZO DEL DEPARTAMENTO
DE NARIÑO, PERÍODO 1987-2011**

NELSON RICARDO ERAZO TAPIA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Geógrafo

Asesor:

**Geógrafo Germán Edmundo Narváez Bravo.
Profesor Asistente Departamento de Geografía - Universidad de Nariño**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2012**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1 del acuerdo N° 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable consejo directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Agosto de 2012

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte del autor y su asesor de tesis Germán Narváez, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que han sido un soporte muy fuerte en momentos de alegrías, angustias y desesperación.

Agradeceré hoy y siempre a mis padres Margarita y Nicolás, a mis hermanos Anita y José Miguel y a mi abuela Elisa, por su inagotable esfuerzo y ejemplo de lucha, porque a pesar de no estar presentes físicamente en el proceso de mi formación como profesional, se que procuran mi bienestar y está claro que si no fuese por el esfuerzo realizado por ellos, mis estudios no hubiesen sido posibles.

Cabe la mención para Danny, Daniel, Natalia, Anderson, Oscar, Peter, Yanira, Juancho, entre muchos otros más que me brindaron y me brindan el apoyo necesario, la colaboración y cariño sin ningún interés; y en especial a Gabriela Guerrero por ser la eterna acompañante de viaje, brindándome su constante apoyo, consejos y amor.

De igual manera el agradecimiento se extiende a la Universidad de Nariño, al Departamento de Geografía y en especial al grupo de investigación en geografía física y problemas ambientales – TERRA y a sus integrantes con quienes se compartieron grandes experiencias tanto laborales como personales, compartiendo alegrías y tristezas, pero siendo un fuerte apoyo en la adquisición de conocimientos.

Así mismo se agradece a los jurados de esta investigación profesora del Departamento de geografía Esperanza Muriel Ruano y a la bióloga Milena Armero Estrada por su aporte en el mejoramiento de los conceptos técnicos de este documento. Y al profesor Diego Muñoz por su capacitación en cuanto al manejo de los sistemas de información geográfica.

Se extiende un sincero agradecimiento al Tribunal de Exgobernadores del Resguardo Indígena de Chiles quien acogió y aprobó la realización de esta investigación en su Territorio.

En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han compartido conmigo la realización de esta tesis, con sus altos y bajos y que no necesito nombrar porque tanto ellas como yo sabemos que desde los más profundo de mí, les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y amistad.

El viaje no termina jamás. Solo los viajeros terminan. Y también ellos pueden subsistir en memoria, en recuerdo, en narración... El objetivo de un viaje es solo el inicio de otro viaje.

José Saramago

RESUMEN

El análisis del cambio de cobertura vegetal en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo del Departamento de Nariño, período 1987 - 2011, se define como un estudio multitemporal del cambio que ha sufrido la cobertura vegetal, además de identificar las causas y factores que inciden en dichos cambios.

El complejo volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo se ubica al sur del Departamento de Nariño, en el Municipio de Cumbal; cubriendo un total para el área de estudio de 20.642 has, distribuidas entre los resguardos indígenas de Chiles, Panán, Cumbal y Mayasquer.

El período de referencia de estudio fue de 24 años, comprendidos entre 1987 y 2011; los insumos que se utilizaron para esta investigación fueron las planchas topográficas del IGAC a escala 1:25.000 y 1:100.000, un DEM de la NASA y cuatro imágenes de satélite, de las cuales tres corresponden al programa Landsat y una Aster del satélite TERRA, las cuales fueron clasificadas en el software Erdas Image, y para la elaboración de la cartografía se utilizó el programa ArcGis 9.3.

Como resultado de esta investigación se tiene un diagnóstico físico biótico y socioeconómico general realizado mediante el análisis de información secundaria, lo cual permitió un acercamiento y reconocimiento de la zona de estudio. Después de esta caracterización del área se generó la cartografía base, que en algunos casos solo se realizó el ajuste de la cartografía presentada en el Esquema de Ordenamiento Territorial de 2004 del municipio de Cumbal, además se elaboró un mapa de sectorización hídrica, un mapa de zonificación de áreas quemadas, un mapa de división político (resguardos), un espaciograma y los mapas de cobertura vegetal para los años de 1987, 1997, 2002 y 2011, posteriormente se elaboraron los mapas de cambios, para los períodos de 1987 a 1997, de 1997 a 2002, de 2002 a 2011 y 1987 a 2011, utilizando la metodología adaptada de Corine Land Cover para esta investigación. Para la elaboración de mapas de coberturas se realizaron extensas jornadas de trabajo de campo, verificando cada una de las coberturas presentadas en la investigación.

Otro producto de la investigación realizada es describir las causas y factores que intervienen en el proceso de cambio de la cobertura vegetal, estas causas y factores se obtuvieron mediante la realización de entrevistas a la comunidad y verificación en campo.

En el capítulo de cambios se incluye también una descripción geográfica donde se presenta la alteración de los diferentes ecosistemas con la respectiva cantidad de área representada en hectáreas, de manera que la vegetación de páramo y el bosque natural denso además de ser ecosistemas estratégicos son los más afectados dentro de la zona de estudio, llegando a desaparecer un total de 486,7 has y 855,3 has respectivamente.

ABSTRACT

The analysis of vegetation change in volcanic corridor Chiles - cerro negro - Cerro granizo Nariño Department, period 1987 - 2011, it is defined as a multitemporal study of change that has had vegetation cover and identify the causes and factors that affect these changes.

The volcanic complex Chiles - cerro negro -cerro granizo is located south of the Department of Nariño, municipality of Cumbal, covering a total area of 20,642 study has distributed among the indigenous reserves of Chiles, Panán, Cumbal and Mayasquer . The reference period of study was 24 years, between 1987 and 2011, the inputs used for this investigation were the plates IGAC topographic 1:25,000 and 1:100,000, a DEM of NASA images and four satellite, three of which correspond to Landsat and Aster program's Terra satellite, which were classified in Erdas Image software, and for developing mapping software was used ArcGis 9.3.

As a result of this research has a physical diagnosis biotic and general socioeconomic done analyzing secondary information, which allowed an approach and recognition of the study area. After this characterization of the area base map was generated, which in some cases was just adjusting the mapping presented in Scheme Land Management 2004 Cumbal Township also produced a map of sectorization water, map zoning of burned areas, a map of political division (guards), a espaciomapa and land cover maps for the years 1987, 1997, 2002 and 2011, subsequently changes elaborated maps for the periods from 1987 to 1997, from 1997 to 2002, from 2002 to 2011 and 1987 to 2011, using the methodology adapted from Corine Land Cover for this research. For coverage mapping were conducted extensive fieldwork days, checking each of the research presented in hedges.

Another product of the research is the description the causes and factors involved in the process of change in vegetation cover, these causes and factors were obtained by conducting community interviews and verification in the field.

Chapter of updates also includes a geographical description which shows the change in the different ecosystems with the respective amount of area represented in hectares, so the paramo vegetation and dense natural forest ecosystems besides being strategic are the most affected within the study area, disappearing totaling 486.7 hectares and 855.3 respectively.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1 PROBLEMA	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
2. JUSTIFICACIÓN	19
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. MARCO DE REFERENCIA	22
4.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DEL ESTUDIO	22
4.2 ANTECEDENTES	23
4.2.1 Antecedentes a nivel internacional	24
4.2.2 Antecedentes a nivel nacional	25
4.2.3 Antecedentes a nivel regional	26
4.3 MARCO CONCEPTUAL	27
4.3.1 El Páramo	27
4.3.2 La Selva Altoandina	29
4.3.3 La Frontera Agrícola	30
4.3.4 El uso y la cobertura del suelo	31
4.3.5 Los estudios multitemporales de cobertura vegetal	33
4.3.6 Sensores remotos	34
4.3.7 Procesamiento digital de imágenes (PDI)	37
4.4 MARCO LEGAL	38
5. METODOLOGÍA	41
5.1 FASE UNO: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	40
5.1.1 Revisión de información secundaria	41
5.1.2 Identificación de cartografía, aerofotografías e imágenes satelitales	42
5.1.3 Elaboración del mapa base topográfico	43
5.2 FASE DOS: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES	44
5.2.1 Procesamiento de Imágenes Satelitales	45
5.2.2 Corrección de corrimiento entre imágenes y georeferenciación	45
5.2.3 Corrección radiométrica y topográfica	47
5.2.5 Elaboración de la leyenda para los mapas de cobertura vegetal	51
5.2.6 Clasificación de la cobertura del suelo de las imágenes satelitales	53

5.2.7	Generalización de Polígonos según la Metodología CORINE Land Cover	58
5.2.8	Elaboración de mapas de cambio de la cobertura vegetal	62
5.3	FASE TRES: TRABAJO DE CAMPO	66
5.3.1	Realización de entrevistas	67
5.3.2	Verificación y levantamiento de la información	67
5.4	FASE CUATRO: ANÁLISIS FINAL DE RESULTADOS	68
5.4.1	Ajuste de la información cartográfica generada	68
5.4.2	Caracterización de los factores de cambio de cobertura vegetal y consolidación del documento final	69
6.	DIAGNOSTICO	70
6.1	DIAGNOSTICO FÍSICO BIÓTICO	70
6.1.1	Geología	70
6.1.2	Geomorfología	72
6.1.3	Clasificación de suelos	74
6.1.4	Climatología	76
6.1.5	Hidrografía	77
6.2	DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO	79
6.2.1	Uso del Suelo	79
6.2.1.1	Tenencia de tierras en el municipio de Cumbal	79
6.2.1.2	Actividades productivas	79
6.2.2	Demografía	80
6.2.2.1	Organización y distribución Indígena en el territorio de Cumbal	81
7	CARACTERIZACIÓN SEMIDETALLADA DE LA COBERTURA VEGETAL	83
7.1	CATEGORÍAS DE COBERTURA VEGETAL	83
7.1.1	Territorios artificializados	83
7.1.1.1	Zonas urbanizadas	83
7.1.2	Territorios agrícolas	84
7.1.2.1.	Pastos	84
7.1.2.2	Áreas agrícolas heterogéneas	85
7.1.3	Bosques y áreas semi naturales	87
7.1.3.1	Bosques	87
7.1.3.2	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	89
7.1.3.3	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	91
7.1.4	Áreas húmedas	91
7.1.4.1	Turberas	91
7.1.5	Superficies de agua	92
7.1.5.1	Aguas Continentales	92
7.2	COBERTURA VEGETAL AÑO 1987	93
7.2.1	Tejido urbano continuo	94
7.2.2	Pasto limpios	94
7.2.3	Mosaico de pastos y cultivos	95
7.2.4	Mosaico de pastos con espacios naturales	95
7.2.5	Bosque natural denso	95

7.2.6	Bosque natural fragmentado	96
7.2.7	Bosque plantado	96
7.2.8	Bosques achaparrados de páramo	96
7.2.9	Vegetación de páramo	96
7.2.10	Vegetación rupícola	97
7.2.11	Afloramiento rocoso	97
7.2.12	Turberas	97
7.2.13	Lagunas	97
7.3	COBERTURA VEGETAL AÑO 1997	98
7.3.1	Tejido urbano continuo	99
7.3.2	Pasto limpios	99
7.3.3	Mosaico de pastos y cultivos	100
7.3.4	Mosaico de pastos con espacios naturales	100
7.3.5	Bosque natural denso	101
7.3.6	Bosque natural fragmentado	101
7.3.7	Bosque plantado	101
7.3.8	Bosques achaparrados de páramo	101
7.3.9	Vegetación de páramo	102
7.3.10	Vegetación rupícola	102
7.3.11	Afloramiento rocoso	102
7.3.12	Turberas	102
7.3.13	Lagunas	103
7.4	COBERTURA VEGETAL AÑO 2002	103
7.4.1	Tejido urbano continuo	104
7.4.2	Pasto limpios	104
7.4.3	Mosaico de pastos y cultivos	105
7.4.4	Mosaico de pastos con espacios naturales	105
7.4.5	Bosque natural denso	105
7.4.6	Bosque natural fragmentado	106
7.4.7	Bosque plantado	106
7.4.8	Bosques achaparrados de páramo	106
7.4.9	Vegetación de páramo	106
7.4.10	Vegetación rupícola	106
7.4.11	Afloramiento rocoso	107
7.4.12	Turberas	107
7.4.13	Lagunas	107
7.5	COBERTURA VEGETAL AÑO 2011	107
7.5.1	Tejido urbano continuo	109
7.5.2	Pasto limpios	110
7.5.3	Mosaico de pastos y cultivos	111
7.5.4	Mosaico de pastos con espacios naturales	111
7.5.5	Bosque natural denso	112
7.5.6	Bosque natural fragmentado	113
7.5.7	Bosque plantado	114
7.5.8	Bosques achaparrados de páramo	115

7.5.9	Vegetación de páramo	116
7.5.10	Vegetación rupícola	117
7.5.11	Afloramiento rocoso	118
7.5.12	Turberas	119
7.5.13	Lagunas	120
7.6	ÁREAS AFECTADAS POR QUEMAS	121
8.	CAMBIOS Y FACTORES DE CAMBIO EN LA COBERTURA VEGETAL	124
8.1	DEFINICIONES GENERALES	124
8.1.1	Urbanización	124
8.1.2	Intervención pecuaria	124
8.1.3	Intervención agrícola	124
8.1.4	Intervención agropecuaria	124
8.1.5	Regeneración / restauración	125
8.1.6	Deforestación	125
8.1.7	Paramización	125
8.1.8	Anegamiento	126
8.2	CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 1987 a 1997	128
8.2.1	Intervención agrícola	129
8.2.2	Intervención pecuaria	130
8.2.3	Intervención agropecuaria	131
8.2.4	Intervención multipropósito con deforestación	132
8.2.5	Regeneración/restauración	132
8.2.6	Paramización	133
8.3	CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 1997 a 2002	133
8.3.1	Intervención agrícola	135
8.3.2	Intervención pecuaria	135
8.3.3	Intervención agropecuaria	136
8.3.4	Intervención multipropósito con deforestación	137
8.3.5	Regeneración/restauración	137
8.3.6	Paramización	137
8.4	CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 2002 a 2011	138
8.4.1	Intervención pecuaria	139
8.4.2	Intervención agropecuaria	140
8.4.3	Intervención multipropósito con deforestación	141
8.4.4	Urbanización	142
8.4.5	Regeneración/restauración	142
8.4.6	Paramización	142
8.4.7	Anegamiento	143
8.5	CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 1987 a 2011	143
8.5.1	Intervención agrícola	145
8.5.2	Intervención pecuaria	146

8.5.3	Intervención agropecuaria	149
8.5.4	Intervención multipropósito con deforestación	151
8.5.5	Urbanización	153
8.5.6	Regeneración/restauración	153
8.5.7	Paramización	153
8.5.8	Anegamiento	154
8.6	CAMBIOS MULTITEMPORALES	154
	CONCLUSIONES	156
	RECOMENDACIONES	158
	BIBLIOGRAFÍA	160

INDICE DE CUADROS

		pág.
Cuadro 1	Clasificación de uso y cobertura del suelo según la metodología Corine Land Cover	33
Cuadro 2	Características de las imágenes Landsat (TM) y Aster	37
Cuadro 3	Imágenes de la investigación	43
Cuadro 4	Día Juliano de la imagen Aster	51
Cuadro 5	Leyenda adaptada de Corine Land Cover para esta investigación	52
Cuadro 6	Combinación de bandas para la clasificación de coberturas	53
Cuadro 7	Área geológica dentro de la zona de estudio	72
Cuadro 8	Microcuencas que hacen parte del área de estudio	78
Cuadro 9	Viviendas, Hogares y Personas del municipio de Cumbal	81
Cuadro 10	Cobertura del año 1987	93
Cuadro 11	Cobertura del año 1997	98
Cuadro 12	Cobertura del año 2002	103
Cuadro 13	Cobertura del año 2011	108
Cuadro 14	Matriz de Cambios para el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo	127
Cuadro 15	Cambios entre los años 1987 hasta 1997	128
Cuadro 16	Cambios entre los años 1997 hasta 2002	134
Cuadro 17	Cambios entre los años 2002 hasta 2011	138
Cuadro 18	Cambios entre los años 1987 hasta 2011	144

INDICE DE FIGURAS

	pág.	
Figura 1	Corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo	23
Figura 2	Proceso de Teledetección	34
Figura 3	Espectro electromagnético	35
Figura 4	Empate de imágenes	46
Figura 5	Puntos tomados en campo para la georeferenciación	47
Figura 6	Niveles digitales	49
Figura 7	Selección de áreas (polígonos) de clasificación supervisada	55
Figura 8	Producto de la clasificación supervisada de la imagen de 1987 en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo.	57
Figura 9	Situación de agregación de un polígono pequeño ubicado dentro de un polígono grande – 002 (< 6 has).	58
Figura 10	Situación de generalización de un polígono (< 6 has) ubicado entre dos polígonos (\geq 6 has).	59
Figura 11	Situación de agregación de una unidad pequeña (< 6 has) ubicada entre tres unidades grandes (\geq 6 has).	59
Figura 12	Situación de generalización de un polígono (< 6 has) ubicado entre dos polígonos (\geq 6 has).	59
Figura 13	Situación de agregación de una unidad pequeña (< 6 has) ubicada entre tres polígonos grandes (\geq 6 has).	60
Figura 14	Situación de agregación de una unidad pequeña (< 6 has) ubicada entre tres unidades grandes (\geq 6 has).	60
Figura 15	Situación de generalización para los centros poblados	61
Figura 16	Delimitación del bosque fragmentado en zona de bosque denso	61
Figura 17	Situación de agregación en el caso de una mezcla de polígonos (< 6 has) de cultivos, pastos y espacios naturales	62
Figura 18	El cambio del código de CLC	63
Figura 19	El intercambio del área entre dos polígonos	63
Figura 20	La desaparición de un polígono	64
Figura 21	La aparición de un nuevo polígono	64
Figura 22	El aumento total de un polígono	65
Figura 23	La disminución total de un polígono	65
Figura 24	Recorridos por la zona de estudio	66
Figura 25	Mapa geológico del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo	71
Figura 26	Mapa geomorfológico del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo	73
Figura 27	Mapa de suelos del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo	75
Figura 28	Mapa de sectorización hídrica del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo	77
Figura 29	Cobertura del año 1987 expresada en porcentajes	94
Figura 30	Cobertura del año 1997 expresada en porcentajes	99

Figura 31	Cobertura del año 2002 expresada en porcentajes	104
Figura 32	Cobertura del año 2011 expresada en porcentajes	109
Figura 33	Tejido urbano continuo	110
Figura 34	Pastos limpios	110
Figura 35	Mosaico de pastos y cultivos	111
Figura 36	Mosaico de pastos con espacios naturales	112
Figura 37	Bosque natural denso	113
Figura 38	Bosque natural fragmentado	114
Figura 39	Bosque plantado	115
Figura 40	Bosques achaparrados de páramo	116
Figura 41	Vegetación de páramo	117
Figura 42	Vegetación rupícola	118
Figura 43	Afloramiento rocoso	119
Figura 44	Turberas	120
Figura 45	Lagunas	120
Figura 46	Vegetación quemada volcán Chiles	121
Figura 47	Vegetación quemada cerro Granizo	122
Figura 48	Mapa de las zonas afectadas por quemas del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo	123
Figura 49	Cambios de cobertura entre 1987 a 1997, expresadas en porcentajes	129
Figura 50	Cambios de cobertura entre 1997 a 2002, expresada en porcentajes	134
Figura 51	Cambios de cobertura entre 2002 a 2011, expresada en porcentajes	139
Figura 52	Cambios de cobertura entre 1987 a 2011, expresada en porcentajes	145
Figura 53	Cambios significativos de intervención pecuaria del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo	148
Figura 54	Cambios significativos de intervención agropecuaria del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo	151
Figura 55	Cambios significativos de intervención multipropósito con deforestación del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo	152
Figura 56	Cambios multitemporales de cobertura vegetal del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo	155
Figura 57	Cambios multitemporales de cobertura vegetal del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo	155

INTRODUCCIÓN

El análisis del cambio de cobertura vegetal en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo del Departamento de Nariño, período 1987 - 2011 es una investigación de tipo cuali-cuantitativa con enfoque analítico-descriptivo; y está enmarcada dentro de la línea de investigación Ordenamiento Territorial y Ambiental, de la sublínea Caracterización Biofísica y Ambiental del Espacio Geográfico, del Departamento de Geografía de la Universidad de Nariño; además el investigador del estudio se encuentra vinculado al grupo de investigación en Geografía Física y Problemas Ambientales TERRA.

Dentro de los procesos que se dan a conocer en este trabajo de investigación, es importante mencionar que se ha tenido en cuenta la Metodología de Corine Land Cover, siendo esta la base para establecer la leyenda de los mapas de coberturas y establecer los cambios multitemporales que se han presentado en el área de estudio.

Como resultado de una larga investigación, se obtuvo la caracterización semi detallada y los mapas de la cobertura vegetal del complejo volcánico Chiles - Cerro Negro – Cerro Granizo para los años 1987, 1997, 2002 y 2011 que cubre una superficie total de 20.642 has, así como también se generaron los mapas y la caracterización de los cambios de cobertura del suelo entre los períodos 1987 a 1997, 1997 a 2002, 2002 a 2011 y 1987 a 2011. De manera que se obtuvieron 12 mapas y además se generaron otros mapas como el de división política, sectorización de quemas en 2011, un espaciograma y el mapa base topográfico.

De esta manera se da a conocer un documento estructurado en 9 capítulos, donde en primer lugar se incluye el problema objeto de investigación, de segundo está la justificación, le siguen los objetivos desarrollados, luego está la localización del área de estudio, posteriormente un marco referencial que incluye antecedentes de la investigación, marco conceptual que establece los fundamentos teóricos tenidos en cuenta en la investigación y el marco legal, le sigue en el sexto numeral el proceso metodológico que permitió desarrollar la investigación y cumplir con los objetivos propuestos, en el séptimo está un diagnóstico físico biótico que describe de manera general las características geológicas, geomorfológicas y climatológicas de la zona de estudio, mientras que en el octavo lugar está la caracterización semidetallada de la cobertura vegetal para cada uno de los años objeto de estudio y finalmente el noveno numeral está la caracterización de los cambios y factores de cambio en la cobertura vegetal para los cuatro períodos de referencia, describiendo la ubicación geográfica del zona donde se presentan los cambios y la explicación del por qué se presentaron dichos cambios.

En consecuencia se prevé que esta investigación aportará al conocimiento de los cambios ocurridos durante los 24 años referencia de estudio, así como también puede servir como referencia para la formulación del plan de vida de de los resguardos indígenas que hacen

parte del área de estudio, también contribuirá a la toma de decisiones encaminadas a la protección y manejo de los recursos naturales y en cuanto al ordenamiento territorial se refiere. Se sabe que los cambios presentados son evidentes y muy grandes, de manera que es necesario implementar medidas encaminadas a la disminución de estos cambios, además es importante mencionar que la metodología de Corine utilizada en esta investigación resulta muy efectiva su aplicación, de manera que se la puede adaptar para cualquier tipo de zona geográfica y para cualquier escala.

1. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cambios de la cobertura vegetal en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo del Departamento de Nariño, período 1987 - 2011.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los cambios de la cobertura vegetal que se han presentado en el área del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo del Departamento de Nariño período 1987 - 2011?

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, se puede encontrar que las transformaciones de la cobertura vegetal han ido aumentando considerablemente, debido a factores tanto antrópicos como físicos o naturales.

Así pues, la intervención antrópica se presenta con el fin de destinar los suelos con coberturas naturales a mosaicos de pastos y cultivos o para producción pecuaria, mediante actividades como la tala, quema y sobrepastoreo. Este problema se debe a diversos factores, entre ellos, el aumento de los precios o la demanda de ciertos productos que puede incentivar al incremento de nuevas zonas de producción agropecuarias; la necesidad de expansión hacia nuevas tierras por agotamiento de las que ya se encuentran en uso, o bien porque lo que se produce en ellas no alcanza para cubrir las necesidades de los pobladores de la región; se incluyen también los cambios en las condiciones físicas de la zona; y la aparición de nuevas tecnologías que permitan aprovechar productivamente tierras de difícil explotación. Todo esto trae como consecuencia la degradación ambiental, la destrucción total o parcial de la cobertura vegetal natural, y el incremento de procesos erosivos, dando como resultado grandes cambios en su paisaje.

La población localizada en las inmediaciones del área de estudio con el tiempo ha aumentado, lo que lleva a incrementar la intervención y aprovechamiento de los mismos, es así que se hace fundamental identificar y dar a conocer las causas y factores que inciden sobre los procesos de transformación que se presentan sobre la cobertura vegetal en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo del Departamento de Nariño, como zona privilegiada por presentar de una manera muy significativa estos recursos y por ello deben conservarse y aprovecharse de manera sostenible, sin degradar ni alterar las condiciones naturales que presentan los ecosistemas de esta región.

2. JUSTIFICACIÓN

En Colombia, los páramos y ecosistemas alto andinos están sometidos a un cierto grado de transformación en cuanto al uso de la cobertura vegetal, con el fin de aprovechar los recursos que estos ecosistemas presentan, por lo tanto, esta investigación da a conocer cuáles han sido los cambios en la cobertura vegetal, identificando causas y factores que inciden en los procesos de transformación de la cobertura de la tierra, que a lo largo del tiempo pudo ocasionar contaminación del agua, disminución de caudales, aumento de áreas de cultivo e implementación de especies pecuarias y pérdida de especies vegetales nativas.

Es por ello que se hace fundamental entender y predecir la dinámica de los componentes del paisaje que degradan la calidad de los ecosistemas de la región, mediante el análisis multitemporal de los cambios de la cobertura vegetal, en relación con las actividades humanas que se desarrollen, de manera que la información obtenida sea un instrumento que apoye la toma de decisiones en la planeación del territorio. Llevando así a implementar estudios para la evaluación ambiental, y establecer hipótesis de soluciones a esta problemática de degradación ecosistémica, teniendo en cuenta la legislación existente para el manejo de estas zonas.

Como lo describió el Plan de Desarrollo de Nariño de 2004¹, el aprovechamiento inadecuado y el uso irracional de los recursos han deteriorado gravemente los ecosistemas, con la consecuente disminución y pérdida de la biodiversidad, cambios en la dinámica sucesional de los bosques. Así mismo, en el caso de las zonas de páramos, los procesos de transformación y degradación se deben especialmente a actividades mineras ilegales, ganadería extensiva, cultivos de uso ilícito, explotación en exceso del recurso hídrico y la expansión incontrolada del monocultivo de papa, que se realiza especialmente en los páramos secos, en los ecosistemas de alta montaña y subpáramo, para la obtención de semillas sanas, lo que hace que este estudio sea la base para la formulación de planes programas y proyectos encaminados a la conservación y manejo adecuado de los recursos naturales.

Teniendo en cuenta que los ecosistemas que hacen parte del área de estudio son estratégicos debido a su gran potencial de almacenamiento y regulación hídrica, recarga de acuíferos y nacimiento de los principales ríos que abastecen de agua a varias poblaciones, además ecosistemas únicos en el mundo, con una biodiversidad particular y unos servicios ambientales incalculables, se hace indispensable esta investigación en apoyo a las estrategias que se pretendan implementar en un futuro por medio de las instituciones encargadas como la Alcaldía, los resguardos indígenas y demás entidades territoriales, haciendo difusión de esta información a la comunidad en general, para optimizar el adecuado uso, conservación y manejo de estos ecosistemas, identificando también la sucesión y dinámica de éstos, asimismo se podría establecer el diseño de políticas y estrategias de planificación, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales, facilitando así la toma de decisiones, fortaleciendo finalmente los aspectos ambientales y de desarrollo de la población.

¹ Plan de Desarrollo del Departamento de Nariño “La Fuerza del Cambio Continúa”. Gobernación de Nariño. San Juan de Pasto 2004.

La realización de este proceso investigativo fue pertinente, porque en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo no se han realizado estudios detallados de las características, causas y factores de los cambios de la cobertura vegetal y es aquí donde la investigación Geográfica se hace partícipe contribuyendo al análisis de los problemas ambientales presentes en esta zona, por medio de las transformaciones generadas por parte de la población con el fin de la apropiación del territorio, para mejorar sus condiciones de vida, pero eso conlleva a la alteración de los procesos hidrológicos, disminución de la capacidad productiva de los suelos, pérdida de la biodiversidad y cambios en el clima.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar los cambios de cobertura vegetal en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo del Departamento de Nariño, período 1987 - 2011.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un diagnóstico acerca de estado actual de la cobertura vegetal.
- Mapificar los cambios de la cobertura vegetal ocurridos durante el período comprendido entre 1987 y 2011.
- Explicar las causas y los factores que influyen en los cambios de la cobertura vegetal en la zona de estudio.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio está conformada por el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo, situado al suroccidente del Departamento de Nariño en el municipio de Cumbal, límite fronterizo internacional con la República del Ecuador. Se ubica en el Nudo de los Pastos, parte del complejo de páramos de Chiles – Cumbal – Azufral, donde nace una de las más importantes corrientes hídricas para el departamento, el río Guáitara.

Según el INGEOMINAS² el volcán Chiles está a una altura de 4.748 m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas son 0°49' N y 77°56' W, mientras el Cerro Negro esta a 0°46' N y 77° 57' W y tiene una altura de 4.425 m.s.n.m., ellos albergan gran parte del ecosistema altoandino y de páramo en sus divisiones según la altura (subpáramo, páramo, superpáramo), donde la actividad antrópica es permanente en estos ecosistemas, y determinan la dinámica ambiental y físico natural del área; aquí nacen numerosas fuentes de agua que abastecen a varias poblaciones del sur de Nariño y el norte de la provincia ecuatoriana del Carchi. También posee características climáticas y biogeográficas particulares que influyen directamente sobre los ecosistemas.

Teniendo en cuenta que los procesos de cambio en las coberturas naturales se presentan aproximadamente a una altura de 3.000 m.s.n.m. se estableció esta cota como base para definir los límites del área de estudio, tal como lo indica la figura 1. A continuación se dan a conocer los límites del área de estudio:

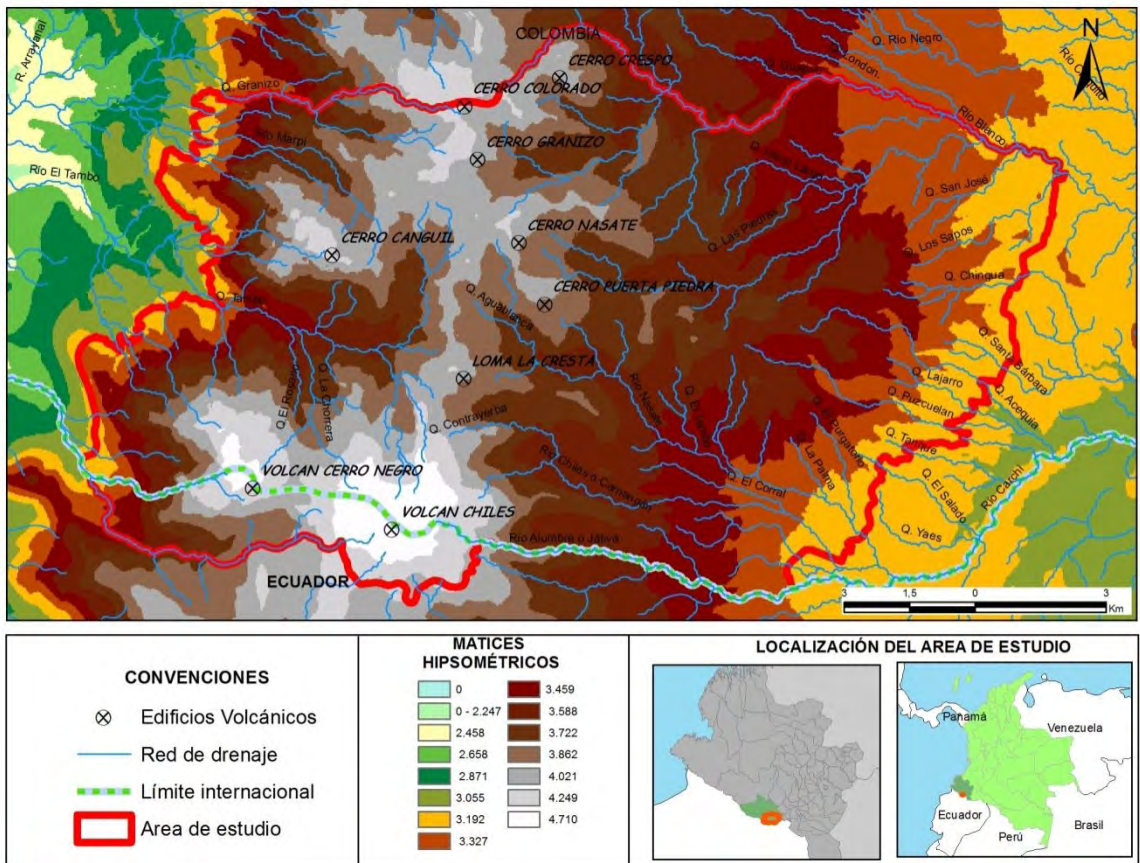
- Norte: se tuvo en cuenta la delimitación realizada para otro proyecto de investigación desarrollado sobre el área de influencia del volcán Cumbal, tomando como referencia la divisoria de aguas del Cerro Colorado, bordeando el Cerro Crespo y siguiendo el cauce principal del río Blanco hacia el oriente hasta encontrarse con la vía que comunica el municipio de Cumbal con los resguardos de Panán y Chiles.
- Oriente: donde culmina el límite norte, en el cruce del río Blanco con la carretera que comunica al centro poblado de Chiles y Panán con el casco urbano del municipio de Cumbal, siendo este el límite oriental del área de estudio hasta encontrarse al sur con el límite internacional en el Ecuador, es decir, el río Guáitara o Carchi.
- Sur: el límite va aguas arriba por el río Guáitara (llamado Alumbre en la parte alta) hasta encontrar la cota de 4100 m.s.n.m. en el volcán Chiles. Luego se bordea esta cota al sur del volcán en la República del Ecuador hasta encontrarse con el río Cainacán, el cual desciende hacia el occidente del Chiles. Se va aguas abajo por este río hasta encontrar la cota de los 3000 m.s.n.m.

² OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO. Complejo volcánico Chiles-cerro negro. Generalidades. Disponible en Internet en: http://intranet.ingeominas.gov.co/pasto/Chiles-Cerro_Negro

- Occidente: se sigue hacia el norte por la cota de los 3000 m.s.n.m. en el flanco occidental del volcán Cerro Negro, hasta encontrarse y cerrar el límite del área de estudio con la quebrada el Granizo en la parte norte del área de estudio.

El acceso a la zona de estudio se realiza por dos vías carreteables principales, una que parte desde Chiles hasta Tiuquer en Colombia, y otra desde Tufiño hasta Maldonado en el Ecuador; el ascenso hasta las partes más altas de influencia del volcán Chiles, Cerro Negro y Cerro Granizo, se efectúa por numerosos caminos utilizados por las personas de la región.

Figura 1. Corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo.



Fuente: Esta investigación

4.2 ANTECEDENTES

Para lograr el objetivo principal de esta investigación que es identificar los cambios de la cobertura vegetal en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo del

Departamento de Nariño, período 1987 - 2011, se ha tenido en cuenta estudios relacionados con el tema de investigación desde el ámbito internacional, pasando por el nacional hasta lo regional.

4.2.1 Antecedentes a nivel internacional: en Europa se está tratando de homogenizar el lenguaje y las metodologías utilizadas en estudios medioambientales, enmarcándolas en el programa Corine Land Cover (CLC) que se trata de una base de datos geográfica de la cobertura y uso de la tierra que permite obtener resultados muy detallados de la cobertura y realizar los mapas de cambios de esta.

A nivel internacional existen estudios de cambio de la cobertura vegetal en la zona comprendida entre los parques nacionales volcán Irazú y volcán Turrialba en Costa Rica elaborado por BERMUDEZ et al³, donde se analizaron los cambios del uso y cobertura del suelo en un período que comprende 20 años (1978, 1992 y 1998) y se identificaron los factores que han influido en dichos cambios; la información necesaria se obtuvo de interpretación de fotografías aéreas.

La investigación citada anteriormente hecha en Costa Rica hace referencia a que los factores que inciden en los cambios de cobertura no boscosa a boscosa presentan significancia, de manera que la cobertura vegetal correspondiente a pastos está representada con menos del 10% y el Bosque primario presenta cobertura continua entre 100% y 70%, además de franjas de bosque de galería; este estudio afirma que a pesar de existir ocupación dentro de sus áreas, la política del país en materia de áreas protegidas contribuye positivamente al mantenimiento de la cobertura boscosa.

Existe un estudio de los factores que inciden en los procesos de cambio de la cobertura del suelo realizado en Nicaragua en 2004⁴, donde se demuestra que la degradación del ecosistema se dio por aprovechamiento selectivo de las especies de mayor valor comercial y otros factores socioculturales y económicos actualmente que imposibilitan esa protección, esto ocurrió principalmente en la época de las grandes concesiones forestales, entre 1920, 1980 y 1990, aunque aparentemente existe control para el aprovechamiento de estos ecosistemas se necesita un permiso o un plan de manejo, sin embargo la intervención sobre ellos aún perdura, esto ocurre incluso en algunas áreas protegidas por la ley en donde no hay presencia de la autoridad para su debida aplicación.

³ BERMUDEZ ROJAS, Tania. PAEZ, Gilberto. VELASQUEZ, Sergio y MOTTE, Estella. Cambio de uso y cobertura de la tierra y la conservación del bosque en dos áreas protegidas. Costa Rica. 1998; p. 1.

⁴ INSTITUTO NACIONAL FORESTAL INAFOR. Frontera Agrícola. Managua. Nicaragua. 2004; p. 13.

En Mérida – Venezuela, la evaluación de los cambios ocurridos en la cobertura y uso de la tierra del Parque Nacional Sierra de la Culata⁵, es un proceso de transformación de unidades boscosas y parameras a cubiertas agropecuarias, pero no se detectaron procesos de modificación de la cobertura y uso de la tierra, que se ratificó en las encuestas aplicadas a los habitantes del parque, por cuanto no reflejan cambios en la modalidad del sistema productivo tradicional desarrollado a lo largo del tiempo en los Andes Venezolanos.

Por lo tanto, recientemente no sólo se percibieron en el parque procesos de transformación sino también de modificación de la cobertura y uso de la tierra, a través de la expansión e intensificación agrícola estimulada por las recientes políticas del Estado Venezolano, orientadas a garantizar la seguridad agroalimentaria y a promover en el país el desarrollo agrícola, el autoabastecimiento y la exportación representa una arma de doble filo con tendencias más destructivas que protectoras del ambiente.

4.2.2 Antecedentes a nivel nacional: en Colombia, se ha hecho una adaptación de la metodología Corine Land Cover a partir de los esfuerzos de entidades como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena CORMAGDALENA que entre el año 2006 y el 2008, realizaron la guía metodológica para la clasificación de cobertura y uso del suelo para Colombia a una escala 1:100.000 aplicada a la Cuenca Magdalena – Cauca.

En consecuencia, la clasificación de CORINE Land Cover adaptada a Colombia busca incorporar la información respectiva a la cobertura de la tierra, con subdivisiones definidas de acuerdo a la información suministrada por imágenes Landsat TM y según las condiciones locales del territorio nacional. La adaptación y validación de la metodología CLC permitirá comparar estadísticas de ocupación de la tierra y crear líneas de comunicación entre las diferentes instituciones que la adopten y además, homologar la información a nivel mundial⁶.

Es así que a nivel nacional, el IDEAM realizó un estudio sobre la transformación y cambio en el uso del suelo en los páramos de Colombia en las últimas décadas (70 y 90's) denominado: Páramos y Ecosistemas alto Andinos de Colombia en Condición Hotspot & Global Climatic Tensor⁷, donde hace alusión a las principales disposiciones ambientales relacionadas con los páramos, mediante la utilización e interpretación de imágenes satelitales, donde se tuvo como resultado que durante estas décadas se presentó un

⁵ ANGNES ALDANA, Joaquín. BOSQUE Sandra. Evaluación de los cambios ocurridos en la cobertura y uso de la tierra del Parque Nacional Sierra de la Culata, período 1988-2003. Mérida-Venezuela. 2006; p. 16.

⁶ Adaptación de la metodología “Corine Land Cover” para Colombia y producción de la cobertura “Corine Land Cover Colombia” para la cuenca del río Magdalena – Cauca.

⁷ IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Paramos y Ecosistemas alto Andinos de Colombia en Condición Hotspot & Global Climatic Tensor: Transformación y cambio en el uso de suelo en los páramos de Colombia en las últimas décadas. Capítulo IV. Bogotá. Colombia. 2002.

cambio principalmente sobre los ecosistemas de selva altoandina, sobre todo en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Santander, Cauca y Nariño.

En Colombia los estudios realizados por el IGAC y la CRC⁸ sobre los ecosistemas de páramo en el Departamento del Cauca, hacen énfasis en la descripción y conocimiento natural de los ecosistemas de montaña, considerando entre otros aspectos, la historia evolutiva; diversidad de climas, geoformas, suelos, especificaciones sobre la dinámica ecológica-paisajística del páramo, determinación de páramos zonales y azonales, estructura y composición de fauna y flora del páramo, subpáramo y bosque altoandino, así como estudios sobre las interacciones y afectaciones de estos ecosistemas por la intervención antrópica.

4.2.3 Antecedentes a nivel regional: dentro del área de estudio se han desarrollado algunas investigaciones relacionadas con este proceso investigativo, como es el Estudio del Estado Actual del páramo de Chiles 2009⁹ que contempla distintos tipos de coberturas para los suelos del resguardo Indígena de Chiles, donde predominan las zonas de protección para los bosques andino y altoandino, vegetación de páramo y páramo arbustado (chaparro) y áreas abiertas sin o con poca vegetación. Seguido de las áreas agrícolas de mosaicos de pastos y cultivos, en menor porcentaje están las superficies de agua entre ciénagas y lagunas, y por último las áreas urbanizadas y vías. Dentro de los antecedentes regionales también está el plan de manejo ambiental para el resguardo Indígena del páramo de Chiles, donde se establecen varios programas y proyectos encaminados hacia la conservación y restauración ecológica del páramo.

En el Departamento de Nariño se realizó una investigación acerca del estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos¹⁰, el corredor del volcán Chiles – Cumbal presentó una cobertura vegetal (pajonal - frailejona) del 51,79%, la cobertura arbórea de 44,08% y coberturas misceláneas un 1,87%, donde la presión antrópica se presenta desde los 3400 m.s.n.m. por lo que se hace necesario identificar y entender las dinámicas de los factores que inciden en los cambios de uso y cobertura del suelo en estos ecosistemas. De igual manera el Estudio sobre el Estado Actual de páramo de Chiles¹¹, en sus resultados muestra que la cobertura de páramo cubre aproximadamente 5.171 has que representan el 45,71% del total de la superficie del resguardo Indígena de Chiles; el bosque andino una extensión aproximada de 1.181,12 has que representan el 10,44%; y el bosque altoandino 1.617 has que representan el 14.3%.

⁸ IGAC, CRC. Zonificación, caracterización y manejo sostenible de los páramos del Departamento del Cauca. Bogotá, 2009

⁹ Estudio sobre el estado actual del páramo de Chiles. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Cabildo Indígena de Chiles, CORPONARIÑO, WWF. 2009.

¹⁰ CORPONARIÑO. UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Plan de acción en biodiversidad para el Departamento de Nariño 2006-2030. Estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño. Pasto. 2006.

¹¹ Estudio sobre el estado actual del páramo de Chiles. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Cabildo Indígena de Chiles, CORPONARIÑO, WWF. 2009.

Además, existe el Plan de Manejo del Corredor Andino Amazónico Páramo de Bordoncillo – Cerro de Patascoy, La Cocha como Ecoregión Estratégica para los Departamentos de Nariño y Putumayo¹², donde se encuentra una variedad de aspectos referidos a la caracterización ecológica, socio-económica, evaluación de bienes y servicios ambientales de los ecosistemas, caracterización físico-biótica haciendo referencia al uso y cobertura del suelo, procediendo a determinar una zonificación ambiental y ecológica, terminando con el plan de acción, estrategias determinadas a partir del planteamiento de los planes, programas y proyectos.

El Plan de Acción del Páramo de Chiles¹³ hace referencia a los páramos pertenecientes al Departamento de Nariño que están siendo alterados por la actividad humana debido a la expansión de la frontera agrícola, es así que en la actualidad se presenta reemplazo de áreas con bosques altoandinos por zonas de subpáramo, procesos de paramización y cultivos transitorios de papa, la actividad antrópica es mayor entre los 3.200 y los 3.400 m.s.n.m. evidenciando destrucción y fragmentación del hábitat, identificando la presencia de parches de bosque en zonas de pendiente, parches de bosque de rivera, humedales que permiten el albergue de una gran diversidad florística y faunística.

Es indispensable mencionar que este plan de acción tiene en cuenta el valor ecológico que tiene el páramo y el bosque alto andino del volcán Chiles, los cuales se caracterizan no solo por su diversidad y adaptación de las especies a ambientes extremos, sino también por su capacidad para interceptar, almacenar y regular los flujos hídricos superficiales y subterráneos en condiciones especiales del suelo y la vegetación.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

Durante el desarrollo de esta investigación se tuvo en cuenta diferentes conceptualizaciones, que permitieron analizar, interpretar y construir los diferentes conceptos, además de la importancia que estos tienen para diversos autores.

4.3.1 El páramo: el IDEAM¹⁴ en 2001 estableció a los páramos como ecosistemas estratégicos de alta montaña, debido a la importancia que generan en el desarrollo económico y cultural para el país, ya que es en el páramo donde se capta, almacena y distribuye agua para los diferentes asentamientos humanos, por lo que se hace indispensable tener estudios sobre estos ecosistemas.

¹² CORPONARIÑO Y CORPOAMAZONIA. Plan de manejo del Corredor Andino Amazónico Páramo de Bordoncillo, Cerro de Patascoy, La Cocha, como Ecoregión Estratégica para los departamentos de Nariño y Putumayo. Pasto. 2002.

¹³ CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO “CORPONARIÑO”. Plan de acción para la conservación del páramo de Chiles. Ipiales. 2004; p. 14

¹⁴ IDEAM. Instituto de hidrológica, meteorología y estudios ambientales. Oferta y demanda del recurso hídrico en Colombia. Colombia. 2000; p. 1.

Para el manejo de áreas de páramo, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), llevada a cabo en Río de Janeiro en 2002¹⁵, establece que las montañas son una fuente importante de agua, energía y diversidad biológica. Además, son fuente de recursos vitales como minerales, productos forestales y agrícolas y medios de esparcimiento. Al ser un ecosistema importante en que está representada la ecología compleja e interdependiente del planeta, el medio montano es esencial para la supervivencia del ecosistema mundial. Sin embargo, los ecosistemas de montaña están cambiando rápidamente, son susceptibles de erosión acelerada de los suelos, desprendimientos de tierras y un rápido empobrecimiento de la diversidad genética y del hábitat, dando como resultado un deterioro ambiental, de ahí que haya que adoptar medidas de inmediato para velar por una ordenación apropiada de los recursos de las montañas y el desarrollo social y económico de sus habitantes.

Los páramos en Colombia representan aproximadamente el 40% de éstos a nivel de América (1.445.000 ha, 1.3% del territorio nacional), lo que hace aún más importante su manejo y conservación. En estas zonas, la temperatura media anual fluctúa entre 0 y 8°C; altitudinalmente, no es posible establecer una cota de nivel única a partir de la cual siempre se encuentre este tipo de formaciones, sin embargo, en Colombia éstos se pueden presentar por encima de los 3000 – 3200 m.s.n.m. La característica principal por la cual le da un alto grado de importancia a estos ecosistemas radica en su función como captadores, reguladores y almacenadores de agua, por lo que se los ha descrito en la literatura como esponjas de agua.

Van der Hammen¹⁶ afirma que el páramo es un ecosistema restringido a las cumbres de algunas regiones tropicales de Centro y Sudamérica, Asia, África y Oceanía, sus límites pueden variar dependiendo de diversas condiciones propias de la región donde se localice. Así, la posición geográfica, la topografía, la historia geológica y evolutiva del lugar y la latitud son factores determinantes en la localización altitudinal de los páramos alrededor del mundo.

Van der Hammen también afirma que su límite del páramo oscila entre 3000 y 4000 m.s.n.m., de acuerdo con la precipitación, la humedad y la temperatura media anual local. Por otra parte, el tipo, la frecuencia y la intensidad con que se presente la intervención humana, habitualmente determinan también los límites inferiores del páramo, bien sea por el remplazo de este por plantaciones forestales o cultivos agrícolas o por la invasión del ecosistema paramuno en los sistemas alto andinos, en un proceso conocido como paramización que da origen a la formación del páramo antrópico, generando procesos de alteración que hacen cada vez más difícil el establecimiento de los límites naturales entre el páramo y el bosque alto andino.

¹⁵ GP. Agenda 21 local. Conservación y manejo de recursos para el desarrollo: Ordenación de los ecosistemas frágiles: desarrollo sostenible de las zonas de montaña Capítulo 13. 2006. disponible en: <http://agenda21ens.cicese.mx/capitulo13.htm>

¹⁶ Van der Hammen. La dinámica del medio ambiente en la alta montaña colombiana: historia, cambio global y biodiversidad. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Memorias No 3. Santafé de Bogotá, 1995; p. 11-15.

Mientras tanto Rodríguez¹⁷ dice que las áreas de páramo son el producto de relaciones particulares entre factores físicos, bióticos y antrópicos donde subsisten comunidades y especies con una adaptación singular a condiciones climáticas extremas. Siendo el páramo un ecosistema único de alta montaña en el cual habitan formas de vida singulares y propias, y poblaciones humanas con sistemas culturales que contribuyen a enriquecer la diversidad del planeta, siempre se ha visto amenazado por varios factores que han incidido de diversas formas en su conservación, es un ecosistema que ha permanecido por muchos años, pero en la actualidad las áreas de páramo están disminuyendo cada día más.

El MINAMBIENTE¹⁸ afirma que los páramos se caracterizan bioclimáticamente por tener condiciones ambientales extremas y con gran influencia biológica, baja presión atmosférica, escasa densidad del aire, bajas temperaturas medias, alta temperatura del aire y del suelo con radiación directa y bajas temperaturas cuando no hay radiación.

Para lograr una mejor identificación de áreas de páramo, Rangel¹⁹ ha definido cuatro franjas donde se expresa la alta diversidad de este ecosistema, que se describen a continuación:

- Franja Altoandina: está a una altura entre 3000 y 3200 m.s.n.m., correspondiendo a una zona de ecotonía entre la vegetación cerrada de la media montaña y la abierta de la parte alta, las comunidades vegetales están dominadas por especies de *Weinmania* (encenillos), *Herperomeles* (mortiños), *Clethra* y de *Escallonia* (tibar, rodamonte) entre otras.
- Subpáramo (páramo bajo): a una altura entre 3200 y 3500 m.s.n.m., se caracteriza por presentar vegetación arbustiva y matorrales.
- Páramo propiamente dicho: está a una altura entre 3500, 3600 y 4100 m.s.n.m., en esta zona se encuentran gramíneas, predominan los frailejonales o rosetales con especies de *Espeletia*; los pajonales con especies de *Calamagrotis* y los chuscales de *Chusquea*.
- Superpáramo: está por encima de los 4100 m.s.n.m. y hasta los límites de la zona nival, se caracteriza por una discontinua vegetación, con disminución de la cobertura vegetal y la diversidad.
- Zona nival, es el área que corresponde a la superficie más elevada del territorio nacional y que se encuentra cubierta permanentemente por nieve o hielo. Son lugares que carecen de sustrato edáfico propiamente dicho y se puede encontrar vegetación como pequeños líquenes con capacidad de soportar temperaturas extremas por debajo de 0°C.

4.3.2 La selva altoandina: para Parques Nacionales Naturales²⁰ este ecosistema ha sido destruido en su mayor parte para dar paso al pastoreo de ganado vacuno y ovino y a

¹⁷ RODRÍGUEZ, N. Ecosistemas de los Andes Colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia 2004; p.155.

¹⁸ MINAMBIENTE. Ministerio del Medio Ambiente. Ecosistemas boscosos. Colombia. 2008. Disponible en <http://web.minambiente.gov.co/ecorre/peramb8/ecosis.htm>

¹⁹ RANGEL CH. O. Diversidad Biótica III: La región paramuna de Colombia. Primera Edición, Editorial Unibiblos. Bogotá, Colombia, 1997.

²⁰ PNN. Parques Nacionales Naturales. Bosque andino características y especies. Bogotá; 2008.

algunos cultivos de papa principalmente, aunque también puede presentarse diversidad de éstos. En su lugar se ha producido un avance de la vegetación del páramo, lo cual se conoce como proceso de paramización del bosque, esto caracteriza la mayoría de paisajes por encima de 3200 m.s.n.m. para Colombia; esta degradación ha producido en muchos sitios un tipo especial de matorral más o menos abierto, basado en elementos propios del bosque alto andino y de páramo.

La selva altoandina es definida por el IDEAM²¹ como un bosque de porte bajo a mediano, que se encuentra entre el límite altitudinal continuo original del bosque andino y el páramo o subpáramo. Dentro de la vegetación se encuentra principalmente Encenillo, Rodamonte, Colorado, entre otros. Para este tipo de vegetación no se han indicado límites altitudinales, ya que estos pueden fluctuar considerablemente según la situación geográfica, climática y según la cordillera.

Cuatrecasas²² señaló que los límites del bosque altoandino están entre 3000 y 3300 m.s.n.m., y la altura de la vegetación según Cleff²³ puede variar entre 3 y 8 m de altura, encontrando árboles y arbustos con predominio de compuestas rosáceas; presentan gran abundancia de briófitas, muchas de las cuales trepan por troncos y ramas, así como abundantes líquenes terrestres y epífitas (orquídeas, bromelias).

La alta fragilidad de estos ecosistemas de montaña, unida a la enorme tensión antrópica en que se encuentran por reducción de área, fragmentación, pérdidas bióticas y degradación, los hace uno de los ecosistemas más vulnerables al cambio climático²⁴. En tiempos recientes se ha notado también la alta vulnerabilidad de las especies a cambios en la precipitación; en los años de ocurrencia severa del fenómeno de El Niño hubo un gran incremento de los incendios forestales, y se observó pérdida de especies en algunos fragmentos.

4.3.3 La frontera agrícola: como lo describe la revista Huella Verde²⁵ en su artículo publicado en Internet, frontera agrícola es el límite que divide la tierra dedicada a la agricultura y la tierra que aún se mantiene como área natural sin intervención. Debido a la presión de las poblaciones humanas, esta frontera avanza cada vez más hacia las áreas naturales; en algunos países se busca ampliar la frontera agrícola y se ve como algo positivo cuando se trata de zonas áridas, desérticas, aprovechándose canales de irrigación. Sin embargo en otros, el avance de la frontera agrícola está asociado a la deforestación y degradación de los recursos que ofrecen estos ecosistemas.

Este proceso de avance de la frontera agrícola sobre los ecosistemas de páramo y selva altoandina, implica un proceso de asentamiento de la población y apropiación de las

²¹ IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Paramos y Ecosistemas alto Andinos de Colombia en Condición Hotspot & Global Climatic Tensor. Transformación y cambio en el uso de suelo en los páramos de Colombia en las últimas décadas. Capítulo IV. Bogotá. Colombia. 2002. p. 211-330.

²² CUATRECASAS, José. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. X. 1958.

²³ CLEEF, A.M. The Vegetation of the paramos of the Colombian Cordillera Oriental. 1981

²⁴ VAN DER HAMMEN, T. Diversidad Biológica. Informe Nacional sobre el estado de la biodiversidad. Bogotá. Colombia. 1997.

²⁵ FRONTERA AGRÍCOLA Y SOBREPASTOREO DENTRO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANPs). Disponible en Internet: <http://huellaverde.blogspot.com/>

nuevas tierras por parte de los productores, quienes organizan en ellas sus explotaciones agropecuarias. En este proceso de avance, las condiciones naturales de la zona cambian porque se remplazan algunos elementos naturales (como la vegetación natural) por otros nuevos (como los cultivos).

Se denomina frontera agropecuaria o agraria a la zona de división entre las tierras ocupadas con cultivos o cría de ganado y las tierras no ocupadas por actividades agrarias, donde sólo crece vegetación natural la cual puede ser aprovechada para la conservación, la caza, la recolección de frutos o la explotación maderera.

Campaña²⁶, menciona que los factores que han acelerado el proceso de degradación de los recursos naturales en los ecosistemas de montaña, se explican en la deforestación o el desmonte para fines de habilitación de frontera agrícola, consumo de madera o leña, sobrepastoreo y la sobre utilización agrícola. Los bienes naturales constituyen el hábitat para la gran diversidad biológica y proveen de múltiples servicios ecológicos como la protección de cuencas hidrográficas, protección de suelos contra erosión y regulación climática.

Algunos de los procesos en los cuales se ven amenazadas las áreas de alta fragilidad con cobertura boscosa, para Rudas²⁷, se relacionan con el acelerado cambio de uso del suelo, mediante el cual se destruye tal cobertura vegetal para establecer cultivos anuales y transitorios que con el tiempo y el inadecuado manejo de éstos, ocasionan una acelerada pérdida de la capacidad productiva agrícola, destinando el suelo a la actividad ganadera extensiva en ecosistemas que en muchas ocasiones tienen baja capacidad de carga, que con el tiempo pierden su calidad y promueve el desplazamiento a nuevas áreas cubiertas de bosque para continuar con la deforestación.

4.3.4 El uso y la cobertura del suelo: según la FAO²⁸ (1993), tierra es un segmento de la superficie del globo terrestre definido en el espacio y en función de características y propiedades comprendidas por los atributos de la biósfera, incluyendo aquellas de la atmósfera, el suelo, el substrato geológico, la hidrología y el resultado de las actividades humanas actuales y futuras hasta el punto que estos atributos tengan influencia significativa en el uso presente o futuro de la tierra por el hombre. En muchos lugares, se han abierto nuevas tierras para la agricultura o el uso de la tierra ha cambiado drásticamente a causa de los cambios de población o de presiones económicas. Esto ha llevado a pobreza, degradación ambiental, explotación económica ineficiente y pérdida de recursos naturales como suelo y agua. Los mejores usos de la tierra dependen de condiciones económicas, sociales, políticas y culturales, de las características del suelo y de su respuesta al uso.

²⁶ CAMPAÑA, Samuel. Programa nacional de agricultura. Santiago de Chile. 2002; p. 2.

²⁷ RUDAS, G. Uso del agua e incentivos económicos para la conservación de cuencas hidrográficas. Instituto de estudios rurales. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Santafé de Bogotá, D.C, Colombia. 1995; p. 7-23.

²⁸ FAO. DOORENBOS. J, y KASSAM. A.H. Yield response to water. Irrigation and Drainage Paper 33. Roma. 1979.

Para Kaspersón²⁹, la tasa, magnitud y extensión de las alteraciones humanas sobre el sistema terrestre no tienen precedentes, el uso de la tierra y los recursos naturales disponibles para proveer bienes y servicios representan la principal alteración humana sobre los ecosistemas, en este caso de la alta montaña y del páramo. Los cambios de cobertura y uso del suelo amenazan la diversidad biológica, contribuyen al cambio climático local, regional y global, degradando el suelo y alterando el normal funcionamiento de los ecosistemas y los servicios que estos ofrecen, llevándolos así a ser vulnerables ante la población, los cambios climáticos y las perturbaciones naturales.

Según estimaciones de la FAO³⁰ entre 1996 y 2001, la tasa global de cambio de cobertura boscosa fue de 9,9 millones de ha/año en la década de los ochenta y de 9,4 millones ha/año en los noventa; las mayores tasas de deforestación neta en los años noventa correspondieron a América Latina y al Caribe (4,2 millones ha), asociadas a programas gubernamentales de fomento agropecuario y reubicación de grupos humanos; seguida por Asia y el Pacífico (2,3 millones ha), donde las plantaciones forestales fueron una causa importante; y finalmente África (2,1 millones ha), asociada al crecimiento de la población rural y la expansión de la agricultura de subsistencia.

La caracterización de los cambios de uso y cobertura del suelo a nivel global, regional y local es aún incompleta, pero se sabe que la magnitud de los cambios es grande; a nivel global, por ejemplo, Ramankutty y Foley³¹ estiman que desde 1850 se han convertido unos 6 millones de km² de bosques en cultivos y se han abandonado unos 1,5 millones de km² de cultivos a nivel general.

Rangel³², plantea que la desaparición de la vegetación es la que resulta más fácil de precisar y evaluar como forma de deterioro de las comunidades, ya que el paisaje cambia radicalmente. Los desmontes ocasionados por el ser humano y el sobrepastoreo son las principales actividades responsables del desequilibrio ecológico de una cuenca; estos acontecimientos desencadenan inestabilidad y una gradual desertización, puesto que la cobertura vegetal actúa como retenedora del suelo y del agua.

Según Lee³³, la conversión de los hábitats es la causa más grande de pérdida de diversidad biológica, funciones ecológicas, así como de alteraciones del ciclo hidrológico; el balance del hábitat natural y el paisaje humano podría determinar el futuro de la conservación de la diversidad biológica en grandes áreas del planeta, por lo tanto es importante mapear y cuantificar los cambios de uso y cobertura del suelo provocados por procesos naturales o por la intervención y perturbación por parte del ser humano. El uso del suelo resulta de las actividades productivas y asentamientos humanos que se desarrollan sobre la cobertura del suelo para satisfacer sus necesidades; según la capacidad del suelo se lo utiliza para diferentes propósitos, la idoneidad de la tierra ha

²⁹ KASPERSON, J. y TURNER, B. L. Regions at risk: comparisons of threatened environments, United Nations University Press, Tokyo. 1995; p. 105.

³⁰ FAO. Forest Resources Assessment 1990 – survey of tropical forest cover and study of change processes y Forest Resources Assessment Main Report. Food and Agriculture Organization, Roma. 2001.

³¹ RAMANKUTTY, N. y FOLEY, J. A. Estimating historical changes in global land cover: croplands from 1700 to 1992, Global Biogeochemical Cycles. 1999; p. 997-1027.

³² RANGEL, Orlando. Diversidad biótica III. Universidad Nacional de Colombia. 2002; p. 785-786.

³³ LEE, H. Human disturbance and natural habitat a biome level analysis of a global data set. Biodiversity and Conservación 4. 1995; p. 128-155.

sido definida en función de su propiedad para los diversos usos específicos a los cuales va a ser destinada.

Para la clasificación de la cobertura del suelo en esta investigación se tuvieron en cuenta los niveles establecidos por la metodología Corine Land Cover que se representa en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de uso y cobertura del suelo según Corine Land Cover

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
SUPERFICIES ARTIFICIALES	<ul style="list-style-type: none"> • Industria y áreas comerciales y de transporte • Minería, Áreas verdes artificiales no agrícolas. 	<p>Se definirán ajustando las clases precisadas por CORINE y las establecidas por el trabajo de campo y la interpretación de imágenes satelitales</p>
ÁREAS AGRICOLAS	<ul style="list-style-type: none"> • Tierras arables • Cultivos permanentes • Pastos y Áreas agrícolas heterogéneas 	
BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	<ul style="list-style-type: none"> • Bosques y asociación de arbustos y vegetación herbácea • Espacios abiertos con vegetación rala o sin ella 	
CUERPOS DE AGUA	<ul style="list-style-type: none"> • Humedales internos 	

Fuente: Comission of the European Communities Corine Land Cover

4.3.5 Los estudios multitemporales de cobertura vegetal: se los realiza en una zona determinada a partir de imágenes de satélite, mediante tomas hechas en tiempos diferentes, es decir pueden variar al tiempo entre una toma y otra, horas, días, meses, etc. con el fin de analizar una o muchas variables.

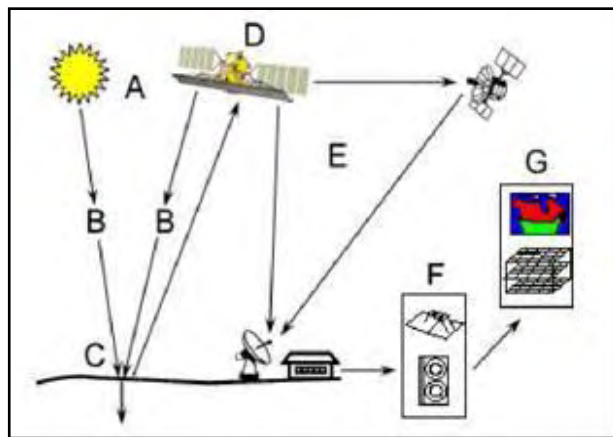
Consiste en la evaluación comparativamente de dos o más imágenes de satélite de la misma zona, pero de diferente año, esta observación periódica permite identificar los cambios en las diferentes coberturas vegetales del área asociados a procesos de deforestación, regeneración, cambios de usos de suelo, áreas cultivadas, incendios, plantaciones y otros factores que inciden en los cambios; la información obtenida del análisis permite evaluar la magnitud de los cambios, identificar los principales actores que inciden en estos cambios y con esto la toma de medidas respetivas que corresponda para la zona de estudio.

Por otro lado, para la interpretación de las coberturas se puede utilizar clasificaciones de uso y cobertura del suelo ya establecido; donde se recomienda implementar la metodología de Corine Land Cover, por su consistencia y confiabilidad en su estructuración y contenido.

4.3.6 Sensores remotos: la captura de información de la Tierra a través de instrumentos capaces de captar y recopilar información sin necesidad de contacto físico es un principio primordial en los procesos de *teledetección*, éstos pueden ser de tipo activo o pasivo: los sensores remotos, del inglés Remote Sensing. Esta información es capturada a través de la recepción del aparato detector de la radiación que pueden o no emitirla los mismos sensores, por ejemplo, las imágenes satelitales y las aerofotografías son captadas por sensores pasivos desde el espacio o aerotransportados, que registran la radiación solar que es recibida por la superficie terrestre y reflejada y dispersa por la misma en diferentes niveles. Para ilustrar los sensores activos se podrían mencionar al radar (Instrumento de Ondas de radio) o el lidar (emisor de rayos láser).

En la figura 2 extraída de la página web del Servicio Geológico Minero Argentino³⁴, se pueden apreciar los componentes básicos en el proceso de la teledetección:

Figura 2: Proceso de teledetección.



Fuente: SEGEMAR 2007

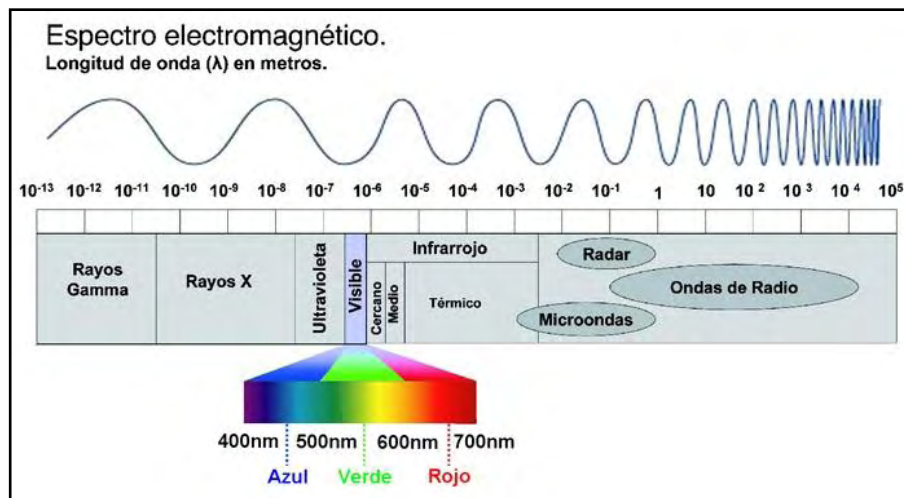
A) Es la fuente de la radiación, en el caso de los sensores pasivos, la luz solar.

³⁴ SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO. Sensores remotos y teledetección. Disponible en: http://www.segemar.gov.ar/sensores/sensores_remotos_teledeteccion.htm

- B) Trayecto de la radiación; que en primera instancia, interactúa con la atmósfera.
- C) Interacción de la energía con la Tierra. (En cualquiera de sus formas: reflexión, emisión, absorción).
- D) Sistema del sensor: Capta, codifica y graba la radiación que devuelve el objeto en tierra.
- E) Transmisión, recepción y procesamiento: los datos son pre-procesados para obtener una imagen, en formato digital o análogo.
- F) Aquí es donde el foto-intérprete (Personal especializado en el manejo de la información ráster adquirida) procesa las imágenes.
- G) Finalmente, es extraída la información temática pertinente a un tópico de interés para ser entregada a un usuario final.

Los niveles de radiación han sido medidos a través del llamado espectro electromagnético, y principalmente en los procesos de teledetección son tomados en cuenta los valores que se encuentran en el espectro visible y el infrarrojo; es decir los valores de radiancia perceptibles a simple vista y la radiación relacionada a la temperatura y la humedad relacionada con la cobertura terrestre, como el tipo de vegetación, la densidad de la misma y el nivel de desarrollo. Las longitudes de onda para el espectro visible se encuentran entre 0,4 y 0,7 micras tal como se indica en la figura 3.

Figura 3. Espectro electromagnético.



Fuente disponible en: <http://worldtelsig.blogspot.com/2010/10/teledeteccion.html>

La teledetección incluye el proceso de análisis y de interpretación de los productos relacionados a las características anteriormente mencionadas, y debido a su aplicabilidad permiten un gran cubrimiento en cuanto a la resolución temporal y espectral de las imágenes captadas. Con los avances tecnológicos que se han presentado a través de los tiempos se ha recopilado mucha información y además, la cobertura espacial de cada imagen permite ver cada vez más en mayor detalle los fenómenos de la Tierra. La imagen puede ser a color, infrarroja, fotografía multibanda, escaner multiespectral, o producida por mecanismos electro-ópticos³⁵.

En consecuencia, del espectro electromagnético se derivan las bandas multiespectrales que se las denomina a la porción de radiación electromagnética que presenta un comportamiento similar, y en teledetección las bandas espectrales más utilizadas son: Espectro visible, Infrarrojo medio y Micro ondas.

Cada sensor tiene un tipo de resolución que es la capacidad de registrar la información en detalle, esta depende de la combinación de todas las partes, hay cuatro tipos de clasificación que son las siguientes:

- Resolución Espacial: medida de la distancia angular o linear más pequeña que puede captar un sensor-superficie de la tierra representada por un pixel; tiene un papel protagonista en la interpretación de la imagen ya que marca el nivel de detalle que ofrece.
- Resolución Espectral: tamaño y número de intervalos de longitud de onda específica del espectro EM que puede ser detectado por el sensor, es decir, indica el número y ancho de las bandas discriminadas por el sensor.
- Resolución Radiométrica: define la sensibilidad del sensor, a su capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe.
- Resolución Temporal: Es la frecuencia de cobertura del sensor, en otras palabras, la periodicidad con la que este adquiere imágenes de la misma porción de superficie.

Es así que cada sensor presenta características únicas, en este caso en el cuadro 2 se dan a conocer las principales características de los sensores remotos utilizados para el análisis del cambio de cobertura vegetal en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo del Departamento de Nariño, período 1987 - 2011, teniendo en cuenta los subsistemas: VNIR que significa visible e infrarrojo cercano, SWIR infrarrojo de onda corta

³⁵ Centro de capacitación en ciencias geográficas. Introducción a la fotogrametría digital. Argentina. 1994.

y TIR infrarrojo termal³⁶, aunque para la clasificación de coberturas del suelo se utilizan las bandas 4-5-3 (VNIR y SWIR) en Landsat y 3-2-1(VNIIR) para Aster.

Cuadro 2. Características de las imágenes Landsat (TM) y Aster.

Sensor	Subsistema	Banda No.	Rango Espectral μm (micrometro)	Resolución Especial	Resolución Radiométrica
TM	VNIR	1	0.45-0.52 μm	30 m	8 bits
		2	0.53-0.60 μm		
		3	0.63-0.69 μm		
		4	0.76-0.90 μm		
	SWIR	5	1.55-1.75 μm	30 m	8 bits
		7	2.08-2.35 μm		
	TIR	6	10.4-12.5 μm	120 m	8 bits
ASTER	VNIR	1	0.52 - 0.60 μm	15 m	8 bits
		2	0.63 - 0.69 μm		
		3N	0.78 - 0.86 μm		
		3B	0.78 - 0.86 μm		
	SWIR	4	1,600 - 1,700 μm	30 m	8 bits
		5	2,145 - 2,185 μm		
		6	2,185 - 2,225 μm		
		7	2,235 - 2,285 μm		
		8	2,295 - 2,365 μm		
		9	2,360 - 2,430 μm		
	TIR	10	8,125 - 8,475 μm	90 m	12 bits
		11	8,475 - 8,825 μm		
		12	8,925 - 9,275 μm		
		13	10,25 - 10,95 μm		
14		10,95 - 11,65 μm			

Fuente: Procesamiento de imágenes de satélite & GIS. 2006.

4.3.7 Procesamiento digital de imágenes (PDI): la interpretación de imágenes satelitales está vinculada a la percepción remota y se trata del procesamiento digital de las mismas. El principal objetivo del procesamiento digital de imágenes es permitir manipular y analizar los datos de imágenes producidas por sensores remotos, de tal forma que sea revelada información que no pueda ser reconocida inmediatamente en la forma original³⁷.

Existen diferentes técnicas que permiten develar la información contenida en las imágenes, algunas son visuales análogas y otras digitales, por medio de instrumentación especializada o el software desarrollado con este propósito. Pero una característica

³⁶ Vargas, Christian Procesamiento de imágenes de satélite & GIS. 2006.

³⁷ ALZATE, B. Introducción a la Percepción Remota e Imágenes Satelitales. 2001; p. 2 – 3.

común es que se requiere de procesos lógicos de detección que permitan identificar, clasificar, medir y relacionar los patrones espaciales presentes en las escenas satelitales.

El procesamiento digital de imágenes reúne métodos y técnicas para el manejo y el análisis cualitativo y cuantitativo de los archivos digitales, con procedimientos como las correcciones topográficas y atmosféricas, el mejoramiento visual y espectral, transformaciones y clasificaciones temáticas que permitan generar información sobre objetos, zonificaciones y fenómenos como respaldo a las ciencias investigativas sobre los recursos de la biosfera.

Si se compara el procesamiento de imágenes análogo y el digital se encuentran ventajas y desventajas en cuanto a los costos y la rapidez y precisión de los mismos. Una de las características más relevantes del PDI es la objetividad, la facilidad matemática y geométrica de los procesos, reduciendo los tiempos; aunque la efectividad de acuerdo a la exactitud temática se ve disminuida por lo que es importante resaltar el trabajo de un intérprete experimentado en la clasificación y análisis visual, sin embargo el proceso es más lento.

El análisis visual de las imágenes permite identificar características que conllevan a la diferenciación y asociación de los objetos presentes en las escenas.; con criterios como el tono, el color, la forma, el tamaño, el patrón, la textura, la sombra y la asociación. El PDI incluye el hardware, software, los insumos y los conocimientos necesarios para llevar a cabo el análisis de las imágenes por medio de algoritmos estructurados que automatizan el proceso.

Además este proceso, permite la elaboración de mapas de cobertura vegetal en una zona de terminada y con esto identificar los cambios que se han presentado, al igual que permite hacer un seguimiento en cada una de las que presentan algún tipo de intervención.

4.4 MARCO LEGAL

En Colombia existen Leyes, Decretos y Resoluciones que contemplan el manejo adecuado y utilización de los diferentes ecosistemas; a continuación se describen los más importantes y relevantes relacionados con el cambio de la cobertura vegetal y el manejo de los ecosistemas estratégicos.

En primera instancia está la Constitución Política Nacional de 1991, que considera el Ordenamiento Territorial como Política de Estado y como un instrumento de planificación, por lo cual se hace indispensable partir de ella para tener en cuenta los procesos de ordenamiento ambiental del territorio, haciendo énfasis principalmente en la problemática de degradación ambiental ocasionada por las comunidades asentadas en las

inmediaciones de ecosistemas frágiles como el de páramo y altoandinos, con el fin de conservar y preservar estos recursos, ya que en la Carta Magna se menciona que todos tenemos derecho a un ambiente sano (artículo 79).

La Ley 99 de 1993³⁸, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan disposiciones encaminadas a la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, para generar una relación de respeto y armonía del ser humano con la naturaleza, determinando políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso, aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible.

En la Ley 99 de 1993 en el aparte de Principios Generales Ambientales, entre otros objetivos se establece el proteger y recuperar las zonas de nacimientos de agua, páramos, estrellas hidrográficas, zonas de recarga de acuíferos y las microcuencas que abastecen los acueductos municipales. Del mismo modo, designa a las zonas de páramo, subpáramo, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos como objeto de protección especial, señalando políticas de investigación científica para el manejo ambiental, este proceso debe realizarse de forma descentralizada, democrática y participativa.

De esta manera se pretende establecer el mejoramiento de la oferta de agua a nivel nacional, para satisfacer las necesidades básicas de la población en términos de calidad, cantidad y distribución espacial. El Ministerio del Medio Ambiente establece el programa para el uso eficiente del agua³⁹, contribuyendo a los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento a través de estrategias educativas donde se involucre la participación de la ciudadanía.

La Ley 388 de 1997⁴⁰, denominada Reforma Urbana, dentro de los objetivos y principios generales de esta ley, en el artículo 3, numeral 2, se encarga de atender los procesos de cambio en el uso del suelo y adecuarlo en aras del interés común, procurando su utilización racional en armonía con la función social de la propiedad a la cual le es inherente una función ecológica, buscando el desarrollo sostenible.

De forma complementaria, en la Resolución 769 del 5 de agosto de 2002⁴¹ emanada por el Ministerio del Medio Ambiente se dictan disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos, se establecieron las medidas de protección, conservación, manejo sostenible y restauración de páramos, determinando

³⁸ COLOMBIA. SISTEMA NACIONAL AMBIENTAL. Ley 99 (22, Diciembre 1993). Por la cual dictan los Principios Generales Ambientales. Bogotá D.C. 1993; p. 3.

³⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Por la cual se genera la Guía de ahorro y uso eficiente del agua. Bogotá D.C. 2002.

⁴⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Ley 388 (18, Julio, 1997) por la cual se dictamina la Reforma Urbana. Bogotá D.C. p. 1-3.

⁴¹ COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Resolución 0769 (5, agosto, 2002). Por medio de la cual se dictan las disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos. Bogotá. p. 1-5.

que las Corporaciones Autónomas Regionales y los grandes centros urbanos, son las responsables de elaborar el estudio sobre el estado actual de los páramos de su jurisdicción, con base en los lineamientos que para el efecto señale el Ministerio del Medio Ambiente, conjuntamente con la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales – UAESPNN, y con el apoyo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC.

En consecuencia a la relación anterior, en el 2003 se formula la Resolución 839⁴², por medio de la cual se establecen los términos de referencia para la elaboración del estudio sobre el estado actual de los páramos y del plan de manejo ambiental, estipulando lineamientos a tener en cuenta para llevar a cabo estas acciones, donde el estudio del estado actual de los páramos es la base para la formulación del Plan de Manejo Ambiental, que determina las condiciones ambientales y socioeconómicas.

Esta Resolución formulada en 2003, establece en primer lugar una línea base biofísica, socioeconómica y cultural de los ecosistemas de páramo para la gestión, manejo y seguimiento de estos ecosistemas, en segundo término se realizará un diagnóstico y evaluación integral de los elementos identificados en la línea base y se determinarán las medidas de manejo para su conservación, restauración y la orientación de uso sostenible. Por último, obtener una zonificación ambiental para el ordenamiento y establecimiento de las medidas de manejo para el uso sostenible, conservación y restauración de los ecosistemas de páramo y sus recursos asociados.

Complementariamente, el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial formuló el Programa Nacional para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de alta montaña Colombiana en febrero de 2002⁴³, que orienta la gestión ambiental en ecosistemas de páramo y adelanta acciones para su manejo sostenible, donde se ha teniendo en cuenta el objetivo principal que plantea, que es el de orientar a nivel nacional, regional y local la gestión ambiental en ecosistemas de páramo y adelantar acciones para su manejo sostenible y restauración, mediante la ejecución de los siguientes subprogramas:

- Generación de conocimiento y socialización de información sobre la ecología, la diversidad biológica y el contexto sociocultural en los ecosistemas de páramo.
- Planificación ambiental del territorio como factor básico para avanzar hacia el manejo ecosistémico sostenible.
- Restauración ecológica en ecosistemas de páramo.
- Identificación, evaluación e implementación de alternativas de manejo y uso sostenible de los ecosistemas de páramo.

⁴² COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Resolución 0839 (Agosto, 2003) por la cual se establecen los lineamientos para el Estudio del Estado Actual de los Paramos (EEAP). Bogotá. p. 1-6.

⁴³ COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Programa Nacional para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de alta montaña en Colombia. Bogotá. 2002.

5. METODOLOGÍA

Para lograr alcanzar los objetivos planteados de la investigación sobre el cambio de uso y cobertura del suelo en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo del Departamento de Nariño, período 1987 - 2011, se estableció un diseño metodológico que contiene cuatro fases: la recopilación de información, el análisis e interpretación de imágenes satelitales y fotografías tanto aéreas como panorámicas, trabajo de campo y el análisis final de resultados. La descripción de cada una de estas fases se da a conocer a continuación.

5.1 FASE UNO: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Esta fase presenta dos actividades fundamentales: revisión de la información secundaria y la identificación de cartografía, aerofotografías e imágenes satelitales que contribuyeron a definir y establecer los límites del área de estudio y elaborar el diagnóstico físico biótico del área de estudio.

5.1.1 Revisión de la información secundaria: de conformidad con este proceso, se realizó la búsqueda de información secundaria y se seleccionó la bibliografía más acorde con este estudio, para su análisis y descripción, precisando toda la información posible acerca del área de estudio, para conocer los antecedentes del tema de investigación y el estado actual como los hallazgos de investigaciones anteriores y los resultados obtenidos en estudios previos.

En un primer momento, se realizó una síntesis sobre el contenido de la información obtenida tanto documental como cartográfica, digital o análoga, de donde se obtuvieron así las aproximaciones acerca del tema de investigación y un conocimiento de la zona de estudio con las características fisiográficas y los límites del área de estudio.

En este sentido, se consultó principalmente el Plan de Manejo del Páramo de Chiles realizado en el 2007, el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Cumbal del 2004 y el Estudio del Estado del Arte de los Páramos de Nariño, que contribuyeron a la elaboración y estructuración del diagnóstico Físico-Biótico y Socioeconómico, donde se establecieron las condiciones sobre el estado actual de la cobertura vegetal, los usos del suelo, las formaciones geológicas, la geomorfología, climatología, hidrografía y una aproximación de las actividades socioeconómicas y caracterización de la población que hace parte de la zona de estudio del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo del Departamento de Nariño.

Para la obtención de estas fuentes bibliográficas se acudió a entidades como CORPONARIÑO, Alcaldía municipal de Cumbal, Universidad de Nariño, Resguardos Indígenas de la zona de estudio y diversas páginas consultadas en la Web.

La información secundaria fue clave para la estructuración y elaboración del diagnóstico físico-biótico, donde se describen de manera general las características geológicas,

geomorfológicas, climatológicas y socioeconómicas del área de estudio, siendo este el primer objetivo específico de la investigación.

5.1.2 Identificación de cartografía, aerofotografías e imágenes satelitales: en esta etapa fue indispensable identificar y analizar la cartografía con la cual se contaba para la elaboración del mapa base topográfico, aunque esta se caracterizó por la escasez de información detallada y actualizada de la zona de estudio. La carencia de esta información se convirtió en un limitante inicial para el análisis, manejo, procesamiento de la información cartográfica y de sensores remotos disponibles, ya que el vacío cartográfico existente corresponde a zonas de difícil acceso acompañado de las condiciones climáticas de lluvia y neblina permanente.

A continuación se describe de manera detallada la información con la cual se contó para la elaboración de la cartografía base del área de estudio.

El material topográfico análogo de la zona de estudio a escala 1:25.000 existente en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), territorial Nariño no está actualizado ya que corresponden al año 1967; en lo correspondiente a las planchas topográficas No. 447 ID y 447 IIC, existe un vacío cartográfico en la zona sur-occidental y nor-occidental del área de estudio, correspondiendo a las áreas de páramo, al volcán Chiles, al Cerro Negro, al sector de Marpi y al límite internacional con el Ecuador.

El estado de la cartografía existente implicó reorganizar la información, ajustar y actualizar los elementos geográficos que se encuentran en el territorio, con el fin de mejorar los resultados del proyecto en cuanto a un ambiente SIG, para integrar la información en una Geodatabase.

Esta etapa consistió en la búsqueda de las imágenes satelitales disponibles en la web en la página de Global Land Cover Facility – Earth Science Data Interface (ESDI) y que se sean de buena calidad, es decir que la nubosidad sea menor al 10% y la resolución espectral sea la adecuada, de tal forma que la radiación solar reflejada por la superficie terrestre sea visible al ojo humano y que las imágenes estén en óptimas condiciones para el proceso de la clasificación e identificación de los diferentes tipos de cobertura vegetal en el Software Erdas Image.

Para la adquisición de las imágenes satelitales se tuvo en cuenta tres aspectos principales que son la fecha de toma de la imagen, la resolución espectral de la imagen y la mínima cantidad de nubes y bruma presentes en ella, con el fin de mejorar los resultados y no alterar los productos del análisis multitemporal.

De esta manera se logró obtener cuatro (4) imágenes satelitales, de las cuales tres (3) son Landsat de los años 1987, 1997 y 2002, y una Aster del año 2011, todas estas imágenes están en el sistema de coordenadas WGS 84, por lo que fue necesario reproyectarlas al sistema de coordenadas utilizadas para Colombia. Dichas imágenes se establecieron como la base primordial para lograr el objetivo general planteado dentro de la investigación, en el cuadro 3 se dan a conocer algunas características de dichas imágenes.

Cuadro 3. Imágenes de la investigación.

IMAGEN TIPO	SENSOR	RESOLUCIÓN ESPACIAL(m)	FECHA DE TOMA
Landsat 4	TM	30x30	29-11-1987
Landsat 5	TM	30x30	29-09-1997
Landsat 7	ETM+	30x30	12-04-2002
Aster	Aster	15x15	22-03-2011

Fuente: esta investigación

Estas imágenes pueden ser utilizadas para la cartografía temática a escalas 1:50.000 y menores, en aspectos relacionados con coberturas vegetales, embalses, suelos, entre otros, lo que permite facilitar los procesos de identificación de los diversos tipos de cobertura.

5.1.3 Elaboración del mapa base topográfico: para la realización del mapa base, se utilizó un Modelo Digital de Elevación (DEM SRTM) de resolución 30 m. que hace parte de la mapoteca del grupo de investigación TERRA el cual fue facilitado con el fin de mejorar la información presentada en el proyecto, y que además ya estaba debidamente georeferenciado, aunque fue necesario realizar correcciones mínimas de los sumideros que son zonas de desagüe natural.

Las correcciones aplicadas en este DEM se las hizo mediante el uso de las herramientas Fill, Sink y Skin del Software Arc Gis 9,3. Posteriormente se realizó el corte que cubriera el total del área de estudio, y finalmente se lo utilizó para generar de la red de drenaje y las curvas de nivel cada 50 metros, utilizando las herramientas del Software mencionado.

La red de drenaje generada presenta un cierto margen de error, debido a la gran diversidad que presenta el relieve, ya que existen zonas de una pendiente muy pronunciada, por lo que fue necesario corregirla mediante las imágenes satelitales y los recorridos por la zona de estudio. La red hidrográfica que se obtuvo obedece a los órdenes de corriente 4, 5, 6 y 7, los cuales fueron editados mediante el cuadro de atributos para la asignación de los nombres de ríos y quebradas.

Una vez realizado este proceso, se hizo la delimitación de la zona de estudio, teniendo en cuenta para ello límites arcifinios como ríos, quebradas y carreteras, además de las curvas de nivel, llegando a establecer un total del área de estudio de 20.642 hectáreas. Para la toponimia se acudió a la información básica presentada en la cartografía del Plan de Manejo y Plan de Acción para la Conservación del Páramo de Chiles, 2004; y de los lugares de donde la información era nula, se acudió a habitantes de la región y mediante los recorridos por la zona de estudio se complementó y actualizó lo requerido.

Otra fuente de información cartográfica utilizada para esta investigación fue el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cumbal 2004-2013, Cumbal Cosmovisión de Primera Raza, el cual presentó una serie de mapas temáticos a nivel muy general, a escala 1:25.000, donde la base cartográfica siguió siendo el IGAC, relacionada anteriormente.

La información representada en el mapa base topográfico generado con las fuentes ya mencionadas y con la utilización del DEM se constituyó en una herramienta básica y válida para un primer acercamiento hacia el reconocimiento del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo, y con base en esta información se generaron los mapas temáticos como los de cobertura del suelo para el año 2011, los mapas multitemporales de cambio de cobertura del suelo mediante la clasificación e interpretación de imágenes satelitales de los años 1987 a 1997, 1997 a 2002, 2002 a 2011 y de 1987 a 2011, también se generó y se ajustó el mapa de división político administrativo (resguardos indígenas), el mapa de sectorización hídrica, un mapa de las zonas afectadas por quemas para el año 2011 y un espaciograma.

La cartografía presentada en este estudio está en un sistema de coordenadas Magna Colombia Oeste y el Datum MAGNA SIRGAS, que son las oficiales para Colombia y establecidas por el IGAC, además esta información está contenida dentro de una Geodatabase de manera digital con extensión shp de ArcGis.

Con respecto a la identificación y adquisición de las fotografías aéreas, en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) territorial Nariño, se encontró que estas poseían una alta nubosidad, lo que no permite tener un nivel de detalle adecuado para identificar los diferentes elementos geográficos y el tipo de cobertura del suelo, de tal manera que se decidió no adquirirlas.

Las fotografías aéreas que cubren la zona de estudio, registran fechas de vuelo por períodos, de los años 1991 a 1995, las cuales, se relacionan con los siguientes números de vuelo:

C 2570-39-95 / S 37338	040-056, C 2578-39-95 / S 37337	025-039
C 2541-40-94 / S 37007	155-172, C 2517-34-93 / S 36742	121-135
C 2517-36-93 / S 36741	120-105, C 2463-14-91 / S 36232	107-136

Debido a la problemática mencionada, se recurrió a la utilización fotografías panorámicas tomadas en zonas estratégicas durante los recorridos realizados por la zona de estudio, a fin de complementar la información presentada en esta investigación, además se contó con algunas fotografías aéreas que no presentaban grandes zonas cubiertas por nubes y que están disponibles en la mapoteca del grupo de investigación TERRA.

5.2 FASE DOS: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

En esta etapa fue indispensable la utilización y manejo adecuado de aerofotografías e imágenes satelitales, identificando cuáles son los cambios de cobertura del suelo para el período comprendido entre 1987 - 2011, estas herramientas proporcionaron una visión

más amplia de la dinámica del suelo en los últimos años, en donde se registraron los cambios de las coberturas vegetales en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo, siendo éstos cambios una de las principales problemáticas ambientales de la zona.

5.2.1 Procesamiento de imágenes satelitales: para el logro de esta actividad se recurrió a la utilización del software especializado (ARC GIS Versión 9,3 y ERDAS IMAGE), que se hace indispensable dentro de la investigación puesto que ayudó a identificar los tipos de cobertura, mediante la selección de píxeles que hacen parte de un mismo tipo de cobertura, para el posterior análisis e identificación en campo de la veracidad de información representada en la clasificación preliminar.

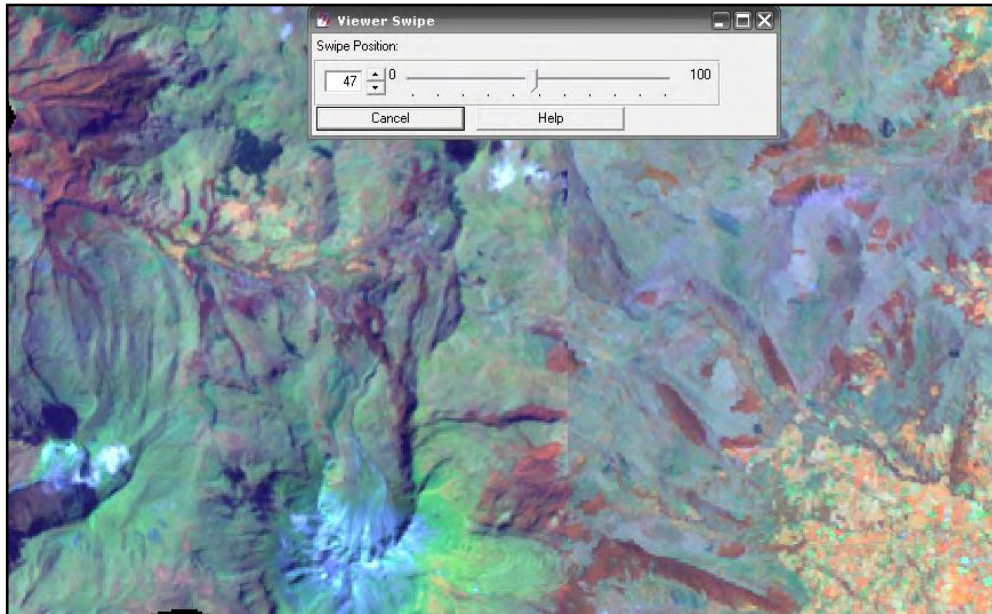
A continuación, se describen los procesos realizados para la clasificación, interpretación y análisis de las diferentes imágenes de satélite adquiridas y utilizadas para esta investigación.

El primer paso para el procesamiento de las imágenes Landsat, consistió en la unión de las bandas que están en formato .TIF y se las cambia a formato .IMG; para el caso de la imagen Landsat TM 4 de 1987 consta de 7 bandas, la imagen Landsat TM 5 de 1997 consta de 7, la imagen Landsat ETM+ 7 del 2002 de 8 bandas y para la imagen del 2011 que consta de 14 bandas, sólo se utilizaron las bandas NVDI que sirven principalmente para identificar y clasificar tipos de cobertura, las bandas del sensor ETM+ (Thematic Mapper) de Landsat poseen una resolución espacial suficiente como para obtener salidas cartográficas temáticas incluso a escala 1:25.000 ya que es un Mapeador Temático que posee las posibilidades de su antecesor, el TM, pero mejorado en su concepción técnica: una banda 8 pancromática y una banda térmica, de 15 y 60 metros de resolución espacial, respectivamente. Por su parte la imagen Aster es de resolución en el espectro electromagnético de 15 por 15 metros en cada píxel, de manera que se identifican más claramente las coberturas vegetales, haciendo más visibles las tonalidades de cada una de estas.

Es importante tener en cuenta que para la realización de un estudio multitemporal, se debe aplicar otros procesos además de las mejoras espectrales que se le realiza usualmente a una imagen satelital, de tal manera que se debe realizar mejoramientos radiométricos y topográficos a las imágenes; y dependiendo de la precisión con la cual se realiza este procedimiento se obtendrá la precisión en los mapas de coberturas y por ende en los mapas de cambios multitemporales.

5.2.2 Corrección de corrimiento entre imágenes y georeferenciación: esta corrección consiste en empalmar de manera exacta las cuatro imágenes satelitales y el DEM como lo demuestra la figura 4. La corrección se realizó mediante la utilización del Software Erdas, donde fue necesario convertir las imágenes Landsat a un solo tipo de resolución utilizando la herramienta Spatial/Resample Pixel Size, teniendo como base el DEM con una resolución de 30,56 m y se homogenizaron las imágenes a la resolución de este Modelo Digital de Elevación.

Figura 4. Empate de Imágenes.



Fuente: esta investigación

En la anterior imagen se muestra del lado derecho la imagen del año 2002, mientras del lado izquierdo está la imagen de 1997, cabe mencionar que para efectos de visualización de verificación de la total coincidencia, a la imagen más antigua se le cambio la combinación de las bandas.

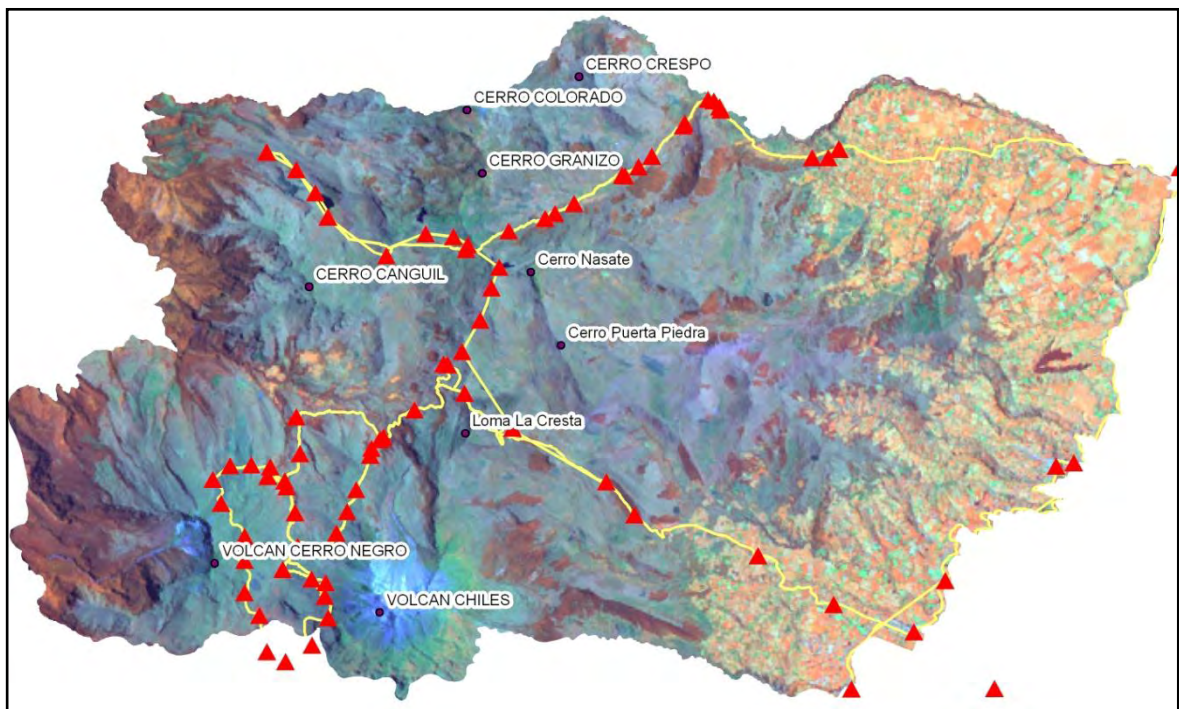
Luego de este proceso, se realizó la rectificación y georeferenciación de las imágenes satelitales, en este sentido el primer proceso es la conversión de las coordenadas del archivo de datos a otro tipo de grilla y sistema de coordenadas, denominado sistema de referencia; por otro lado la georeferenciación se refiere al proceso de asignar un tipo de coordenadas a los datos originales de la imagen, de tal manera que involucra cambiar solamente la información de las coordenadas mas no se constituye en una corrección geométrica.

En este sentido, las imágenes al momento de descargarlas desde la web están en un sistema de coordenadas WGS 84, diferente al utilizado en Colombia, Magna Sirgas. Cabe mencionar que la imagen 2002 ya contaba con un sistema de georeferenciación, lo que permitió utilizarla como base para georeferenciar las imágenes de 1987 y 1997 que son del sensor remoto ETM de Landsat 4/5, y para la imagen Aster de 2011, el procedimiento difirió del mencionado anteriormente debido a que los satélites Aster y Landsat presentan una diferencia en cuanto la cantidad de bandas (14 y 8 respectivamente), lo que hace que las imágenes tipo Aster sean de mayor resolución espacial, es decir de 15 m por pixel y con respecto a Landsat es de 30m por pixel; también la localización de los satélites y el ángulo de toma de las imágenes.

Se comprobó la precisión del ajuste a través de puntos de control obtenidos con GPS durante el recorrido de campo y ampliar la exactitud y disminuir el margen de error de la georeferenciación.

Los puntos considerados para la georeferenciación fueron fundamentalmente puntos que no varían en el tiempo como cruces de caminos, desembocadura de quebradas, entre otros. Se tomaron cerca de 30 puntos de control, con un nivel de error medio cuadrático inferior a 0.60 m. Eliminandose todos aquellos puntos de control que tuvieran un error superior al píxel. Los pares de puntos de control son empleados para calcular los coeficientes del sistema polinomial mediante el cual se realiza la transformación de coordenadas a la nueva imagen corregida, de manera que esta nueva imagen consta de mayor precisión, georeferenciada y ortorectificada.

Figura 5. Puntos tomados en campo para la Georeferenciación.



Fuente: esta investigación

5.2.3 Corrección radiométrica y topográfica: para este tipo de estudios multitemporales es necesario eliminar las distorsiones provocadas por la interferencia de la atmósfera en la radiación reflejada por la superficie, para ello se llevó a cabo correcciones radiométricas que tratan de acercar los niveles digitales originales a los que habría en caso de una recepción ideal. Las distorsiones radiométricas pueden ser generadas por varios aspectos, entre los cuales están: la oscilación de la plataforma, tiempo de barrido, rotación de la Tierra, distorsión panorámica, curvatura de la tierra, pérdida de líneas o celdas, bandeado, efecto atmosférico. Es importante mencionar que este proceso de

corrección sólo se lo realiza para imágenes Landsat, ya que para las de tipo Aster la corrección es diferente.

Ahora se procede a realizar la corrección u optimización de los datos satelitales mediante correcciones geométricas y atmosféricas, donde el ajuste geométrico entre las imágenes bajo estudio se realizó tomando como imagen base a la imagen Landsat ETM+ del 2002, previamente orto georeferenciada, el sistema de referencia corresponde a la proyección cartográfica SIRGAS Magna Colombia Oeste, con Datum base WGS84 (Fuente USGS/GLCF).

Para esta corrección fue necesario la utilización de de la herramienta ATCOR, ATCOR2 Derive Terrain Files, que es una extensión de Software Erdas para realizar las correcciones topográficas. Esta herramienta calcula la pendiente, elevación, y otras variables, generando mapas de pendientes, aspecto y sombras. Para el proceso de corrección se utilizó el modelo de elevación digital (DEM), las imágenes Landsat y los metadatos de estas.

Cuando ya se generaron los mapas de pendientes, aspecto y sombras, se procedió a desplegar la herramienta ATCOR3 Workstation del módulo ATCOR donde se creó un nuevo proyecto para la corrección de bruma. Luego de introducir algunos archivos y datos al programa, se indica al software que realice la corrección de bruma con la herramienta Haze Correction la cual elimina la presencia de neblina dentro de la escena.

En cuanto a las distorsiones atmosféricas, estas se presentan por el contenido de aerosoles que causan un efecto de dispersión provocando el incremento de la radiancia detectada por el sensor. Este efecto de la dispersión no es constante ni en el tiempo ni el espacio, debido a ella las correcciones generales que se utilizan sobre las imágenes solo son aproximaciones, que las realiza el Software Erdas.

La variabilidad de la resolución espacial de los datos Aster, entre la región del VNIR (15 m) y la de las imágenes Landsat (30 m), hizo necesario remuestrear y homogenizar el tamaño de píxel con el fin de originar una nueva imagen, con tamaño de píxel de 30,56 m, de tal manera que las tres imágenes Landsat, el Modelo digital de Elevación (DEM) y la imagen Aster quedaron con un tamaño de píxel de 30,56 m, lo que facilita el proceso de clasificación y similitud entre las imágenes, aunque se pierde la resolución espacial de imagen Aster.

De tal manera, a la imagen Aster 2011 se le hizo un proceso de ortorectificación de la imagen, que consistió en eliminar con precisión las distorsiones de la imagen utilizando el modelo digital de elevación (DEM), ya que estas imágenes presentan un desplazamiento del terreno que puede producirse como consecuencia de errores al establecer la elevación de referencia, bajos ángulos de elevación de las imágenes, modelos imperfectos del terreno, y variabilidad del ángulo azimutal y de elevación, lo que limita el potencial de precisión si se intenta la ortorectificación de la imagen.

Para la imagen Aster 2011 el proceso de corrección geométrica se basó en el ajuste de los valores de las coordenadas al sistema de referencia (Magna Colombia Oeste) con el cálculo de polinomios de primer grado, se transfirieron los niveles digitales (ND) a las

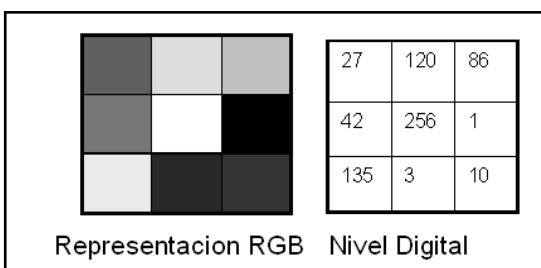
coordenadas cartográficas establecidas, eligiendo como método el vecino más cercano, que supone menor transformación de los ND originales, Chuvieco⁴⁴.

En cuanto a las correcciones radiométricas y la conversión de los niveles digitales (ND) a valores de radiancia para la posterior transformación a reflectividad, se tuvo en cuenta el mismo objetivo utilizado para las imágenes Landsat; aunque no se utilizó un módulo como el de ATCOR, para ello se aplicó el método propuesto por Chávez⁴⁵ basado en el objeto más oscuro, cuya propuesta inicial fue realizada 1975 y mejorada en 1988 y 1996. El punto de partida del método consiste en asumir que las áreas cubiertas con materiales de fuerte absorptividad como superficies de agua, zonas con sombra, deberían presentar una radiancia espectral muy próxima a cero. En la práctica el Histograma de los ND de la imagen siempre presenta un mínimo superior a ese valor, que se atribuye al efecto de dispersión atmosférica. Así mismo se observa que ese valor mínimo es mayor en las bandas más cortas, disminuyendo hacia el IRC y SWIR.

Este método consiste en sustraer los valores más representativos de esas diferencias en cada banda, en todos los píxeles de la escena, además, resulta muy sencillo y es válido para estimar el espesor atmosférico de aerosoles. Esta técnica es utilizada en datos multiespectrales, pero no debe usarse para los datos hyperspectrales.

Los niveles digitales hacen referencia a un valor numérico discreto asignado por el sistema formador de imágenes a cada celda en respuesta a la radiancia recibida sobre el plano focal del sensor. Se le conoce asimismo como nivel de gris, luminancia, número digital, valor de pixel, etc. Existe una relación lineal entre el ND grabado y la radiancia correspondiente a cada celda de terreno. El número de ND está desde 0 a 256, donde el valor más aproximado a cero equivale a una tonalidad oscura (negro) y cuando el valor es de 255 el color será blanco, como lo indica la figura 6.

Figura 6. Niveles digitales.



Fuente: Chuvieco 2002.

Los valores de los píxeles en las imágenes satelitales expresan la cantidad de energía radiante recibida por el sensor en la forma de valores relativos no calibrados simplemente llamados Números Digitales (ND) o brillo. Para muchas de las aplicaciones en la

⁴⁴ Chuvieco, E. 2002. Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Ariel, Madrid. 586 p.

⁴⁵ Chuvieco, E. 2002. Teledetección Ambiental. 1ª edición revisada ed. Editorial Ariel, S.A, Barcelona. España.

teledetección como la clasificación de una imagen usando clasificación no supervisada, no es necesario convertir estos valores, en este caso por ser una clasificación de tipo supervisada y donde se trata de realizar comparaciones entre imágenes de distintas fechas, se hicieron las correcciones de los datos de manera que sean comparables⁴⁶.

La radiancia medida por el sensor depende de la radiancia solar al tope de la atmósfera, por lo cual debe normalizarse a reflectancias para poder comparar valores entre fechas diferentes, de manera que se debe tener en cuenta la fecha exacta de toma de la imagen, para calcular el día Juliano y obtener el valor de la distancia al sol en unidades astronómicas, y el tipo del sensor. La ecuación usada para calcular las reflectancias es: $\rho(\lambda) = L\pi * d^2 / E_i(\lambda) * \cos(\theta)$, automáticamente realiza la corrección.

Donde:

$\rho(\lambda)$ Reflectancias al tope de la atmósfera

L Radiancia

d Distancia tierra-sol

$E_i(\lambda)$ Irradiancia solar

θ Angulo cenital solar

El calendario juliano es un método para identificar el día actual a través de la cuenta del número de días que han pasado desde una fecha pasada. El número de días se llama *día juliano* (DJ). El origen, DJ=0, es el 1 de enero de 4713 A.C. (o 1 de enero de -4712, ya que no hubo año 0). De manera que hecho este cálculo para cada una de las imágenes se obtuvo el día juliano.

El procedimiento siguiente es la corrección del histograma por sus valores mínimos, donde se asumió que el Nivel Digital (ND) mínimo en los canales visibles, especialmente el rojo corresponde a zonas de agua limpia y profunda como lagunas o algunas nubes presentes en la imagen satelital. Cuando hay ausencia de un efecto atmosférico el valor fue de cero. El proceso de corrección consistió en restar de todos los ND de cada banda el ND mínimo, que de manera automática lo desarrolla el Software Erdas.

El último paso de corrección de las imágenes satelitales es la corrección topográfica, que permite compensar las diferencias de iluminación solar, debidas a la variación altitudinal del terreno. Las zonas de umbría presentaban menor reflectividad de lo que debieran, mientras que las zonas en solana presentan una reflectividad más alta de lo esperado.

⁴⁶ Brizuela, A; Aguirre, C; Velasco, I. Aplicación de métodos de corrección atmosférica de datos Landsat 5 para análisis multitemporal. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

Cuadro 4. Día Juliano imagen Aster.

Fecha de toma de la Imagen	Día Juliano (JD)	Distancia al Sol d (En Valores Astronómicos)
22 – Marzo - 2011	82	0,925517

Fuente: esta investigación

El proceso de ortorectificación utilizado es de de Cubic Convolution (Convolución Cúbica) en el Software Erdas, que es similar a otras herramientas para orto corrección de imágenes Aster como la de interpolación bilineal, de manera que un conjunto de 16 pixeles, en un arreglo de vecindad de 4 x 4, se promedia para determinar el nivel digital de salida, y una aproximación de función cúbica, en lugar de lineal, se aplica los 16 valores de entrada, para identificar los 16 pixeles en relación con la coordenada re transformada.

Para la imagen Aster, también incluyó realizar la calibración radiométrica mediante los algoritmos genéricos implementados en diferentes aplicaciones comerciales. La razón de este problema estriba en que, aunque leen el formato HDF en lo que se refiere a la visualización de las imágenes, no hacen lo propio con los metadatos asociados a los valores de calibración radiométrica para cada banda de la imagen. Por tanto, utilizan un valor teórico en vez del real (facilitado en la propia escena), de manera que, al momento de unir las bandas de la imagen Aster sólo se unen 9 bandas y no las 14 que la comprenden, es decir que se incluyen las bandas VNIR en las dimensiones visible e infrarrojo cercano (1-3), SWIR en la dimensión infrarrojo de onda corta (4-9) y se excluyen las TIR en la dimensión infrarrojo térmico (10-14).

5.2.5 Elaboración de la leyenda para los mapas de cobertura vegetal: para la obtención de los mapas de cobertura vegetal de imágenes satelitales de los años ya mencionados, fue necesario adaptar la metodología de Corine Land Cover. Metodología que fue diseñada en Europa y que para esta investigación se adaptó la del estudio de la cuenca del Cauca y Magdalena en Colombia y la original que fue utilizada para un gran número de estudios de coberturas y cambios multitemporales en muchos países Europeos.

El proceso de adaptación de la metodología Corine Land Cover consistió también en establecer un área mínima de mapeo, la cual se realizó teniendo en cuenta la escala de trabajo (1:25.000) y el área de estudio (22.642 has), de tal manera que las unidades o polígonos menores a 6 Has no están representadas en los mapas de cobertura vegetal.

Hecho esto, se procedió a realizar la leyenda para los mapas de cobertura vegetal teniendo en cuenta la establecida en Colombia y posteriormente se realizó una nomenclatura para su fácil comprensión y explicación, además se presenta a continuación

un cuadro de la leyenda con los respectivos números de representación en cada uno de los colores, quedando así:

Cuadro 5. Leyenda adaptada de Corine Land Cover para esta investigación

CORINE LAND COVER	CÓDIGO	COLOR		
		R	G	B
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	TA			
1.1. Zonas Urbanizadas	TAu			
1.1.1. Tejido Urbano Continuo	TAuc	255	0	0
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	AG			
2.1. Pastos	AGp			
2.1.1. Pastos Limpios	AGpl	204	255	204
2.2. Áreas Agrícolas Heterogéneas				
2.2.1. Mosaico de Pastos y Cultivos	AGhm1	255	230	166
2.2.2. Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	AGhm3	254	181	0
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMI NATURALES	BN			
3.1 Bosques				
3.1.1. Bosque Natural Denso	BNbd	72	144	0
3.1.2. Bosque Natural Fragmentado	BNbf	128	255	0
3.1.3. Bosque Plantado	BNbp	0	115	76
3.2. Áreas con Vegetación Herbácea y/o Arbustiva				
3.2.1. Arbustos y Matorrales (Bosques Achaparrados)	BNam	255	128	128
3.2.2. Vegetación de Páramo	BNap1	0	255	166
3.2.3. Vegetación Rupícola	BNar	255	175	175
3.3. Áreas Abiertas, sin o con poca Vegetación	BNr			
3.3.1. Afloramiento Rocoso	BNrr	194	194	194

4. ÁREAS HÚMEDAS	AH			
4.1. Turberas	AHt	77	145	255
5. SUPERFICIES DE AGUA	SA			
5.1 Aguas Continentales	SAC			
5.1.1. Lagunas	SAcl	69	224	255

Fuente: esta investigación

5.2.6 Clasificación de la cobertura del suelo de las imágenes satelitales: culminado el proceso de corrección de las cuatro imágenes satelitales, se procedió a hacer la clasificación de la imagen más reciente, en este caso del 2011, realizando una previa selección de las bandas adecuadas para mejorar la visibilidad de los píxeles de las imágenes satelitales que se lo obtuvo al hacer el factor óptimo (OIF), calculando las estadísticas de las imágenes mediante el análisis de la ecualización de los histogramas.

La realización del OIF sirvió para realizar la identificación de las categorías a definir en cada una de las imágenes, es así que se crearon composiciones de bandas a color verdadero y falso color, donde se hizo el cálculo usando la varianza y la correlación de cada banda, de manera que se hacen todas las combinaciones posibles para cada imagen, de este cálculo resultaron las siguientes combinaciones RGB que se dan a conocer en el cuadro 6.

Cuadro 6. Combinación de bandas para la clasificación de coberturas.

MAGEN	COLOR		
	ROJO (R)	VERDE (G)	AZUL (B)
Aster de 2011	3	2	1
Landsat TM 7 de 2002	4	5	3
Landsat TM 5 de 1997	4	5	3
Landsat TM 4 de 1987	4	5	3

Fuente: esta investigación

En todos los casos, las composiciones a color, fueron realizadas con un estiramiento del rango de valores basado en el histograma de frecuencias y no se contabilizaron los

pixeles con valor de cero. De este modo la composición resultante posee un alto contraste y por lo tanto es fácil la interpretación visual.

Después de haber hecho este procedimiento de corrección de las imágenes satelitales y del modelo digital de elevación, se definió una sub-escena correspondiente al área de estudio para hacer el recorte sobre las imágenes, de manera que quedó el corte por el lugar donde se establecieron los límites para la investigación, permitiendo facilitar la clasificación e interpretación de las diferentes coberturas identificadas, este proceso de corte se realizó utilizando el Software Erdas.

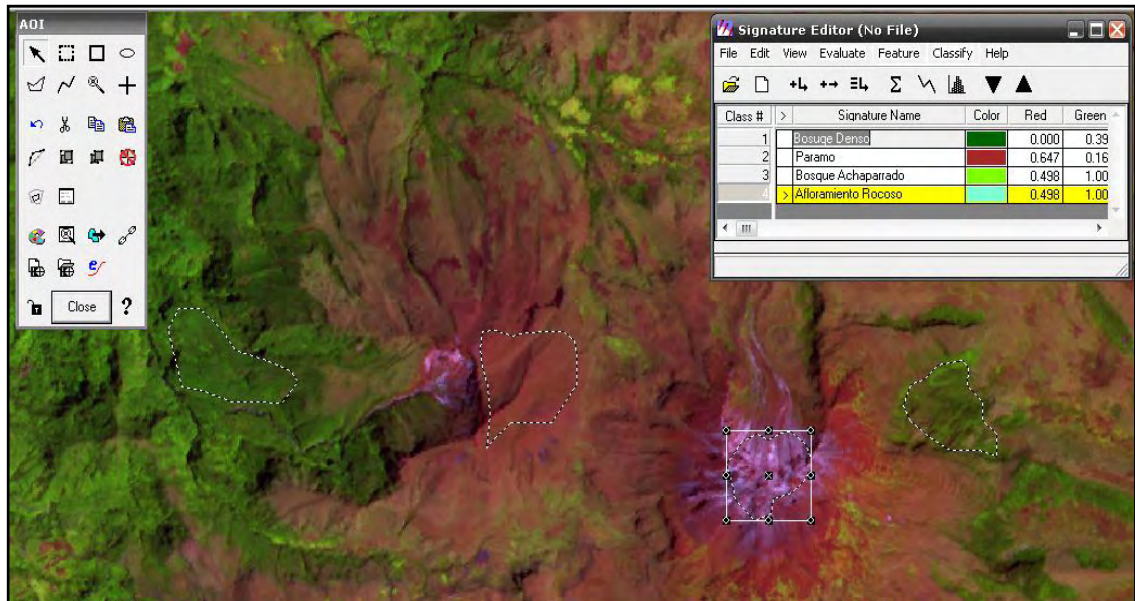
Ahora, hecho este proceso se continuó con la clasificación previa de la imagen Aster del 2011. La clasificación que se realizó en este estudio es de tipo supervisada, de manera que para la selección de polígonos se debe tener un conocimiento previo del área de estudio, sea por reconocimientos de campo, sea por consulta de mapas, fotografías aéreas o panorámicas, etc. Este proceso se describe a continuación:

Para empezar el procedimiento de clasificación supervisada apoyados en el Software Erdas a partir del clasificador de máxima verosimilitud (herramienta classifier), se identificó y seleccionó áreas de entrenamiento, en esta etapa se seleccionaron áreas de identidad conocida de la cubierta terrestre de interés como cultivos, pastos, bosques, vegetación de páramo, entre otros, donde las áreas (polígonos) que se consideran representativas de las distintas clases o tipo de respuesta espectral de interés, permiten identificar los diferentes tipos de cobertura dependiendo de la tonalidad de los pixeles.

Las áreas identificadas fueron delineadas sobre la imagen satelital bajo formas de rectángulos o polígonos, según muestra la forma en la imagen un determinado tipo de cobertura, cuyos datos numéricos quedan archivados en la base de datos constituyendo los datos de las diferentes coberturas, proceso que fue efectuado probando la correcta existencia de una u otra clase en cada una de las combinaciones anteriormente descritas.

La figura 7 muestra un ejemplo de la selección de áreas de entrenamiento para la clasificación de la imagen satelital, es así que del lado occidental (izquierda) de la imagen está seleccionada una cobertura que corresponde a bosque natural denso, más a la derecha en las estribaciones del volcán Cerro Negro está seleccionada una cobertura de vegetación de páramo, más a la derecha de la figura 7 en la cima del volcán Chiles está seleccionada un área que pertenece a un afloramiento rocoso. La imagen sobre la cual se hace la representación de los ejemplos mencionados corresponde al año 2002.

Figura 7. Selección de áreas (Polígonos) de clasificación supervisada.



Fuente: esta investigación

Después de hacer el respectivo entrenamiento se hizo la clasificación de la imagen actual, seleccionando de la misma manera áreas o polígonos que hacían parte de coberturas diferentes siguiendo los parámetros de tonalidad de los píxeles y basados en la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, de donde se la ajustó a esta investigación con el propósito de cumplir con los objetivos planteados, de manera que se estableció la leyenda con los diferentes tipos de coberturas vegetales, el código de identificación y el color asignado para cada cañón RGB.

La clasificación previa se realizó teniendo en cuenta la leyenda establecida para esta investigación, pero esta fue de manera muy general ya que no se contaba con información cartográfica que contribuyera a mejorar la interpretación, de manera que se hicieron tres recorridos de campo con el fin de verificar la veracidad del procesamiento digital y se pudo constatar y complementar la leyenda y las coberturas del suelo.

Esta clasificación estuvo sujeta a la introducción de errores debido a fenómenos naturales y a geformas del terreno, siempre existen clases compuestas de píxeles espectralmente similares, pero que pertenecen a distintas unidades. Por lo que las correcciones necesarias de realizar fueron de manera manual, teniendo en cuenta la información recolectada durante el proceso de trabajo de campo de la investigación y utilizando el software ArcGis 9,3.

La clasificación trata de anexar cada uno de los píxeles de la imagen a una de las clases previamente seleccionadas. Esta asignación se realiza en función de los niveles digitales de cada píxel para cada una de las bandas que intervienen en el proceso. Fruto de esta fase será una nueva imagen, cuyos niveles digitales expresen la categoría temática a la que se ha adscrito cada uno de los píxeles de la imagen original Chuvieco⁴⁷.

Este proceso se lo realizó mediante una clasificación supervisada como se ha comentado anteriormente, utilizando el Software Erdas. Obtenida la imagen clasificada se han simplificado los resultados de la clasificación aplicando un filtro. El proceso de filtrado (Neighborhood) consiste en aplicar una matriz de (3 x 3), (5 x 5), (7 x 7), etc., elementos a todos los píxeles de la imagen de modo que se realice una Convolución que hace referencia a la relación de cada píxel con sus vecinos según unos determinados coeficientes, con respecto a los vecinos del píxel (8, 24, 48 vecinos, según el tamaño de la matriz). El resultado de esta operación sustituye al píxel central considerado; el proceso se repetirá para todos los píxeles de la imagen.

Las técnicas de filtraje, recodificación y eliminación, están destinados a suavizar o reforzar los contrastes espaciales de las imágenes, de tal forma que los niveles digitales de la imagen se asemejen o diferencien más de los correspondientes a los píxeles que les rodean.

El proceso de generalización consiste en acondicionar los píxeles temáticos encontrados, de tal manera que permita dejar la imagen como un verdadero mapa de cobertura del suelo, es decir, con una serie de categorías.

Este acondicionamiento incluye una recodificación categórica (Recode), que hace referencia a un proceso que permite asignar un nuevo número de clase a algunas o todas las clases existentes en una imagen clasificada, creando un archivo de salida conteniendo los nuevos números de clase, que puede ser correspondiente a un mismo uso o cobertura. Este proceso facilitó la manipulación posterior de la imagen y su análisis visual a partir de la asignación de un cuadro de colores adecuada a las categorías finales.

Finamente se realizó el proceso de eliminación (Eliminate) de clases según el área mínima de mapeo establecida para esta investigación que corresponde a 6 has, este proceso permite especificar un tamaño mínimo de área a cada categoría o clase de la imagen, de manera que cuando los grupos de píxeles temáticamente homogéneos son menores en área a los píxeles contiguos, desaparecen automáticamente y son absorbidos por la clase dominante de los píxeles vecinos.

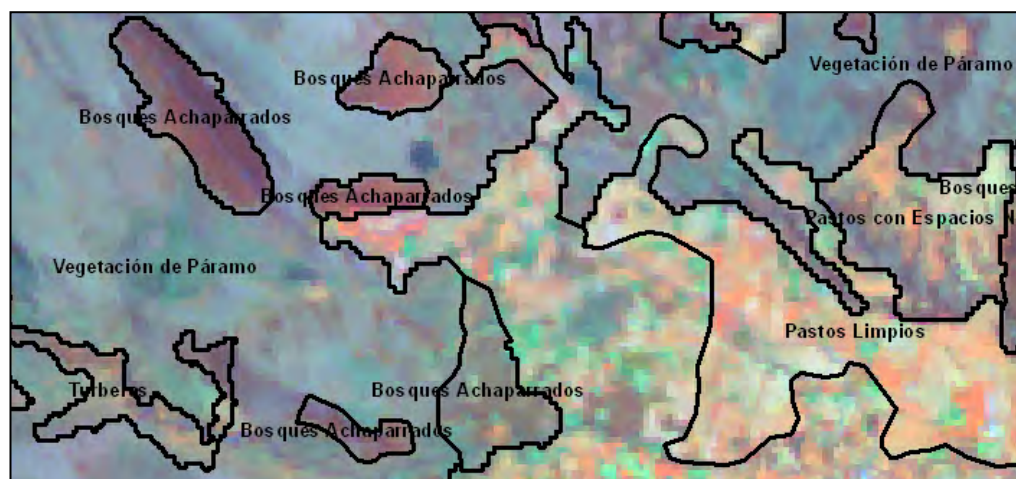
⁴⁷ CHUVIECO, E. (1996). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. (3ª edición revisada). Ediciones Rialp, S.A. Madrid.

Del proceso anteriormente relacionado se obtuvieron los mapas de cobertura vegetal que está en formato tipo ráster, de manera que fue necesario realizar un proceso de vectorización utilizando el Software Erdas.

El proceso de Vectorización, donde los términos ráster y vector se emplean para describir los datos geospaciales. Las imágenes de satélite son conjuntos de datos rasterizados, lo que significa que la imagen está comprimida en numerosos y diminutos elementos de imagen o píxeles que cubren la totalidad del área de la escena. Los conjuntos de datos vectoriales, por contraste, son mucho más abstractos y están compuestos por puntos, líneas y polígonos.

De manera que la imagen clasificada tipo Vector, ahora está en un formato ráster, lo que facilita el proceso de edición y digitalización mediante el software ArcGis 9,3, teniendo en cuenta algunas reglas de generalización de polígonos establecida en la metodología Corine Land Cover y de acuerdo a las categorías establecidas en la leyenda temática de los tipos de cobertura vegetal para la investigación. Como se observa en la figura 8, los tipos de cobertura vegetal que se identificaron en la zona de estudio están asociados a un tipo de tonalidad diferente.

Figura 8. Producto de la clasificación supervisada de la imagen de 1987 en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo.



Fuente: esta investigación.

Como ya se mencionó anteriormente, el proceso de clasificación de la cobertura vegetal únicamente se lo realizó en la imagen más reciente (2011) para obtener el mapa de coberturas actual. Hecho el mapa de coberturas se realizó el trabajo de campo y la

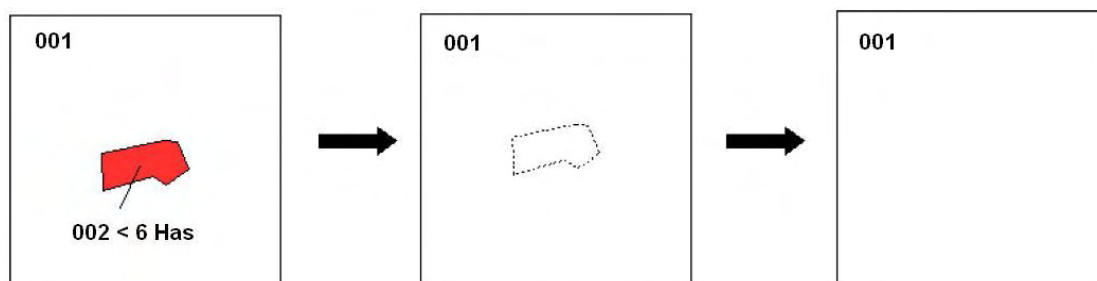
verificación de la información obtenida, se corrigieron los errores visibles identificados en campo y se procedió a realizar la clasificación para las imágenes restantes (1987, 1997 y 2002), de manera que se obtuvieron cuatro mapas de coberturas vegetales, que se constituyeron en la base fundamental para realizar los mapas de cambios multitemporales.

5.2.7 Generalización de polígonos según la metodología Corine Land Cover: para realizar esta clasificación se tuvo en cuenta la metodología Corine Land Cover (CLC) adaptada para Colombia en la clasificación de coberturas de la cuenca del Magdalena y Cauca, donde se establecen reglas de generalización de polígonos que permitieron decidir sobre polígonos que no cumplían el criterio de área mínima de mapeo establecida, es decir mayor o igual a 6 has y ancho mayor a 50 m, con distancias entre polígonos de 100 m. Esas reglas se acogieron del Sistema CLC de Europa y fueron divulgadas por los asesores de ONF de Francia utilizando el software ArcGis 9,3. Proceso que se describe a continuación.

Cuando se presentan polígonos pequeños (< 6 has) puede ocurrir que ellos se encuentren rodeados por una unidad mayor en forma individual o que hagan parte de un grupo de unidades que no satisfagan los criterios, se debe incorporar estas coberturas de área reducida a las coberturas vecinas que si cumplen el tamaño mínimo, de manera que:

- Si la unidad (< 6 ha) está rodeada por una sola unidad de tamaño superior o igual a 6 ha, la unidad pequeña se agrega a la unidad grande (Figura 9).
- Si la unidad presenta una superficie menor a 6 has y está rodeada por una sola unidad de tamaño superior o igual a 6 ha, la unidad pequeña se agrega a la unidad grande (Figura 9).
- Si la unidad pequeña está rodeada por dos o más unidades grandes, la unidad pequeña se agrega o se divide proporcionalmente con las unidades vecinas (Figura 9). Este tipo de agregación depende del tipo de cobertura de la unidad pequeña y de las unidades vecinas. Las agregaciones se hacen en relación con la nomenclatura Corine Land Cover Colombia. Las agregaciones lógicas se establecieron mediante interpretación visual.

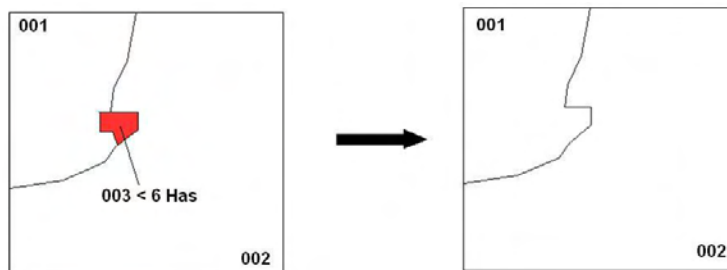
Figura 9. Situación de agregación de un polígono pequeño ubicado dentro de un polígono grande – 002 (< 6 has).



Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007.

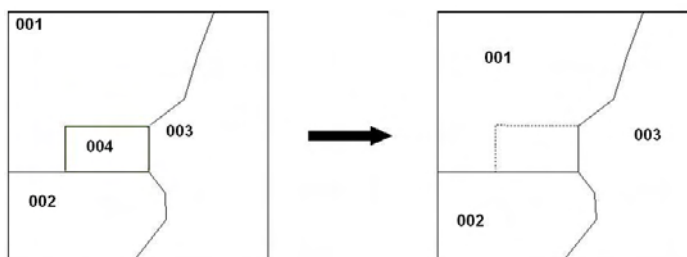
- Si la unidad pequeña está conectada a más de dos unidades grandes, se agrega con aquella que tenga la mayor cantidad de hectáreas (Figura 10).

Figura 10. Situación de generalización de un polígono (< 6 has) ubicado entre dos polígonos (≥ 6 has).



Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007.

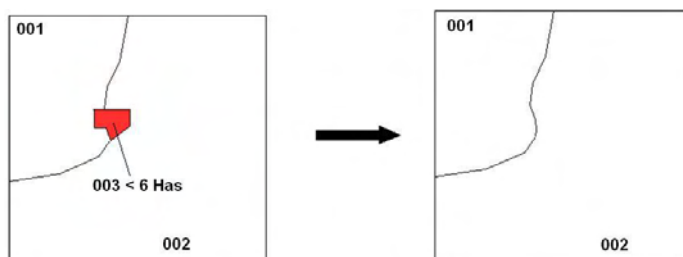
Figura 11. Situación de agregación de una unidad pequeña (< 6 has) ubicada entre tres unidades grandes (≥ 6 has).



Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007

- Si la unidad 003 está rodeada por dos unidades de igual tamaño, el área de la unidad más pequeña debe estar repartida en dos partes iguales dentro de las unidades vecinas; véase figura 12.

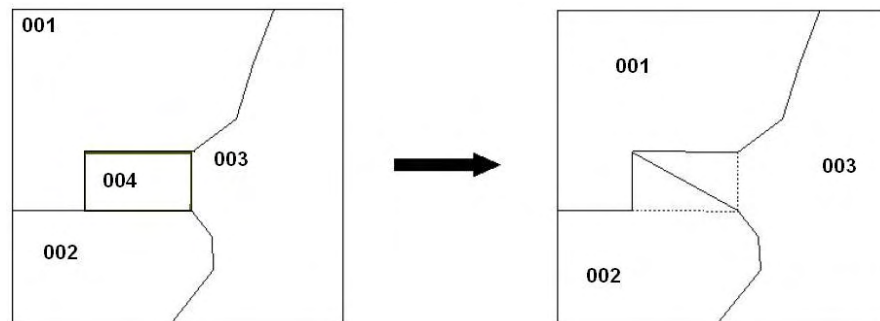
Figura 12. Situación de generalización de un polígono (< 6 has) ubicado entre dos polígonos (≥ 6 has).



Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007.

- Si dos unidades tienen grande extensión (≥ 6 has), la unidad se divide y se agrega dentro de las unidades vecinas como lo indica la Figura.13.

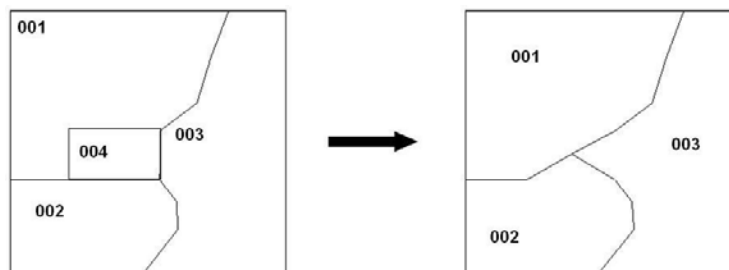
Figura 13. Situación de agregación de una unidad pequeña (< 6 has) ubicada entre tres polígonos grandes (≥ 6 has).



Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007

- Si todos los polígonos poseen un área similar, la unidad se divide y se agrega dentro de todas las unidades vecinas como lo indica la figura 14.

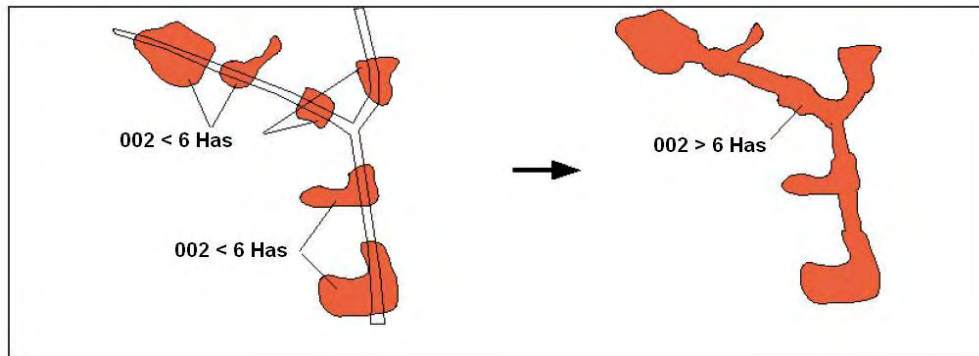
Figura 14. Situación de agregación de una unidad pequeña (< 6 has) ubicada entre tres unidades grandes (≥ 6 has).



Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007

Pequeñas áreas de centros poblados < 6 has, se agrupan si la distancia entre las unidades es menor a 100 metros con el fin de producir una sola unidad ≥ 6 has. Las líneas exteriores se sobreponen a las vías.

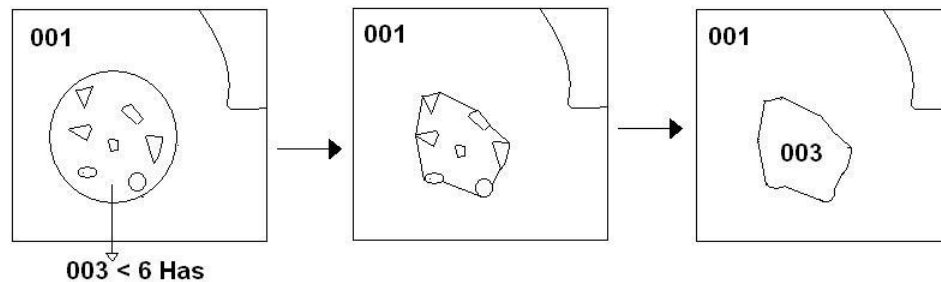
Figura 15. Situación de generalización para los centros poblados.



Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007

Las unidades < 6 has se agrupan según las líneas de las vías con el propósito de formar una unidad ≥ 6 has. En el caso de una unidad grande de bosque natural (001), la presencia de varios cultivos aislados de tamaño < 6 has puede constituir una clase, para lo cual es preciso considerar la densidad de cultivos. Si es inferior al 5% se mantiene la clasificación de bosque natural; cuando se encuentra entre 5 y 30% se delimita como bosque fragmentado y en caso de hallarse entre 30 y 70% se delimita como una zona de mosaicos (003).

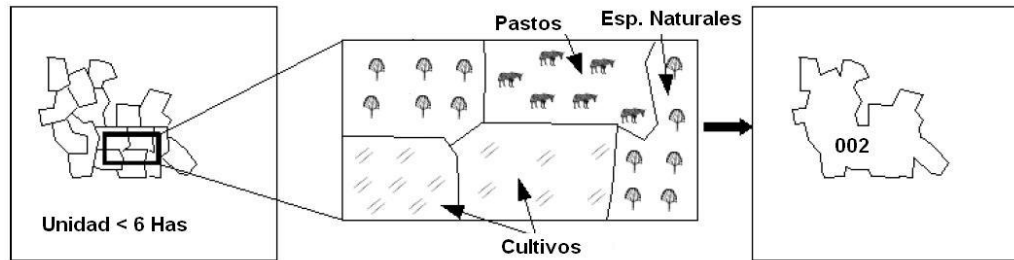
Figura 16. Delimitación de bosque fragmentado en zona de bosque denso.



Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007

Para la generalización de una unidad pequeña dentro de la categoría de Territorios Agrícolas, cuatro tipos de clases permiten generalizar de una manera implícita a la cobertura. Como regla general, el polígono que resulte de esta generalización debe tener el menor tamaño posible. El mosaico de cultivos es una mezcla de tierras agrícolas con un conjunto de cultivos anuales y permanentes.

Figura 17. Situación de agregación en el caso de una mezcla de polígonos (< 6 has) de cultivos, pastos y espacios naturales.



Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007

El mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales o semi-naturales es una mezcla de tierras agrícolas con presencia de pequeñas áreas naturales o semi-naturales, incluyendo cuerpos de agua y humedales con áreas menores a 6 has, que ocupen entre 25% y 75%. El mosaico de pastos con espacios naturales corresponde a una mezcla de pastos con una superposición de fragmentos de bosque.

Después de este procedimiento de generalización de los polígonos, se realizó el trabajo de campo, donde la información obtenida después de hacer el recorrido de campo, con los puntos GPS (tomados en los lugares estratégicos donde en la clasificación previa no se tenía plena certeza del tipo de cobertura) y la visualización directa de la zona de estudio, se identificó los lugares donde los cambios de uso y cobertura son más significativos y para el complemento de la clasificación en los lugares donde la imagen no permitía observar con claridad, bien sea por sombras o por algunas nubes que presentan las imágenes satelitales.

5.2.8 Elaboración de mapas de cambio de cobertura vegetal: siguiendo los conceptos básicos de la metodología Corine Land Cover, para establecer si los cambios son significativos, se tuvo en cuenta el área mínima de mapeo de los mapas de coberturas que corresponde a 6 has, calculando la raíz cuadrada de este valor, de tal manera que los mapas de cambio para esta investigación corresponden a un área mínima de 2,5 has y la anchura mínima corresponde a 50 m.

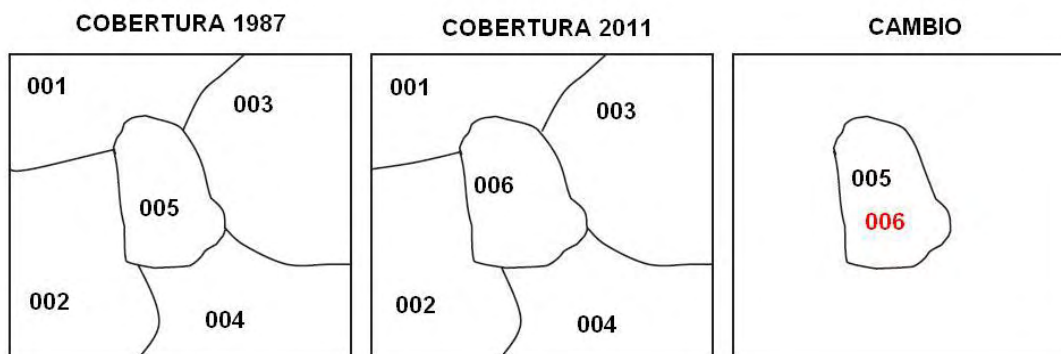
A través del análisis multitemporal de las composiciones a color RGB – 5-4-3 para Landsat (años 1987, 1997, 2002) y 3-2-1 para Aster (año 2011), se obtuvieron los valores de cambio de cobertura en el área de estudio.

Este análisis se realizó por el cruce de los mapas obtenidos anteriormente. Los cambios de cobertura fueron analizados para determinar si existen diferencias significativas del cambio de cobertura de zonas naturales a zonas antropizadas. Así mismo se establecieron cuales fueron los cambios de cobertura más significativos y sus porcentajes; una vez obtenidos el mapa de cambios de cobertura vegetal y las

observaciones sobre las actividades antropogénicas se determinó las principales causas de dicha fragmentación.

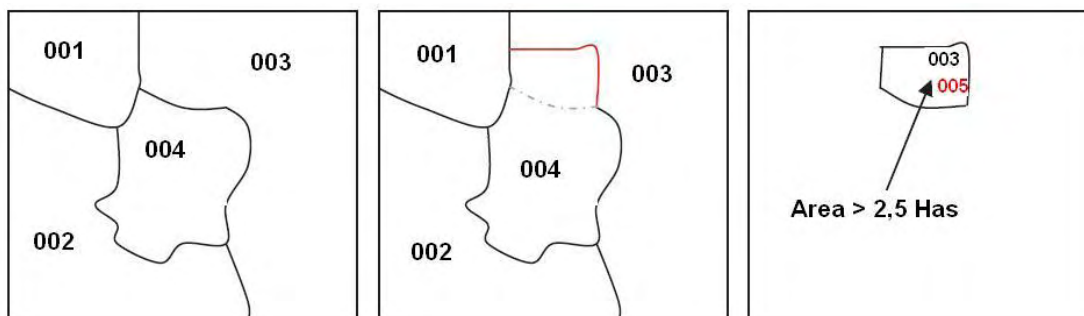
Las figuras 18, 19, 20 y 21 ilustran cuatro ejemplos simples de cambios de cobertura vegetal. En el primer caso, sólo cambió la clase de cobertura y no el área del polígono. En el segundo, hay un intercambio de área entre dos polígonos, aumentando uno (002) por la misma superficie ($> 2,5$ has) y el otro (001) muestra la disminución. El tercer ejemplo muestra un polígono que desaparece en la clasificación de coberturas 2011 y el aumento de área en el polígono 002 que se volvió $< 2,5$ ha. Finalmente en el cuarto caso aparece un nuevo polígono 001 aislado desde el área mínima de cambio $> 2,5$ ha está dentro del polígono 003.

Figura 18. El cambio del código de CLC: el polígono con 005 el código ha cambiado a 006.



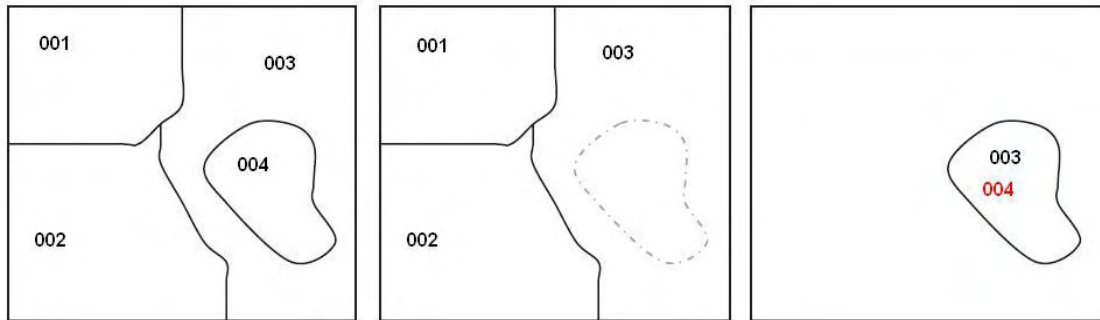
Fuente: Corine Land Cover updating for the year 2000

Figura 19. El intercambio del área entre dos polígonos: 004 ha aumentado, disminuyendo el 003 (el cambio $> 2,5$ has).



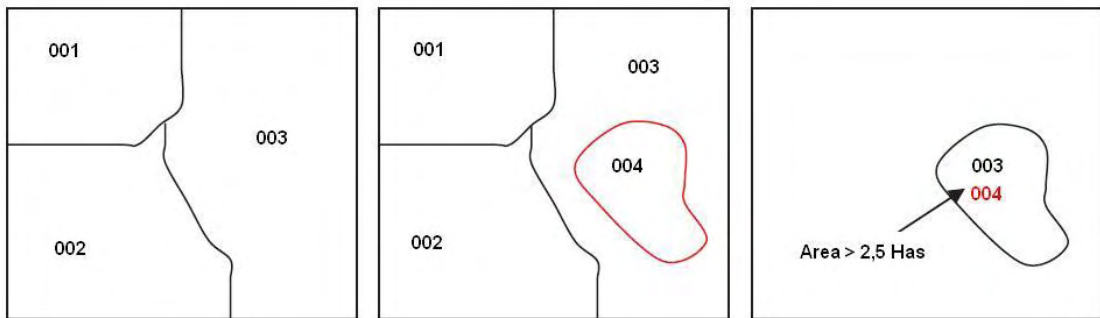
Fuente: Corine Land Cover updating for the year 2000.

Figura 20. La desaparición de un polígono: 003 ha aumentado, 004 desapareció.



Fuente: Corine Land Cover updating for the year 2000.

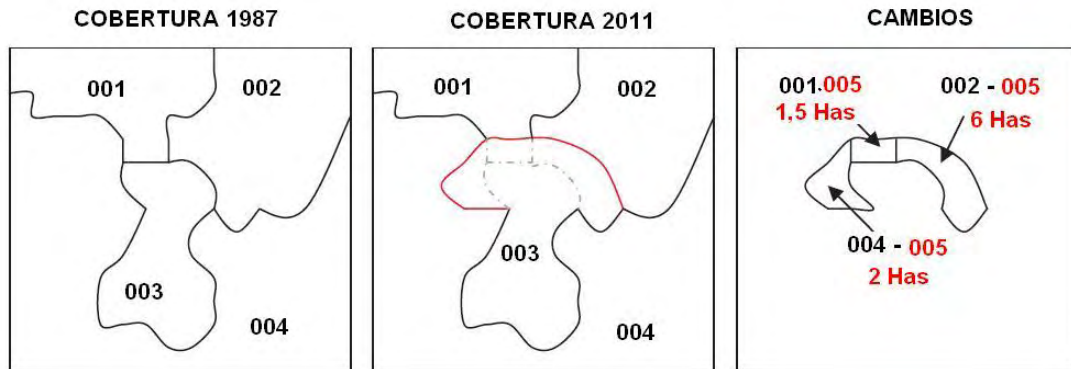
Figura 21. La aparición de un nuevo polígono, 004 dentro de 003 (el área debe ser > 2,5 has)



Fuente: Corine Land Cover updating for the year 2000.

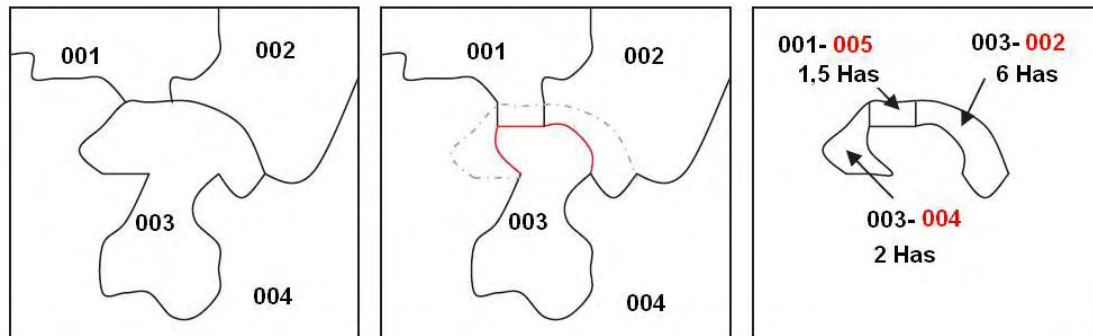
La figura 22 ilustra dos ejemplos de cambios Corine Land Cover más complejos. En el primero, un polígono con código 001 muestra aumento superior a 2,5 has debido a la reducción de otros polígonos adyacentes (002; 003; 004). Tres de éstos polígonos muestran las reducciones, pero son demasiado pequeñas para ser trazados individualmente. El segundo ejemplo ilustra el caso de la disminución total del área de un polígono, rodeado por varios, generando polígonos con áreas inferiores a 2,5 has pero que sumados hacen más de 2,5 has de cambio total.

Figura 22. El aumento total de un polígono (> 2,5 has) puede incluir varios cambios, algunos de ellos más pequeños que 2,5 has.



Fuente: Corine Land Cover updating for the year 2000

Figura 23 La disminución total de un polígono (> 2,5 has) puede incluir varios cambios, algunos de ellos más pequeños que 2,5 has.



Fuente: Corine Land Cover updating for the year 2000.

Los tipos más típicos de cambio identificados son:

- El cambio del código de clasificación Corine Land Cover del polígono entero: por ejemplo el área que hace parte a bosques achaparrados ha cambiado a mosaico de pastos y cultivos.
- El intercambio del área entre dos polígonos: por ejemplo los pastos limpios han aumentado, la zona de páramo ha disminuido.
- La aparición de un nuevo polígono: por ejemplo la zona de Turbera que se estableció dentro de un área de páramo.
- La desaparición de un polígono: por ejemplo un bosque achaparrado desapareció por completo.

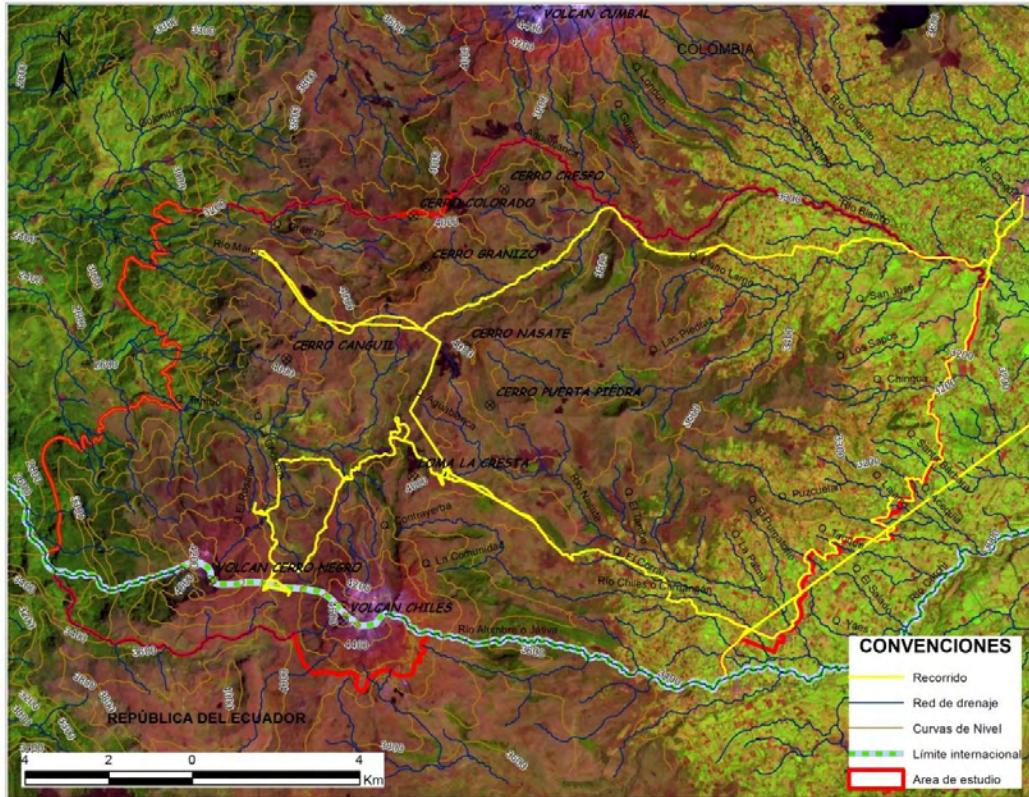
5.3 FASE TRES: TRABAJO DE CAMPO

Debido a las limitaciones de información relacionadas anteriormente, la etapa de campo se constituyó en uno de los principales elementos de juicio para verificar y ajustar la información cartográfica básica. Se hicieron recorridos por la zona de estudio con el acompañamiento y guianza de habitantes del resguardo Indígena de Chiles.

Los recorridos se hicieron por gran parte del área de estudio, la considerable distancia y las condiciones de accesibilidad a los diferentes sectores no impidieron la realización de muestreos y recorridos. De manera que la clasificación de la imagen Aster, se convirtió en valiosa herramienta para su reconocimiento e identificación de coberturas a donde no fue posible el acceso en campo, debido al relieve que no permitía ingresar a algunos sitios.

Entre algunos sectores importantes que se recorrieron para su valoración y verificación cartográfica están: Cerro Negro, Volcán Chiles, sector Puercán, sector el Baúl y la laguna de Marpi, el Cerro Nasate, El Cerro Colorado, El Cerro Crespo, Cerro Granizo, abarcando el total de los cuatro resguardos que hacen parte del área de estudio como es el caso del Resguardo de Chiles, Panán, Cumbal y Mayasquer, como se observa en la figura 24.

Figura 24: recorridos por la zona de estudio



Fuente: esta investigación

Igualmente, en esta etapa se efectuó la comprobación y caracterización de la clasificación preliminar, a través de la observación directa, toma de puntos de referencia o muestreo con GPS y sin embargo, se hace necesario para próximas salidas o recorridos el acompañamiento continuo de profesionales de diferentes áreas, con el fin de interpretar mas a detalle los sistemas naturales, desde diferentes ópticas de investigación.

5.3.1 Realización de entrevistas: en el recorrido de campo por la zona de estudio se hicieron entrevistas no estructuradas, de manera que se estableció una conversación directa con las personas que acompañaron durante el proceso de trabajo de campo, también se realizaron reuniones con el Tribunal de Ex gobernadores del Resguardo Indígena de Chiles (2011), donde su presidente José Edilmo Chenás facilitó el proceso de investigación en el Territorio, y se contó con la colaboración del señor Teófilo Moreno, Ex gobernador del Resguardo, quien colaboró con el proceso de la identificación y descripción de las causas y factores por la cuales los habitantes de la región hacen uso de los recursos naturales, interviniendo de manera directa sobre las transformaciones del paisaje. Aunque también se conto con la colaboración de personas que facilitaron sus conocimientos en el área para las salidas de campo.

Las entrevistas se convirtieron en un proceso clave por el cual se pudo identificar de manera clara las causas y factores que intervinieron en el proceso de cambio de coberturas y aprovechamiento de los recursos naturales que se encuentran en el área de estudio, evidenciando mayor intervención sobre las zonas más cercanas a la frontera agropecuaria y un aprovechamiento especialmente de zonas de páramo, realizando grandes quemas y después de su regeneración son destinadas a un uso pecuario con la incorporación de especies bovinas y caballares principalmente.

Este proceso de levantamiento de información que se llevó a cabo entre el entrevistador y el entrevistado fue de entera confianza y entendimiento mutuo, lo que condicionó a que la información recolectada es de calidad y muy verás, obteniendo varias opiniones, vivencias e ideas de las personas que hacen parte de una comunidad campesina e indígena del área de estudio; permitiendo el proceso de identificación del problema, puesto que la misma población fue quien colaboró en la identificación del por qué se realizan las intervenciones sobre la cobertura vegetal y el suelo, donde posteriormente en el documento técnico se caracterizaron los factores de incidencia sobre los cambios de uso y cobertura del suelo presentados en el período 1987 y 2011.

Dentro del contenido de las entrevistas realizadas se destacan las siguientes preguntas:

- Desde hace cuantos años vive usted en ésta zona?
- Usted recuerda cómo era el bosque, si era más frondoso y más extenso?
- Por qué se cultiva sobre la vegetación de páramo?
- Usted cree que los suelos son aptos para los cultivos como el de papa?
- Por qué se realizan las quemas sobre la vegetación de páramo?
- Por qué cree usted que se acabaron casi 750 hectáreas del bosque denso en los últimos 24 años?

5.3.2 Verificación y levantamiento de la información: con base en la interpretación preliminar de las imágenes satelitales, se definió el itinerario de la verificación en campo de los puntos previamente seleccionados (donde existen vacíos de información por nubosidad y en lugares donde no es claro el tipo de cobertura que se clasificó) para recopilar información. Durante el recorrido de campo se trabajó en dos tipos de puntos: puntos de verificación, que son aquellos en los que se recopila información a detalle y puntos de observación, en los que únicamente se toman datos cualitativos referentes al tipo de vegetación, características específicas del terreno, etc.

Los puntos de información de campo contienen información de las actividades agrícolas y pecuarias que se llevan a cabo en cada lugar recorrido, o bien, información referente al tipo de vegetación y toma de puntos GPS a lo largo y ancho de la zona de estudio, y en los límites de cada cobertura y en caso de áreas de difícil acceso se tomó fotografías panorámicas para establecer el tipo de cobertura existente.

En esta etapa no solo se llevó a cabo la recolección de información de las diferentes coberturas vegetales, sino que sirvió como respaldo de la información cartográfica, especialmente con la toponimia.

5.4 FASE CUATRO: ANÁLISIS FINAL DE RESULTADOS

En esta fase se consolidó tanto la información cartográfica temática que muestra los diferentes cambios en la cobertura vegetal del suelo para el período establecido (1989-2007), como la información documental, representado en un texto final en el que se exponen a profundidad las características, causas, efectos y factores que han incidido para que se generen los cambios de uso y cobertura del suelo dentro del área de estudio que comprende el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo. Esta fase comprende las siguientes actividades.

5.4.1 Ajuste final de la información cartográfica generada: la pertinencia de la realización de esta fase fue determinante y una de las más exigentes debido a las grandes inconsistencias que se mencionaron con anterioridad, de manera que se realizaron muchos ajustes y además, generación de nueva cartografía.

En esta investigación se muestran varios mapas temáticos que se generaron, que se mencionan a continuación:

1 mapa base topográfico.

1 mapa de la división político administrativo (resguardos indígenas).

1 mapa de sectorización hídrica para el área de estudio.

1 mapa de sectorización de áreas afectadas por quemadas en el año 2011.

4 mapas de uso y cobertura del suelo (uno para cada año 1987, 1997, 2002 y 2011).
4 mapas de cambios multitemporales (1987 a 1997, 1997 a 2002, 2002 a 2011 y 1987 a 2011).
1 espacio mapa.

Es importante mencionar que para los mapas de sectorización hídrica y el de división político administrativo se tuvo como base de referencia la información presentada en el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cumbal para el año 2004, de donde se realizaron ajustes de acuerdo a la información generada en el mapa base topográfico.

Con respecto a los mapas de coberturas, los de cambios multitemporales y el de sectorización de áreas afectadas por quemas en 2011, se tuvo como base primordial a las imágenes satelitales ya mencionadas.

Al realizar los mapas de cobertura vegetal, se identificó que en el área de estudio se presentaron extensas zonas afectadas por quemas, especialmente en las partes bajas, aproximadamente entre los 3200 y 3600 m.s.n.m., especialmente en zonas de páramo, para la destinar éstos espacios a la agricultura, pero en zonas altas (2700 m.s.n.m.) estas quemas se presentan para el aprovechamiento ganadero. Por esto se vio la necesidad de mapificar las áreas quemadas del año 2011 básicamente.

5.4.2 Caracterización de los factores de cambio de cobertura vegetal y consolidación del documento final: para caracterizar las causas, efectos y factores que han incidido en los cambios de cobertura del suelo se hizo un análisis exhaustivo de la información primaria y secundaria obtenida, de las entrevistas que se realizaron a la población que habita en las inmediaciones del área de estudio, y del resultado obtenido del procesamiento y clasificación de las imágenes satelitales, generando así un análisis específico para cada uno de los mapas temáticos resultantes que se describen en el capítulo 8 (Caracterización Semidetallada de la Cobertura Vegetal).

De esta manera se determinaron los cambios de cobertura de suelo del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo, dando como resultado soportes confiables para la entrega del informe final, siendo esta una base para la toma de decisiones futuras, al igual que se mira la necesidad de identificar y caracterizar los impactos positivos o negativos que se pueden generar mediante la intervención del ser humano sobre éstos ecosistemas, para posteriormente realizar trabajos encaminados al manejo adecuado del suelo y sus ecosistemas.

Es importante mencionar que este documento se lo empezó a generar en el mismo momento que inició la elaboración del proyecto y durante todo el proceso de ejecución del mismo, con la respectiva realización de ajustes que se presentaron dentro del transcurso de investigación sobre los cambios de uso y cobertura del suelo en el área de estudio.

6. DIAGNÓSTICO

En este capítulo se dan a conocer las condiciones actuales del área de estudio, tanto físicas como bióticas, mediante la revisión de la documentación secundaria como la del Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cumbal, la de la Universidad de Nariño, la de la Biblioteca de Banco de la Republica del Municipio de Pasto, estudios realizados en la región, entre otras.

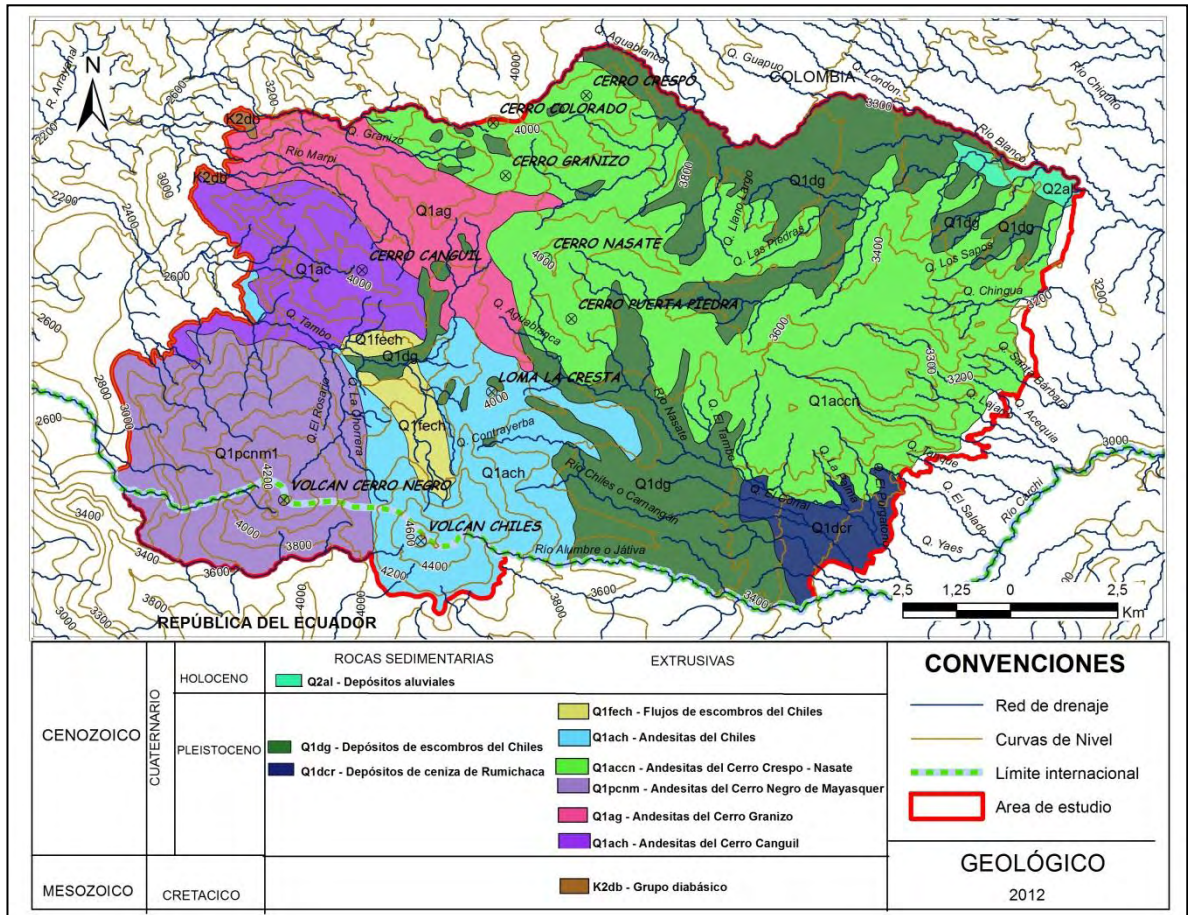
6.1 DIAGNÓSTICO FÍSICO - BIÓTICO

6.1.1 Geología: según como lo describe la memoria explicativa de la plancha geológica 447 del INGEOMINAS⁴⁸ incluye la zona montañosa donde se ubican los edificios volcánicos de Cumbal, Chiles y Cerro Negro de Mayasquer con alturas de hasta 4.700 m.s.n.m., el Altiplano Ipiales-Túquerres donde se asientan poblaciones como Cumbal, Chiles e Ipiales con una altura promedio de 3.000 m.s.n.m. Comprende además la vertiente occidental de la Cordillera Occidental, a partir de los edificios volcánicos, ubicándose aquí los asentamientos poblacionales corresponden exclusivamente al Municipio de Cumbal, en sus corregimientos de Tallambí, San Juan de Mayasquer, Mayasquer, Tiuquer, San Felipe, Numbí y La Unión.

La figura 25 que se muestra a continuación, indica el mapa geológico adaptado para el área de estudio, recopilado de la plancha Geológica del INGEOMINAS.

⁴⁸ INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTIFICA, MINERO AMBIENTAL Y NUCLEAR. Geología de la plancha 447 – Ipiales BIS – Tallambí. Departamento de Nariño. Escala 1: 100.000. INGEOMINAS. Medellín, 2002.

Figura 25. Mapa geológico del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo.



Fuente: geología de la plancha 447 Ipiales y 447 Bis Tallambí. 2002

El sector correspondiente a la zona de estudio, por encontrarse en un área de influencia volcánica presenta suelos conformados por rocas ígneas y sedimentos con origen del Cretáceo Superior hasta el presente.

La clasificación estratigráfica en la plancha 447, presenta rocas sedimentarias y volcánicas de origen cretácico que se relacionan o pertenecen al Grupo Dagua, el Grupo Diabásico y cuerpos intrusivos y pórfidos de composición andesítica del Paleógeno – Neógeno. Se encuentra entonces en el sector los volcanes Cerro Negro de Mayasquer, Chiles, Cumbal y otros puntos volcánicos que influyeron en la orogenia durante el Plioceno y el Cuaternario y que para la zona de estudio cubre las siguientes unidades con la respectiva cantidad de hectáreas (véase cuadro 7) que hacen parte del área de estudio.

Cuadro 7. Área geológica dentro de la zona de estudio.

Código	Nombre	Área (has)
Q1pcnm1	Andesitas del Cerro Negro de Mayasquer	2739,3
Q1ach	Andesitas del Chiles	2240,4
Q1accn	Andesitas del Cerro Crespo – Nasate	7015,7
Q1dcr	Depósitos de ceniza de Rumichaca	577,6
Q1dg	Depósitos glaciares	4318,2
Q1ag	Andesitas del Cerro Granizo	1575,1
Q1ac	Andesitas del Cerro Canguil	1394,1
Q1fech	Flujos de escombros del Chiles	393,9
K2db	Grupo Diabásico	42,2
Q2al	Depósitos aluviales	155,6

Fuente: Esta investigación

6.1.2 Geomorfología: tal como lo describe el Estado del Arte de la Información Biofísica y Socioeconómica de los páramos de Nariño 2006⁴⁹, la geomorfología es el estudio de las geoformas junto con todos los procesos característicos que modelan continuamente la superficie terrestre, describiéndolos, ordenándolos sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo; además catalogada como una ciencia de la Tierra que se fundamenta en la geología y se remite sólo al estudio de la topografía terrestre; por lo que puede considerarse como la especialidad científica que se encarga del estudio de las formas y los procesos constitutivos del relieve, por ejemplo la morfología glacial, eólica, fluvial, costera, etc.

La geomorfología del municipio de Cumbal está ligada a los procesos permanentes en el tiempo de formación del relieve terrestre durante continuos ciclos geológicos, por lo que las grandes manifestaciones morfodinámicas que se han presentado a lo largo de este, son el resultado de intensos períodos de actividad geológica que dan origen al sistema montañoso, fallas superficiales, valles glaciares, drenajes, suelos, entre otros; éstos factores geológicos actúan en la estabilidad de la superficie terrestre, así como los elementos geomorfológicos, estructurales y geotécnicos, donde en la zona de estudio se registran amenazas sísmicas y volcánicas.

Las características geomorfológicas juegan un papel muy importante no solamente en la restructuración del relieve, sino también dentro del desarrollo y establecimiento de actividades productivas y de asentamientos humanos, según el estudio de CORPONARIÑO Y LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO⁵⁰, la zona de estudio correspondiente

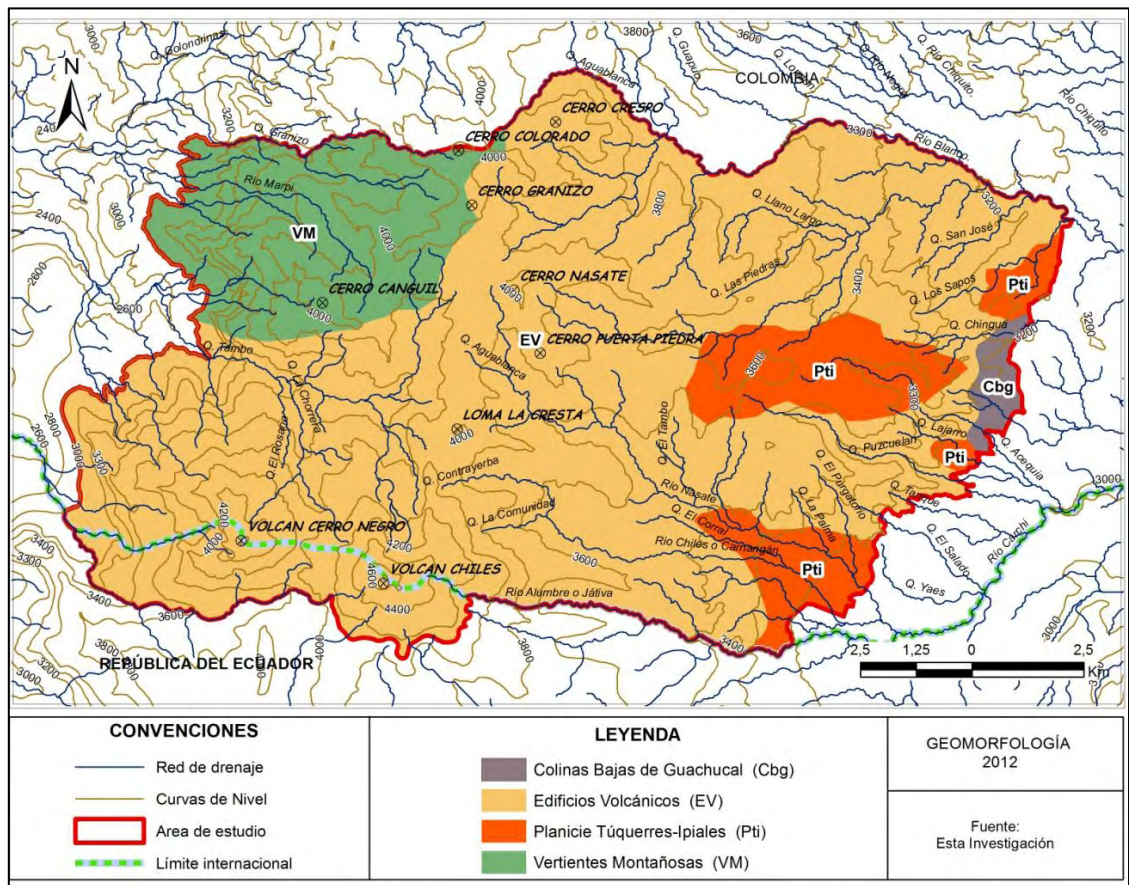
⁴⁹ CORPONARIÑO, UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Plan de Acción en Biodiversidad para el Departamento de Nariño. Estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño. tomo2. Pasto. 2006. p44.

⁵⁰ Ibíd.

al corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo, hacen parte de los terrenos geológicos de Cajamarca y Cauca-Romeral.

En esta zona se encuentran diversas formaciones que en su mayoría son de rocas ígneas tal como lo muestra la figura 26. Según el INGEOMINAS⁵¹ el complejo volcánico Chiles – Cumbal son estratovolcanes que presentan rocas volcánicas del Terciario – Cuaternario formadas a partir de lavas de composición andesíticas, lavas vítreas intercaladas con aglomerados volcánicos y pumitas, provenientes de flujos piroclásticos. Dentro de esta zona, también se encuentran tobas, aglomerados, ignimbritas y capas de ceniza y lapilli, donde se identifican suelos fósiles o paleosuelos e intercalaciones de lava andesítica. Al oriente de la zona de estudio se encuentran depósitos del Cuaternario de tipo lacustre y fluvio-glaciario.

Figura 26. Mapa geomorfológico del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo.



Fuente: plancha 447 Ipiales y 447 Bis Tallambí, INGEOMINAS.

⁵¹ INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENFICA, MINERO AMBIENTAL Y NUCLEAR. Geología de la plancha 447 – Ipiales BIS – Tallambí. Departamento de Nariño. Escala 1: 100.000. INGEOMINAS. Medellín, 2002.

En las planchas 447 y 447 Bis del INGEOMINAS, se presentan dos grandes unidades fisiográficas que corresponden a la Cordillera Central (EV), representada principalmente por el Altiplano Nariñense y la Cordillera Occidental, sobre la cual se encuentran los edificios volcánicos cuaternarios y su vertiente occidental (VM). Dentro del área de estudio, la clasificación que corresponde a esta son:

- Edificios volcánicos
- Vertientes montañosas
- Colinas bajas de Guachucal
- Planicie de Túquerres e Ipiales

El área de estudio según Flórez⁵² se encuentra en el grupo de sistemas morfogénicos correspondientes a la alta montaña, especialmente al subgrupo denominado sistema periglacial y glaciar heredado con influencia volcánica. Los edificios volcánicos corresponden a las estructuras construidas por el vulcanismo presente en la zona desde finales del Mioceno o principios del Pleistoceno. Muchos de ellos han sido producto de la erosión intensa por parte de los glaciares y los factores climáticos de la región. Se destacan algunas geoformas antiguas de calderas y flujos de lava, así mismo se encuentran formaciones volcánicas recientes, las cuales se han conservado en regular estado destacándose algunos depósitos y frentes de lava en el área de influencia de los volcanes Chiles y cerro Negro de Mayasquer que han sufrido colapsos parciales en sus edificios volcánicos mostrando una estructura similar a la de una herradura.

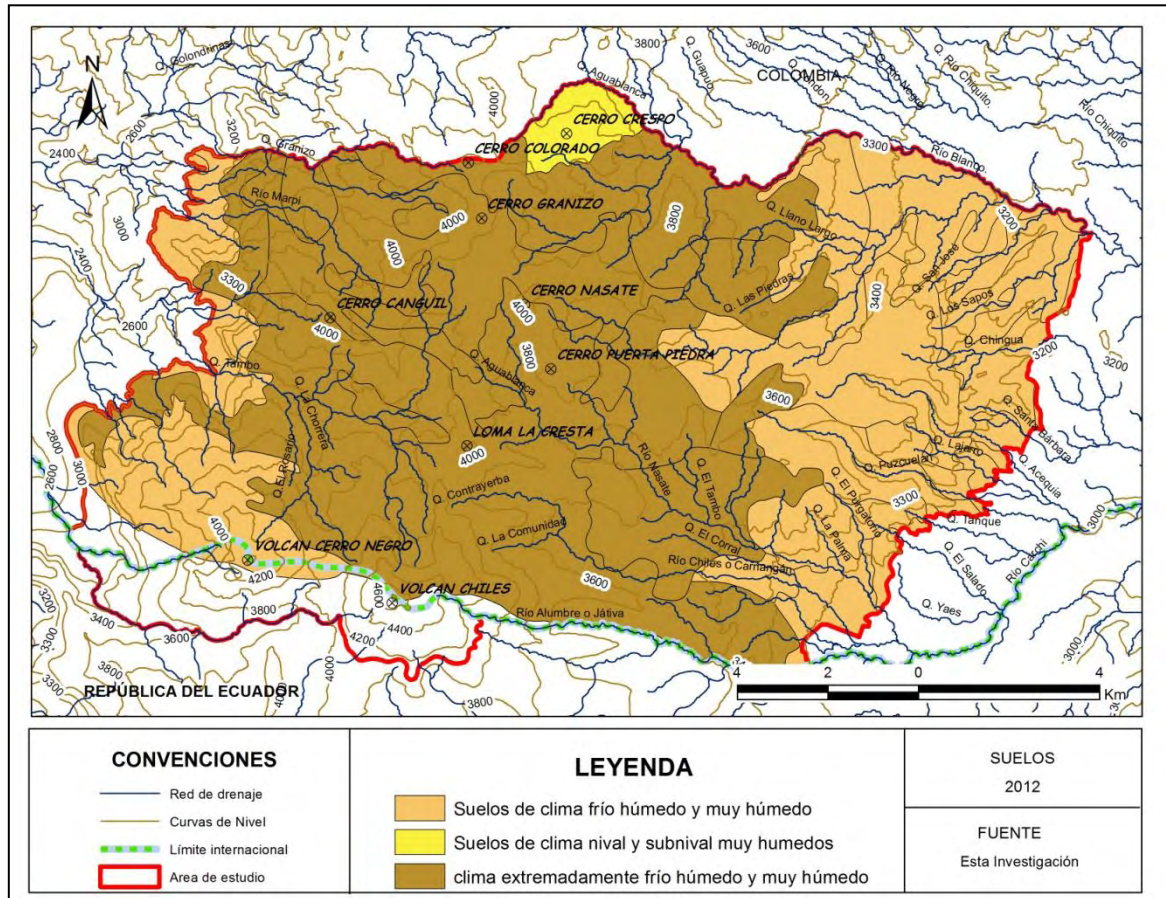
En cuanto a las formas glaciares y periglaciares, INGEOMINAS⁵³ afirma que como consecuencia de la altura actual y pasada de los edificios volcánicos de la cordillera occidental, se presentan un gran número de de estas formas, no solamente de depositación como morrenas y depósitos fluviolacustres, sino también de erosión como valles colgantes y vertientes estriadas.

6.1.3 Clasificación de suelos: según el Estudio General de Suelos de Nariño realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la clasificación relacionada a los suelos se hace respecto a las unidades paisajísticas que la comprenden, además de la relación que tienen con el clima, la aptitud de uso y características físico-químicas del sustrato.

⁵² FLÓREZ A. Movilidad altitudinal de páramos y glaciares en los Andes Colombianos. Disponible en resumen congreso mundial de páramos: Estrategias para la conservación y sostenibilidad de sus bienes y servicios ambientales. Paipa Boyacá. Mayo de 2002.

⁵³ INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTIFICA, MINERO AMBIENTAL Y NUCLEAR. Geología de la plancha 447 – Ipiales BIS – Tallambí. Departamento de Nariño. Escala 1: 100.000. INGEOMINAS. Medellín, 2002.

Figura 27. Mapa de suelos del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo.



Fuente: mapa de suelos. IGAC plancha 447 Ipiales y 447 Bis Tallambí.

En el Sector correspondiente al corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo, se presenta un paisaje variado dada la génesis del mismo donde se encuentran formas quebradas y de alta montaña. De acuerdo a la clasificación de suelos de la plancha 447 Ipiales y 447 Bis Tallambí del IGAC⁵⁴, dentro del área de estudio se encuentran las unidades de: suelos de clima frío húmedo y muy húmedo, suelos de clima nival y subnival muy húmedo, suelos de clima extremadamente frío húmedo y muy húmedo.

Los suelos de clima frío húmedo y muy húmedo según la composición litológica y/o sedimentaria se caracterizan por presentar mantos de ceniza volcánica sobre tobas de ceniza y lapilli, y son suelos profundos con texturas que van desde moderadamente finas a texturas gruesas cascajosas y guijarrosas. En algunos casos éstos suelos están ubicados sobre andesitas y son muy profundos hasta moderadamente profundos y de moderada fertilidad. Los suelos que están ubicados sobre depósitos de aglomerados contienen gran presencia de materia orgánica pero con baja fertilidad, entre tanto los

⁵⁴ Mapa de suelos del IGAC. Plancha 447 Ipiales y 447 bis Tallambí. 2004.

suelos sobre tobas de ceniza, lapilli y aglomerados con ceniza volcánica sectorizada son excesivamente drenados, con texturas gruesas y fuertemente ácidos.

Los suelos de piso térmico nival y subnival muy húmedo están ubicados en mantos de ceniza volcánica sobre andesitas, no hay desarrollo de suelos, son superficiales, texturas moderadamente gruesas, bien drenados, de baja fertilidad, alta saturación de aluminio y con alto contenido de materia orgánica.

Entre tanto, los suelos de clima extremadamente frío húmedo y muy húmedo, están ubicados sobre depósitos orgánicos y lacustres con ceniza volcánica sectorizada, van desde superficiales hasta muy profundos. Los superficiales presentan texturas moderadamente gruesas, bien drenadas, fuertemente ácidos, de baja fertilidad, alto contenido de aluminio y altos en materia orgánica, mientras que los suelos muy profundos son de características similares a los superficiales o muy superficiales. Por su parte, los suelos que hacen parte de los depósitos orgánicos presentan son pobremente drenados, muy ácidos y de alta fertilidad. En este clima también existen suelos sobre esquistos, neis y migmatitas, que son muy superficiales, texturas moderadamente gruesas, bien drenados, muy fuertemente ácidos, de baja fertilidad y en algunos casos no hay desarrollo de suelos.

6.1.4 Climatología: la climatología de la zona de estudio está regulada tanto por el desplazamiento de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) como por el condicionamiento topográfico de los Andes⁵⁵. El corredor volcánico Chiles Cerro – Negro se encuentra localizado en el sur-oeste Colombiano, donde nacen los tres ramales cordilleranos conocido como el Nudo de los Pastos, y se extienden a través del sector occidental suramericano. Dada su ubicación, en el Ecuador terrestre, la ZCIT es el principal condicionante para la determinación climática del área de estudio.

La ZCIT, presenta condiciones de alta radiación solar que es transferida a la atmósfera a través de fenómenos de corrientes de aire ascendentes las cuales forman un cinturón nuboso permanentemente, presenta fluctuaciones latitudinales en concordancia a los cambios estacionales que se evidencian los sectores tropicales planetarios. Este fenómeno es el principal condicionante en la climatología de Chiles y Cerro Negro ya que en el sector se presenta una constante exposición a la energía solar además, es reforzada o estimulada por la topografía en la región.

Otro factor de importancia para las condiciones climáticas de la zona Ecuatorial es la influencia de los vientos Alisios, que son el resultado de corrientes provenientes de los trópicos tipificados en las llamadas Celdas de Hadley como consecuencia del efecto coriolis en la atmósfera del globo terrestre. Estas corrientes de aire tienen tendencia a desplazarse desde las latitudes medias hacia el Ecuador y debido al fenómeno físico de la rotación presenta una desviación que incide en la dirección de los Alisios, NE para los vientos del Norte y SE para el Sur de la línea Ecuatorial. Dicho fenómeno no es trascendental en el relieve de Chiles y Cerro Negro debido a la orografía de la zona de

⁵⁵ Narváez, Germán E. Análisis de la lluvia mensual y su interacción con el relieve y la circulación local en sectores de baja precipitación de la zona andina colombiana. 2010.

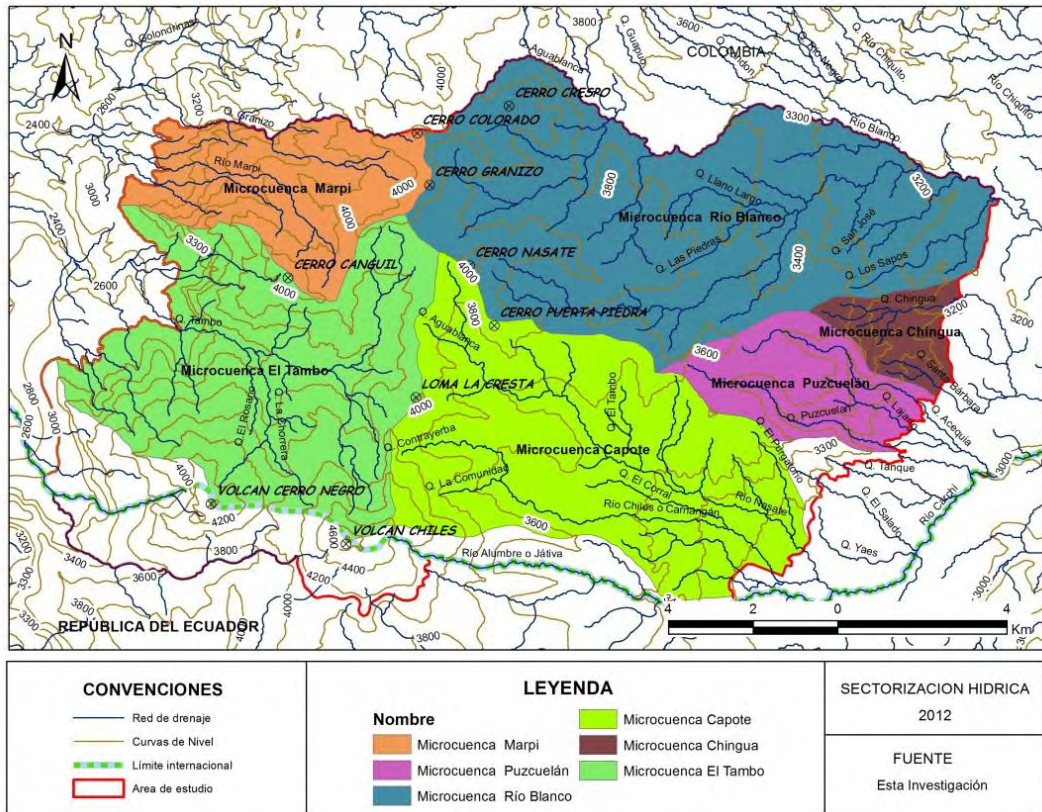
estudio la cual se establece dentro de una serie de barreras naturales para el acceso de los vientos del SE.

Los procesos locales inciden en la zonificación climática de Chiles y Cerro Negro, ya que por la forma del relieve se presentan fenómenos de tipo montano, como corrientes valle-montaña y montaña-valle, el efecto Föhn fenómeno de Chimenea, (impulso del aire a través de los cañones), convección local y procesos de Barlovento y Sotavento.

6.1.5 Hidrografía: las corrientes naturales que las utilizan para la agricultura han sufrido grandes alteraciones debido a la construcción de canales y sistemas de drenaje para riego y abrevaderos, lo que influye en la disminución del caudal y contaminación de recurso hídrico.

A continuación se muestra el mapa de la sectorización hídrica adaptado de la cartografía del Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cumbal del año 2004. Cabe mencionar que este mapa sólo cubre la sectorización hídrica del lado Colombiano.

Figura 28 Mapa de sectorización hídrica del corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo.



Fuente: Esta investigación

En la zona de estudio, las microcuencas que cubren de manera parcial o total se muestran en el cuadro 8, posteriormente se hace una breve descripción acerca de la localización y la dimensión que cubren dentro de la zona de estudio.

Cuadro 8. Microcuencas que hacen parte del área de estudio.

Nombre	Área (has)
Microcuenca Capote	4481,4
Microcuenca. El Tambo	4189,1
Microcuenca. Marpi	1792,9
Microcuenca Puzcuelán	1204,2
Microcuenca Chingua	524,7
Microcuenca Blanco	5938,8

Fuente: Esta investigación

La microcuenca del río Capote: se localiza al sur del municipio de Cumbal, limitando al norte con la microcuenca río Blanco y la microcuenca Puzcuelán, al occidente con la microcuenca río Blanco Vegas y con escurrimientos directos que desembocan sobre el río Cainancán, al oriente con escurrimientos directos sobre el río Carchi y al sur con la república del Ecuador, cubre una extensión de 4481,4 has dentro del área de estudio.

La microcuenca del río El Tambo hace parte de la cuenca del río Mayasquer que hace parte de la vertiente del Pacífico, cubre una extensión de 4189,1 has dentro del área de estudio. Limita al norte con la microcuenca del río Marpi, al sur con el Ecuador, al oriente con la microcuenca del río Capote, y al occidente con la microcuenca del río Arrayanal.

La microcuenca del río Marpi hace parte de la cuenca río Blanco – Vegas, se localiza al norte del municipio de Cumbal cuyos límites son: al norte municipio de Mallama, al sur con la microcuenca del río Mayasquer y la microcuenca el Capote al oriente con el municipio de Guachucal y al occidente con la microcuenca de la quebrada la Sirena y la microcuenca del río Numbí. Su principal curso de agua es el río Blanco, (es distinto al que se encuentra en la parte sur del municipio de Cumbal) el cual posteriormente desemboca en el río San Martín en el municipio de Ricaurte, y dentro del área de estudio cubre una extensión total de 1792,9 has.

La microcuenca de la quebrada Puzcuelán tiene un área aproximada de 12,88 km² que corresponde al 1,09% del total del municipio; se ubica al sur oriente del municipio de Cumbal, limitando al norte con la microcuenca Chingua, al sur con un escurrimiento directo sobre el río Carchi, al oriente con la República del Ecuador y al occidente con la microcuenca río Blanco, y dentro del área de estudio cubre un total de 1204,2 has

La microcuenca Chingua está ubicada al sur oriente del municipio de Cumbal, limita al norte con la microcuenca del río Blanco, al sur con la república del Ecuador y la microcuenca Puzcuelán, al oriente con el Ecuador y al occidente con la microcuenca río Blanco. Su cauce principal posee 7 tributarios, sus aguas desembocan en el río Carchi y drenan en sentido SE⁵⁶. La extensión que se presenta dentro del área de estudio es de 424,7 has.

La microcuenca río Blanco se ubica al sur oriente del municipio de Cumbal con un área aproximada de 109 km² que corresponde al 9,3 % del total del municipio, limita al norte con la microcuenca de la laguna de la Bolsa y microcuenca Tambillo, al sur con la microcuenca Capote, al oriente con el municipio de Cuaspud y al occidente con la microcuenca del río Marpi. Dentro del área de estudio la microcuenca del río Blanco cubre un total de 5938,8 has.

6.2 DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO

6.2.1 Uso del Suelo: como lo describe el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Cumbal, el uso del suelo obedece principalmente a las actividades agrícolas y pecuarias, ésta última hace referencia principalmente a la incorporación de especies bovinas.

6.2.1.1 Tenencia de tierras en el municipio de Cumbal: de acuerdo con la información generada por el DANE, se consideran cinco las principales relaciones Jurídicas de Tenencia de la Tierra: propietarios, arrendatarios, aparceros, colonos y comuneros.

La propiedad, es la forma de tenencia dominante en el Municipio de Cumbal con un 81%; la propiedad en grandes extensiones ha disminuido sensiblemente en los últimos años por los conflictos de Tenencia generados en razón del Derecho y Legislación indígena.

El Minifundio sigue siendo característica esencial en la Tenencia de Tierra y Producción agropecuaria, la aparcería es un fenómeno estable no muy significativo a través de formas de Asociación con propietarios y arrendatarios, principalmente para la producción de papa.

Los arrendatarios superan la modalidad de aparcería, sin embargo tampoco revisten mayor importancia; y el colonato es característico de la zona baja cálida sur occidental del Municipio por la explotación de Tierras con la aspiración de obtener título de propiedad.

Otra forma particular de tenencia de la tierra es la Propiedad Comunitaria, característica de las Comunidades Indígenas, la cual se somete a un régimen jurídico especial, acorde a los usos y costumbres aborígenes.

⁵⁶ Ibid.

6.2.1.2 Actividades Productivas: el sistema productivo más representativo dentro de la zona de estudio está basado principalmente en la agricultura por la producción de papa y pastos, y la ganadería con fines de producción lechera, teniendo en cuenta lo establecido en el Esquema de Ordenamiento Territorial⁵⁷ del municipio de Cumbal y el Estudio del Estado Actual de Páramo de Chiles⁵⁸. Siendo la producción agrícola en menor escala y predominando básicamente los cultivos de pastos tanto mejorados como naturales para la producción de leche. Las dos actividades principales de la zona se describen a continuación:

- **Agricultura:** en el municipio y en especial de la zona de estudio es un sustento económico que los campesinos del sector la siguen desarrollando de manera tradicional con fines de abastecer los mercados locales y se destina también para el consumo familiar. Según el trabajo de campo realizado para los ajustes y por la información suministrada por algunos productores y funcionarios de la UMATA, del producto comercializable; el (88%) de los productores venden sus cosechas a intermediarios o sea mayoristas locales ubicados en la cabecera municipal, el 8% de los productores venden a mayoristas urbanos de fuera del municipio y el 4% a otros agentes, como otros productores, semilla, etc.
- **Sector pecuario:** en la mayor parte de esta región, la tierra es destinada a la producción de leche y levante de ganado; la mayoría de las explotaciones que se encuentran en el municipio de Cumbal posee al menos una vaca de leche. Este es el que genera mayor valor agregado, siendo la principal actividad económica del municipio con una participación del 60%. Le sigue el sector agrícola con 35%⁵⁹. Ésto indica que el sector pecuario como tal, debido a la importación de renglones como la ganadería y su gran oferta interviene considerablemente en el desarrollo económico y social del municipio. El carácter pecuario de la economía evidencia un sector que se debe fortalecer y/o potencializar, pues la región no podría sustentar sus expectativas de desarrollo, en un sector productivo débil, con mínimos niveles de tecnología, poco competitivo y desarticulado del contexto económico social, y que además es el principal generador de empleos en la región.

6.2.2 Demografía: según el censo realizado por el DANE en 2005⁶⁰, muestra en su boletín general para el municipio de Cumbal haciendo énfasis en las cabecera municipal y resto del municipio, esta primera es una delimitación geográfica definida por el DANE para fines estadísticos, alusiva al área geográfica delimitada por el perímetro censal. A su interior se localiza la sede administrativa del municipio, es decir la alcaldía. Por su parte, el resto del Municipio hace alusión a los alrededores del casco urbano del municipio, es

⁵⁷ ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE CUMBAL 2004 – 2013.

⁵⁸ Estudio sobre el estado actual del páramo de Chiles. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Cabildo Indígena de Chiles, CORPONARIÑO, WWF. 2009.

⁵⁹ ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE CUMBAL 2004 – 2013.

⁶⁰ Censo DANE 2005

decir área rural y hasta el límite municipal definido por Ordenanza de la Asamblea Departamental.

En los registros de este censo indica la cantidad de viviendas censadas, los hogares y el número de personas que habitan en el municipio como lo muestra el siguiente cuadro:

Cuadro 9. Viviendas, Hogares y Personas del municipio de Cumbal.

VIVIENDAS, HOGARES Y PERSONAS				
AREA	VIVIENDAS CNSO	HOGARES GENERAL	PERSONAS 2005	PROYECCION 2010
Cabecera	479	441	1.672	7.547
Resto	5.376	4.996	20.746	26.639
Total	5.855	5.437	22.418	34.186

Fuente: DANE 2005.

Los resultados de este censo también muestran que el tipo de vivienda en el cual residen los pobladores es de tipo casa-casa indígena con un 98,9% y el resto lo compone apartamentos (0,3%) y otros (0,8%). Por su parte, el módulo de personas que indica es que la cantidad de mujeres residentes en el municipio de Cumbal es del 50,3% y del total de pobladores el 93,0% de la población residente se auto reconoce como Indígena.

También es importante mencionar que el censo DANE 2005 indica una cifra de 1,5% de personas que emigran, principalmente hacia el extranjero especialmente hacia la República del Ecuador. Del total de personas de estos hogares, residentes de forma permanente en el exterior el 90,1% está en Ecuador, el 3,7% en España y el 3,1% en Estados Unidos. El 60,0% de la población residente en Cumbal, ha alcanzado el nivel de educación básica primaria; el 21,3% ha alcanzado secundaria y el 2,4% el nivel superior y postgrado. La población residente sin ningún nivel educativo es el 10,9%.

El sistema social del municipio de Cumbal se caracteriza por su diversidad étnica y cultural; su mayor expresión es la presencia de comunidades indígenas de la etnia Pasto cuya población asciende a unos 22.669 habitantes, y representa el 81.11% de la población total del municipio, distribuida en los resguardos de: Cumbal, Panán, Chiles y Mayasquer⁶¹.

Los Pastos son la etnia más numerosa de la zona interandina, constituyendo el 53.78% de la población total del Departamento de Nariño según censo del año 1.558⁶². La presencia de Mindaloes o Indios Mercaderes explica la vocación comerciante de esta etnia y la microverticalidad como característica esencial de las sociedades andinas; las

⁶¹ Ibíb.

⁶² Ibíb.

excavaciones arqueológicas dan cuenta de la existencia en poder de los pastos de objetos y elementos provenientes de lugares distantes a su territorio natural.

6.2.2.1 Organización y distribución Indígena en el territorio de Cumbal: la población indígena representa el 77.7% de la población total del municipio de Cumbal, distribuida en cuatro resguardos, que ocupan el 85.7% del área municipal, a este territorio se le denomina el Gran Cumbal, conformado por los resguardos indígenas de Cumbal, Panán, Chiles y Mayasquer, pertenecientes a la etnia de los Pastos; poseen características en gran medida común.

La organización política está regida por la Ley 89 de 1990, sus usos, costumbres y tradiciones generan una vasta gama de sistemas de interacción en los que prevalecen canales de comunicación en un ecosistema circunscrito.

La familia indígena está supeditada al trabajo en el campo, los niños a muy temprana edad empiezan a contribuir con la economía familiar, mientras sus padres trabajan en el agro, él cuida los animales domésticos como cerdos, ovejas, y algunas vacas.

Los Cabildos y la Autoridades Tradicionales constituyen la máxima autoridad. El Cabildo es elegido por la Comunidad Indígena conforme a sus costumbres y tradición cultural y es considerado como una entidad de carácter público especial y los documentos que expide en ejercicio de sus funciones son instrumentos públicos auténticos

Por disposición legal, el Cabildo se elige conforme a la Costumbre de cada Comunidad Indígena, mediante el voto libre de los Comuneros mayores de 18 años o de los menores que hayan formado familia (Artículo 3, Ley 89 de 1990).

7. CARACTERIZACIÓN SEMIDETALLADA DE LA COBERTURA VEGETAL

La cobertura vegetal del suelo, como manifestación de las diferentes variables ambientales y socioculturales de una región, es considerada por diversos autores como el componente que integra el funcionamiento del ecosistema y el mejor indicador del estado de conservación de los recursos debido a su facilidad de reconocimiento en cualquier escala de análisis⁶³.

El procesamiento y clasificación no supervisada previa de las imágenes Landsat y Aster, a través del software Erdas y ArcGis, permitió elaborar un mapa preliminar utilizado para la comprobación en campo de cada una de las clases, unidades de mapeo y escala de trabajo.

Posteriormente, se realizó la clasificación supervisada con su respectivo muestreo y comprobación en campo para determinar hasta donde se puede adoptar lo concertado en cuanto a terminología.

La adaptación de la metodología Corine Land Cover para esta investigación consistió en una caracterización de unidades de cobertura de la tierra para el área de estudio.

A continuación se presenta la caracterización de las unidades definidas en la leyenda de Corine Land Cover adaptada para Colombia en la Cuenca Magdalena-Cauca⁶⁴, con base en la leyenda establecida para las coberturas vegetales del área de estudio, además de la información obtenida a partir de las imágenes satelitales, fotografías aéreas, recorridos de campo por la zona de estudio y el conocimiento específico de la interpretación de las imágenes satelitales.

Para la presentación de la descripción de las unidades encontradas en la zona de estudio, se utilizó en este documento la codificación de las unidades de la leyenda de Corine Land Cover, descripción que se muestra a continuación:

7.1. CATEGORÍAS DE COBERTURA VEGETAL

7.1.1 Territorios artificializados: comprende las áreas de las poblaciones y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos. Se agrupa en las siguientes categorías, así:

⁶³ Etter, Andrés. Introducción a la ecología del Paisaje. Un marco de integración para los levantamientos rurales. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de docencia e investigación. Unidad de levantamientos rurales. Bogotá. p. 88. 1991.

⁶⁴ IDEAM. CORMAGDALENA. IGAC. Mapa de la cobertura de la tierra cuenca magdalena-cauca. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000. Bogotá. 2007.

7.1.1.1 Zonas urbanizadas (TAu): las zonas urbanizadas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados a ella que configuran un tejido urbano. Presenta la siguiente unidad:

- **Tejido urbano continuo (TAuc):** son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano. La superficie de la unidad debe ser superior a 6 has.

Incluye:

- Zonas de habitación periféricas.
- Casas individuales y de jardín.
- Áreas deportivas, pequeños parques y zonas peatonales con tamaño inferior a 6 has.
- Áreas verdes urbanas (parques y prados) cuando representan menos del 20% del área de la unidad.
- Edificaciones de servicios públicos (escuelas, hospitales), mercados o industrias, con sus infraestructuras asociadas (parqueaderos, infraestructuras de comunicación, áreas asfaltadas y verdes) con tamaño inferior a 6 has.
- Escombreras y vertederos con área inferior a 6 has.

7.1.2 Territorios agrícolas (AG): son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho.

7.1.2.1. Pastos: comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por gramíneas, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Para su clasificación se consideraron las siguientes unidades de pastos:

- **Pastos limpios (AGpl):** esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor al 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, enclavamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.

Incluye:

- Pastos limpios con área mayor o igual a 6 has.
- Cuerpos de agua asociados con área menor a 6 has.

- Zonas de pastos limpios sujetas a inundaciones temporales con área menor a 6 has.
- Pastos con presencia esporádica a ocasional de matorrales o árboles, con cubrimiento menor al 30% del área de pastos;
- Pastos limpios con presencia de áreas de cultivos, con cubrimiento menor al 30% del área de pastos.
- Infraestructuras asociadas a los pastos manejados (viviendas rurales, cercas vivas).

No incluye:

- Césped de las áreas deportivas.
- Pastos naturales y pastos no aptos para el ganado.
- Cultivos de forraje.
- Pasto en rotación con cultivos anuales o transitorios.
- Pastos limpios con densidad de árboles mayor al 30% del área.
- Pastos limpios con densidad de malezas o rastrojos mayor al 30% del área.
- Pastos limpios con presencia de cultivos y espacios naturales distribuidos en forma dispersa, con área menor a 6 has.

En el proceso de interpretación, la cobertura de pastos limpios puede confundirse con la clase de pastos naturales y sabanas. Su diferenciación debe apoyarse en la ubicación geográfica de las sabanas naturales.

La cobertura de pastos limpios también puede presentar confusión con las coberturas de cultivos cuando presenta claros arreglos espaciales geométricos, por su variedad de tonos y colores que presentan en la imagen. Para su diferenciación se hace necesario la utilización de información auxiliar como fotografías aéreas, mapas temáticos y otra información agrícola, así como un buen nivel de referencia local del intérprete.

Cuando las áreas cubiertas por pastos limpios son abandonadas por un período mayor a 3 años, se puede presentar el crecimiento de matorrales y el crecimiento de vegetación de sucesiones tempranas, debiéndose clasificar como pastos enmalezados o arbustos y matorrales dependiendo de la cobertura dominante.

7.1.2.2 Áreas agrícolas heterogéneas: son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra. Se definieron las siguientes unidades:

- **Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1):** comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 6 has) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

Incluye:

- Mezcla de parcelas de pastos y cultivos con un patrón espacial intrincado con área mayor a 6 Has.
- Pastos y cultivos bordeados con setos de árboles o arbustos (frutales o no).
- Mezcla de parcelas de pastos y cultivos, donde ninguno de los cultivos representa más del 70% del área total del mosaico.
- Infraestructuras asociadas a los mosaicos de pastos y cultivos (viviendas rurales, setos, vías) con área menor a 6 has.
- Mezcla de pastos y árboles frutales.

No incluye:

- Mezcla de parcelas de pastos y cultivos cuando una de estas coberturas es superior al 70% del área del mosaico.
- Zona de pastos y cultivos asociados con espacios naturales.

El mosaico de pastos y cultivos presenta en la imagen arreglos geométricos característicos que facilitan su interpretación. Las coberturas de pastos y cultivos presentan en la imagen una amplia gama de tonos y colores debido a sus diferentes estados vegetativos y las variadas prácticas de manejo. Pueden presentar confusión con la unidad de mosaico de cultivos por la similitud en el patrón espacial. Para su identificación y clasificación se requiere el uso de información secundaria como fotografías aéreas, mapas temáticos, control de campo y otra información agrícola.

- **Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3):** esta unidad está constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representados individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 6 hectáreas.

Las coberturas de pastos representan entre el 30 % y el 70 % de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustos y matorrales, bosque de galería y/o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.

Incluye:

- Mezcla de parcelas de pastos y zonas de espacios naturales con área mayor a 6 has.
- Zonas pantanosas con área menor a 6 has.
- Pequeños cuerpos de agua con área menor a 6 has.
- Relictos de bosques menores con área menor a 6 has.
- Bosques de galería y/o riparios, arbustos y matorrales con área menor a 6 has.
- Infraestructuras asociadas a los pastos manejados (viviendas rurales, setos, vías).

No incluye:

- Zonas donde los espacios naturales representan más del 70% del área del mosaico, se deben clasificar como coberturas de bosques y áreas seminaturales.

- Pastos asociados con frutales con área menor a 6 has, sin presencia de vegetación natural.

En el proceso de interpretación y zonificación de las coberturas se debe hacer la separación de unidades puras mayores a 6 has, antes de considerar la conformación de mosaicos.

7.1.3 Bosques y áreas seminaturales (BN): comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo desarrollados sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica; y por aquellas territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación. En esta categoría fueron definidos los siguientes tipos de coberturas:

7.1.3.1 Bosques: comprende las áreas naturales o seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal o en algunos casos con varios tallos, que tiene una copa más o menos definida.

Los bosques son determinados por la presencia de árboles, así como por la ausencia de otro uso predominante de la tierra. Los árboles deben alcanzar una altura mínima de 5 metros. Para la leyenda de Corine, en esta clase se incluyen otras formas biológicas naturales densas, tales como palma y guadua, que son objeto de explotación forestal.

- **Bosque natural denso (BNbd):** cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo, con altura superior a 5 metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (Oram, 1998).

Incluye:

- Cobertura de Bosque natural con área mayor a 6 has.
- Formaciones arbóreas secundarias regeneradas de manera natural que han alcanzado la densidad y altura de bosque natural.
- Afloramientos rocosos incluidos dentro del bosque natural con área menor a 6 has.

No incluye:

- Plantaciones de coníferas o latifoliadas.
- Zonas quemadas con área mayor o igual a 6 has localizadas en el interior de coberturas de bosque natural denso.
- Vegetación de arbustos y matorrales.
- Zonas verdes urbanas con área mayor o igual a 6 has.

- **Bosque natural fragmentado (BNbf):** comprende los territorios cubiertos por bosques naturales con intervención humana que mantienen su estructura original. Se

pueden dar la ocurrencia de áreas completamente transformadas en el interior de la cobertura, originando parches por la presencia de otras coberturas como pasto, cultivos y/o rastrojos que reemplazan la cobertura original, las cuales no representan más del 30% del área de la unidad de bosque natural.

Incluye:

- Coberturas de cultivos con área menor a 6 has y que no constituyen más del 30% del área de la cobertura total.
- Coberturas de pastos con área menor a 6 has y que no constituyan más del 30% del área de la cobertura total.
- Coberturas de rastrojos con área menor a 6 has y que no constituyen más del 30% del área de la cobertura total.
- Áreas degradadas (minería) y/o afloramientos rocosos incluidos dentro de la cobertura de bosque natural con tamaño menor a 6 has.

No incluye:

- Parcelas de cultivos y pastos con área mayor o igual a 6 has y/o con un porcentaje de participación mayor al 70% del área de la cobertura total.
- Arbustos y matorrales con área mayor o igual a 6 has y/o con un porcentaje mayor al 70% del área de la cobertura total.
- Bosques plantados.
- Bosques de galería.

Por ser producto de la intervención humana, los parches de pastos, cultivos y minería tienen generalmente formas geométricas. Los bosques fragmentados tienden a presentarse en zonas de colonización, cerca de las áreas donde aún se conserva la matriz de bosque natural.

• **Bosque plantado (BNbp):** son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera o bienes no madereros.

Las coberturas pueden estar formadas por especies exóticas o nativas que son sometidos a ordenación forestal (protección, conservación, producción).

Incluye:

- Plantaciones de coníferas o latifoliadas con área mayor a 6 has.
- Plantaciones jóvenes con área mayor a 6 has.
- Zonas quemadas con área menor a 6 has incluida dentro de la plantación.
- Parcelas de plantaciones en proceso de aprovechamiento (zonas en tala).
- Infraestructura asociada con área menor a 6 has, (vías, campamentos, aserraderos).

No incluye:

- Zonas quemadas con área mayor o igual a 6 has localizadas en el interior de las áreas de bosque plantado.
- Frutales de tipo arbóreo.

Esta cobertura presenta en la imagen de satélite un patrón geométrico regular, constituido por las hileras de árboles generalmente de la misma edad.

7.1.3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva (BNa): comprende los territorios cubiertos por vegetación herbácea y arbustiva desarrollados en forma natural sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales. Las coberturas definidas son las siguientes:

- **Arbustos y matorrales (bosques achaparrados de páramo) (BNam):** corresponde con aquellas coberturas constituidas por vegetación natural de porte bajo, con un dosel irregular en donde predominan los elementos arbustivos, pero que puede presentar elementos arbóreos dispersos. Esta vegetación puede ser producto de las condiciones naturales o de la acción antrópica. Un arbusto es una planta perenne, con una altura entre 0.5 y 5 m y sin una copa definida (FAO, 2001).

También se incluye dentro de esta categoría la vegetación achaparrada correspondiente al subpáramo, el cual se ubica entre los 3000 y 3500 m.s.n.m. bordeando los páramos.

Incluye:

- Coberturas de arbustos y matorrales con área mayor o igual a 6 has.
- Parcelas de cultivos permanentes en proceso de abandonados superior a tres años.
- Coberturas naturales arbustivas de subpáramo.
- Coberturas conocidas en Colombia como rastrojos bajos.

No incluye:

- Parcelas de cultivos permanentes en proceso de abandonado inferior a tres años, se deben clasificar como coberturas de cultivos.
- Parcelas de pastos en proceso de abandonado inferior a tres años, se deben clasificar como coberturas de pastos manejados.

La cobertura de arbustos y matorrales puede hacer parte de amplia zona de transición ecológica observable en las sucesiones vegetales. En la interpretación de la imagen puede confundirse con pastos enmalezados, para su identificación y clasificación se requiere del uso de información secundaria como fotografías aéreas, mapas temáticos, control de campo y otra información agrícola.

- **Vegetación de páramo (BNap1):** esta unidad se caracteriza por presentar una cobertura vegetal de bajo porte que se localiza en las zonas de alta montaña, está compuesta principalmente por gramíneas (familia Poaceae) del tipo pajonal

(*Calamagrostis* sp.), entremezclada con plantas arrosetadas como los frailejones (*Espeletia* sp.) y otras especies. Esta cobertura se encuentra en las franjas diferenciadas altitudinalmente como subpáramo, entre los ± 2800 m.s.n.m. a ± 3500 m.s.n.m., páramo, entre ± 3500 a ± 4500 m.s.n.m. y superpáramo, de ± 4500 m.s.n.m. en adelante, las cuales bordean en algunos casos zonas subnivales desprovistas de vegetación y zonas nivales.

La vegetación de páramo se presenta en Colombia en las cumbres altas de la zona andina y en la Sierra Nevada de Santa Marta. Cabe resaltar que dentro de la zona de estudio la vegetación paramuna es la que mas predomina con aproximadamente 51% sobre el resto de las coberturas, siendo esta una de la parte del complejo volcánico Chiles – Cumbal – Azufral.

Incluye:

- Coberturas de vegetación de páramo y subpáramo con área mayor a 6 has.
- Cobertura de pajonales con área mayor a 6 has, localizadas en alturas superiores a los ± 2800 m.s.n.m.
- Zonas de humedales y turberas con área menor a 6 has, localizadas en alturas superiores a los ± 2800 m.s.n.m.
- Afloramientos rocosos con área menor a 6 has, localizadas en alturas superiores a los ± 2800 m.s.n.m.
- Cuerpos de agua con área menor a 6 has, localizados en alturas superiores a los ± 2800 m.s.n.m.

No incluye:

- Coberturas de pastos naturales con área mayores a 6 has.
- Coberturas de pastos limpios con área mayor a 6 has.
- Cobertura de vegetación arbustiva con área mayor a 6 has.
- Zonas pantanosas con área mayor a 25 hectáreas.
- Parcelas de cultivos de papa con área mayor a 6 has.

La cobertura de vegetación de páramo y subpáramo por ser continua y densa presenta un color verde oliva en la combinación 453 (imagen de satélite Landsat) y generalmente ocupa grandes áreas.

• **Vegetación rupícola (BNar):** en sentido amplio se define, como aquella vegetación que crece sobre afloramientos rocosos, sobre los cuales aparece una vegetación endémica, de porte achaparrado, de tipo xeromorfo, en la que predominan los arbustos y árboles pequeños con hojas coriáceas. Para su identificación y clasificación se debe tener en cuenta la localización geográfica.

Incluye:

- Cobertura de vegetación rupícola con área mayor a 6 has.
- Afloramientos rocosos con área menores a 6 has.
- Coberturas de arbustos y matorrales con área menor a 6 has.

No incluye:

- Coberturas de pastos naturales y sabanas con área mayor a 6 has.

7.1.3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación (BNr): comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve. Comprende los siguientes tipos de coberturas:

- **Afloramiento rocoso (BNrr):** son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados; así como zonas de rocas desnudas relacionadas con la actividad volcánica o glaciar. Asociados con los afloramientos rocosos se pueden encontrar depósitos de sedimentos finos y gruesos, de bloques o de cenizas.

Se localizan principalmente en las áreas de fuerte pendiente, donde predominan los sustratos de rocas duras y resistentes, asociadas con fallas y deformaciones geológicas, volcanes y glaciares de montaña.

Incluye:

- Zonas de afloramientos rocosos con área superior a 6 has;
- Áreas rocosas con cobertura vegetal rala y escasa que representa menos del 30% del afloramiento rocoso.
- Zonas cubiertas por productos de actividad volcánica reciente como ceniza volcánica, lapilli y bloques, así como los campos estériles formados sobre flujos de lava.

No incluye:

- Zonas de afloramientos rocosos con área inferior a 6 has.; se deben asociar a otras coberturas
- Zonas de Rocas desnudas con arbustos dispersos que cubren más del 30% del afloramiento rocoso.

Los afloramientos rocosos son producto de la dinámica natural del terreno, por lo tanto, no se debe asociar a las tierras degradadas.

7.1.4 Áreas húmedas (AH): comprende aquellas coberturas constituidas por terrenos anegadizos, que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados en los bordes marinos y al interior del continente. De acuerdo con su localización fueron divididos de la siguiente forma:

7.1.4.1 Turberas (AHt): son terrenos bajos de tipo pantanoso, de textura esponjosa, cuyo suelo está compuesto principalmente por musgos y materias vegetales descompuestas. Se encuentran frecuentemente en áreas andinas en cotas superiores a los 3200 m.s.n.m.

Incluye:

- Depósitos de turbas con superficie mayor a 6 has.

No incluye:

- Cuerpos de agua localizados dentro de la turbera con área mayor a 6 has.
- Turberas cubiertas por vegetación arbustiva.
- Turberas drenadas.

Estas coberturas son consideradas como unidades con poca representatividad a la escala 1:50.000, ya que es difícil su identificación y zonificación a esta escala.

7.1.5 Superficies de agua (SA): son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa.

7.1.5.1 Aguas continentales (SAc): son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce (o sea no salino), embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales.

- **Lagunas (SAcl):** superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar. En la zona andina hay cuerpos de agua (lagos y lagunas) situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos.

Incluye:

- Lagunas, ciénagas u otros cuerpos de agua naturales con área mayor o igual a 6 has.
- Cobertura de vegetación acuática flotante con área menor a 6 has y que no represente más del 30% del área del cuerpo de agua.

No incluye:

- Cuerpos de aguas artificiales utilizados para la cría de especies acuícolas.
- Superficies con vegetación acuática flotante con área mayor a 6 has.

En las zonas con numerosos cuerpos de agua de tamaño menor a 6 has se deben aplicar las reglas de generalización.

La delineación de esta unidad corresponde al momento de la toma de la imagen de satélite y se debe evitar el uso de información secundaria que generalmente reporta áreas variables.

7.2 COBERTURA VEGETAL AÑO 1987

Una vez realizada la clasificación de la cobertura vegetal de la imagen Landsat del año 1987 se obtuvieron trece tipos de coberturas contenidos en cinco categorías principales como respuesta a la adaptación de la metodología de Corine para esta investigación. En el cuadro 10 se dan a conocer el área expresada en hectáreas, el porcentaje de la cobertura total para el área de estudio y el código con el cual se identifican las coberturas en los mapas.

Cuadro 10. Cobertura del año 1987.

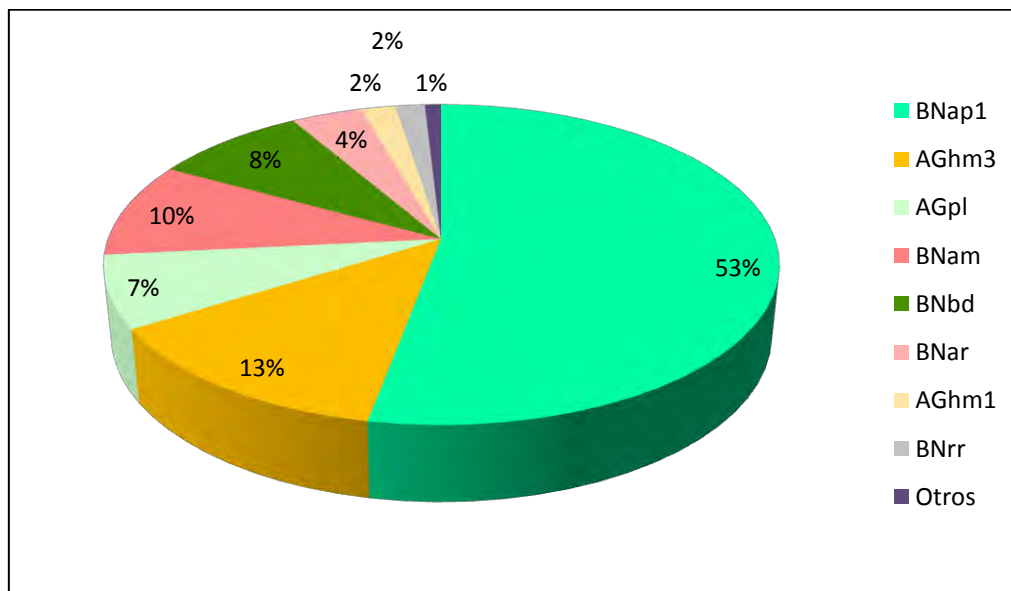
COBERTURA 1987			Código	Área (Has)	%
TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	Zonas urbanizadas	Tejido Urbano Continuo	TAuc	23,8	0,12
TERRITORIOS AGRÍCOLAS	Pastos	Pastos Limpios	AGpl	1505,2	7,29
	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de Pastos y Cultivos	AGhm1	397,4	1,9
		Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	AGhm3	2716,5	13,16
BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	Bosques	Bosque Natural Denso	BNbd	1765,6	8,55
		Bosque Natural Fragmentado	BNbf	75,8	0,37
		Bosque Plantado	BNbp	34,5	0,17
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Bosques Achaparrados de páramo	BNam	1972,2	9,55
		Vegetación de Páramo	BNap1	10929,6	52,95
		Vegetación Rupícola	BNar	822,1	3,98
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Afloramiento Rocoso	BNrr	339,7	1,65
ÁREAS HÚMEDAS	Turberas		AHt	46,0	0,22
SUPERFICIES DE AGUA	Aguas continentales	Lagunas	SAcl	13,8	0,07
	Total			20642,3	100

Fuente: esta investigación.

Una vez obtenidos los resultados de los porcentajes totales de la cobertura vegetal para el año 1987, se realizó la gráfica 29, donde se indican de menor a mayor el porcentaje de la

cobertura, de manera que los valores que en el cuadro muestra un porcentaje inferior al 1% como es el caso del tejido urbano continuo, el bosque natural fragmentado, el bosque plantado, las turberas y las lagunas, se los sumó y se los muestra en la categoría denominada otros, como lo indica la gráfica. Además, es evidente que la vegetación de páramo es la de mayor presencia en el área de estudio, llegando a conformar más del 50 % de total en la zona de investigación lo que representa un total de 10929 has, mientras que el mosaico de pastos con espacios naturales (13%) contiene un total de 2716 has y la vegetación achaparrada de páramo (10%) presentó un total de 1972 has.

Figura 29. Cobertura del año 1987 expresada en porcentajes.



Fuente: esta investigación

7.2.1 Tejido urbano continuo: como lo indica el cuadro de cobertura vegetal del año 1987, esta unidad correspondió a 23,8 has que fue el 0,12% del total de la cobertura vegetal de este año. El tejido urbano hace referencia a los centros poblados de los resguardos indígenas de Chiles al sur oriente del área de estudio, con un total de de 16,7 has y más al norte está la cabecera del resguardo indígena de Panán con 7,1 has.

Esta unidad se encontró a un altura promedio de 3.100 m.s.n.m. En esta cobertura están incluidas las veredas donde se concentran las grandes extensiones urbanizadas, principalmente a lo largo de las vías de comunicación. Las cabeceras están ubicadas de manera estratégica, en la parte de la ladera baja, es decir donde empieza la zona de altiplanicie.

7.2.2 Pastos limpios: esta unidad se la encontró principalmente en el resguardo de Cumbal al nororiente del área de estudio, con un total de 1505 has distribuidas en las

veredas de La Poma en el resguardo de Panán hasta la vereda La Loma en el resguardo de Cumbal. Más al norte existió otra zona de pastos limpios que cubrió una extensión de 165 has en las veredas de Cuetial y La Esperanza en el resguardo de Cumbal, llegando al límite con el río Blanco.

En menor cantidad se presentó en Chiles, muy cerca la centro poblado de este resguardo, entre las veredas de Cristo Rey y la Palma, cubriendo una extensión de 122,6 has, que sumadas con las encontradas en los resguardos y mencionados suman 1505,2 has que representaron el 10,6% del total de la cobertura para el año 1987.

7.2.3 Mosaico de pastos y cultivos: esta unidad se la encontró principalmente en el resguardo indígena de Chiles, en las cercanías al centro poblado. En el sector denominado el Infiernillo, al extremo sur oriente del área de estudio se localizó un cubrimiento de esta cobertura de 100,7 has. Más al norte, en este mismo resguardo en la vereda Nasate y Nasate Bajo, se extendió en una pequeña porción de esta cobertura en la parte sur oriental del resguardo de Panán, bordeando la quebrada El Tanque, con una superficie de 296,7 has.

El área total del mosaico de pastos y cultivos encontrados en el área de estudio para el año 1987 correspondió a un total de 397,4 has que representan el 2,8% de la cobertura total.

7.2.4 Mosaico de pastos con espacios naturales: presentó un total de 2716,5 has que significaron el 19,2% del total de la cobertura. Se lo encontró en la frontera límite con el páramo de sur a norte en el área de estudio, a lo largo de los resguardos de Chiles, Panán y Cumbal. En este primer resguardo cubre 577 has, en las veredas de La Horqueta, Cristo Rey y Cristo Rey Alto.

Por su parte en Panán, en las veredas de La Palma y Purgatorio cubrió una extensión de 355 has, a una altura promedio de 3.300 m.s.n.m. Al norte por a franja oriental del área de estudio, desde el resguardo de Panán pasando por las veredas de Cuaichala, El Chorro, Loma Tinajas, El Lamba, El Palmar hasta el límite con el resguardo de Cumbal, se extendió un total de 782 has.

También se encontraron pequeños parches de éstos mosaicos al occidente del área de estudio en medio de la vegetación de páramo del resguardo de Chiles, en cercanías al sur del Cerro Canguil en la vereda El Tambo, en esta zona que pertenece a la vertiente del Pacífico cubre una extensión de 51 has distribuidas en pequeños parches de mosaico de pastos con espacios naturales de 8 has aproximadamente. En este sector se los encontró desde una altura de 3.400 m.s.n.m. hasta los 3.600 m.s.n.m.

7.2.5 Bosque natural denso: este tipo de cobertura presentó un total de 1765,6 has que hacen el 12,5% de la cobertura absoluta para 1987; estuvo a una altura aproximada que va desde los 3000 m.s.n.m. hasta los 3400 m.s.n.m. Este bosque se lo encontró únicamente en el flanco occidental del área de estudio en el resguardo de Mayasquer en su mayoría y una pequeña porción en el lado Ecuatoriano, en la parte baja de los Cerros

Negro, Canguil y Granizo, en los sectores conocidos como Gritadero, Cortaderal y Los Tres Chorros.

7.2.6 Bosque natural fragmentado: esta unidad presentó un total de 75,8 has que es el 0,5% de toda la cobertura. Estos fragmentos de bosque natural se los encontró en medio del bosque natural denso, en la parte nor-occidental del área de estudio, en cercanías al sector de Marpi a una altura que va desde los 3.100 m.s.n.m. hasta los 3.200 m.s.n.m. en el resguardo indígena de Mayasquer.

7.2.7 Bosque plantado: este bosque obtuvo 34,5 has que son el 0,2% del total de la cobertura del área de estudio para el año 1987. Se lo encontró en el sector oriental del área de estudio en el resguardo de Panán a una altura de 3.300 m.s.n.m. aproximadamente, en cercanías con la vía principal que comunica los centros poblados de Tufiño en el Ecuador, Chiles, pasando por Panán y que conecta a la cabecera municipal de Cumbal. El tipo de especie arbórea que se encontró fueron pinos, principalmente.

7.2.8 Bosques achaparrados de páramo: esta unidad presentó un total de 1972,2 has que representaron el 13,9%. Ésos bosques achaparrados se los encontró dispersos a lo largo y ancho de la cobertura de páramo, principalmente en el sector oriental del área de estudio, casi en los límites de los mosaicos de pastos y cultivos. La mayoría de esta cobertura pertenece al resguardo indígena de Chiles, le sigue en menor cantidad los resguardos de Panán, Cumbal y Mayasquer respectivamente.

La vegetación de los bosques achaparrados de páramo se distribuyeron entre los cuatro resguardos que cubren el área de estudio, de manera que para el resguardo de Chiles entre los 3500 y 3900 m.s.n.m aproximadamente pertenecieron 755,1 has, ubicadas en la parte alta de la quebrada La Contrayerba y se extendieron a lo largo del río Chiles o Carnangán. En Panán a una altura de 3400 y 3600 m.s.n.m, se localizaron 607,5 has; a Cumbal entre los 3300 y 3600 m.s.n.m. haciendo parte de la microcuenca de la quebrada Llano Largo que desemboca en el río Blanco de Cumbal 543,8 y las restantes 65,7 has se las encontró en Mayasquer a una altura aproximada de 3600 hasta los 3900 m.s.n.m. ubicados en la parte alta de la quebrada Granizo.

7.2.9 Vegetación de páramo: esta cobertura fue la más extensa dentro del área de estudio ya que obtuvo 10929,6 ha que representaron el 53 %.se distribuyó en la parte central del área de investigación, está presente en los resguardos de Chiles, Panán, Cumbal, Mayasquer y se extendía hacia el Ecuador por el occidente del Cerro Negro.

El páramo comprendió la vegetación de tipo pajonal y frailejonal, a una altura aproximada de los 3400 m.s.n.m. de manera que el resguardo de Chiles el que comprende mayor extensión con un total de 3671,5 has, distribuidas al oriente del volcán Chiles en la microcuenca del río Chiles y Capote, al occidente en las microcuencas de la quebrada Tambo; mientras que el resguardo de Panán presentó 2543,6 has localizadas en la parte alta de las quebradas El Tambo, Hueco Oscuro y Nasate; entre tanto el resguardo que le

sigue en cantidad de esta cobertura, fue Mayasquer con 2068,6 has que se distribuyeron por la microcuenca de la quebrada Granizo y el río Marpi; finalmente en el resguardo de Cumbal el que menor cantidad de vegetación de páramo presentó para el año 1987 con un total de 2131,2 has, ubicado por las pequeñas quebradas que abastecen al río Blanco.

En consecuencia, la suma de las hectáreas de la vegetación paramuna de los cuatro resguardos mencionados fue de 10414,9, entre tanto las restantes 514,7 has se localizaron en el Ecuador, principalmente en las laderas del volcán Chiles y Cerro Negro al sur-occidente del área de estudio.

7.2.10 Vegetación rupícola: esta cobertura presentó un total de 822,1 has que son el 5,8% del total de la cobertura del año 1987. Se la encontró bordeando el volcán Chiles a una altura que va desde los 4000 hasta los 4400 m.s.n.m. al sur en los límites de la vegetación de páramo y el afloramiento rocoso, también se la localizó al norte entre el Cerro Granizo y Colorado, a una altura aproximada de los 4000 m.s.n.m. hasta los 4250 m.s.n.m. sirviendo su divisoria de aguas como límite entre los resguardos de Panán y Mayasquer, y que se extendió hacia el norte en el sector denominado El Baúl.

La vegetación rupícola distribuida entre los resguardos que comprenden el área de estudio, se encontró con mayor predominancia en el resguardo de Chiles con un total de 283,2 has, le sigue Mayasquer con 147 has y Panán con 99 has, esto, del lado Colombiano que suma 528,7 has. Mientras que del lado del Ecuador que hace parte del área de estudio, la vegetación rupícola es de 293,5 has principalmente en las estribaciones del Chiles.

7.2.11 Afloramiento rocoso: esta unidad obtuvo 339,7 has que representaron el 2,4 %. Se los encontró únicamente en las cimas del volcán Chiles y Cerro Negro, en los resguardos de Chiles y Mayasquer respectivamente, esta unidad se ubicó en gran cantidad del lado Ecuatoriano.

La cantidad de hectáreas se distribuyeron entre los resguardos así: Chiles con 174,8 has y Mayasquer con 31,2 has, de manera que las restantes 233,8 has le pertenecieron a la zona ecuatoriana del área de estudio.

7.2.12 Turberas: esta cobertura obtuvo tan solo 46 has que representaron el 0,3% del total de la cobertura vegetal. Se las encontró en el valle glacial del río Chiles del volcán Chiles a una altura de 3500 m.s.n.m. en la vereda Bellavista, y al norte de la zona de estudio en los valles de uno de los afluentes del río Blanco al oriente de los Cerros Granizo y Crespo a 3700 m.s.n.m. aproximadamente; y aguas abajo de la vereda San Ignacio a una altura de 3500 m.s.n.m. La distribución de hectáreas de las zonas de turberas entre los resguardos fue de 25,3 has en Chiles y 20,6 has en Cumbal.

7.2.13 Lagunas: esta unidad fue la más pequeña de la clasificación con un total de 13,8 has que representan el 0,1%. Se las encontró en medio del páramo en los resguardos de Chiles, Panán y Mayasquer.

Del 13,8% que fue el total de la cobertura de lagunas en el área de estudio, el 10,4 has pertenecieron al resguardo de Mayasquer, siendo la más extensa la laguna de Marpi, ubicada a 3700 m.s.n.m. en la microcuenca del río Marpi; mientras que en Chiles fue de 1,9 has siendo las más destacadas la laguna El Colorado ubicada a 3900 m.s.n.m en la microcuenca de la quebrada El Tambo y la laguna Verde del Cerro Nasate a 4000 m.s.n.m. en la quebrada Hueco Oscuro, abastecedora del río Capote y además es el límite entre Chiles y Panamá.

7.3 COBERTURA VEGETAL AÑO 1997

Para cada una de las coberturas vegetales presentes en el año de 1997 se obtuvo como resultado los valores identificados en el Cuadro 11. Éstos valores permitieron identificar de una forma muy general la cobertura que perdió extensión con respecto al anterior período fue la vegetación de páramo y la cobertura que creció en mayor proporción fue el mosaico de pastos y cultivos.

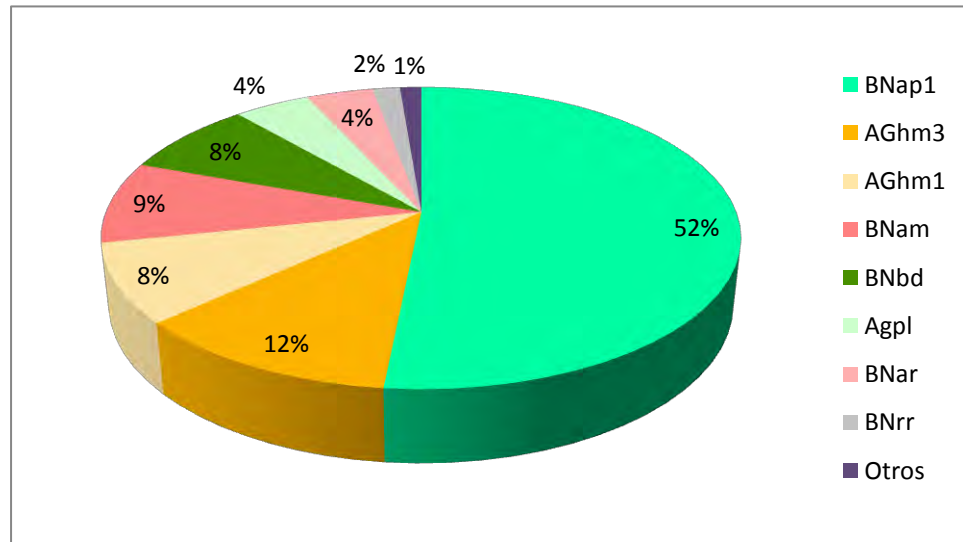
Cuadro 11. Cobertura del año 1997

COBERTURA 1997			Código	Área (Has)	%
TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	Zonas urbanizadas	Tejido Urbano Continuo	TAuc	23,8	0,12
TERRITORIOS AGRÍCOLAS	Pastos	Pastos Limpios	AGpl	930,6	4,51
	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de Pastos y Cultivos	AGhm1	1745,3	8,45
		Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	AGhm3	2417,5	11,71
BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	Bosques	Bosque Natural Denso	BNbd	1664,3	8,06
		Bosque Natural Fragmentado	BNbf	150,3	0,73
		Bosque Plantado	BNbp	27,3	0,13
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Bosques Achaparrados de páramo	BNam	1812,4	8,78
		Vegetación de Páramo	BNap1	10649,2	51,59
		Vegetación Rupícola	BNar	822,1	3,98
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Afloramiento Rocoso	BNrr	339,7	1,65	
ÁREAS HÚMEDAS	Turberas		AHt	46,0	0,22
SUPERFICIES DE AGUA	Aguas continentales	Lagunas	SAcl	13,8	0,07
	Tota			20642,3	100

Fuente: esta investigación

La vegetación de páramo, a diferencia del año de 1989, disminuyó su cobertura, pasando de un 53% del área de estudio a un 52%, de tal manera que disminuyeron cerca de 280 has. La cobertura de bosque natural denso se mantuvo con el 8% pero disminuyó con respecto a 1987 101 has, y la cobertura del mosaico de pastos y cultivos aumentó de un 1% a un 8% que significan 1347 has, siendo éstos los valores de cambios más significativos en este período.

Figura 30. Cobertura del año 1997 expresada en porcentajes



Fuente: esta investigación

En consecuencia, a continuación se describe de manera detallada la ubicación de las unidades de cobertura dentro del área de estudio, teniendo en cuenta veredas, resguardos, cerros, volcanes, ríos, entre otros, también se incluye en esta descripción la cantidad de hectáreas y el porcentaje al que equivale cada cobertura.

7.3.1 Tejido urbano continuo: esta cobertura tuvo 23,8 has que representaron el 0,12% del total de la cobertura vegetal del año 1997. Dentro de esta unidad están los centros poblados de los resguardos de Chiles y Panán, que sirven también como límite del área de estudio del flanco oriental de esta.

Es así que para Chiles se registraron 16,7 has y para Panán las restantes 7,1 has. En comparación con el período de referencia 1987 no se registran cambios ya que no cubren más de 2,5 has que es lo mínimo para ser cartografiado.

7.3.2 Pastos limpios: esta cobertura para el año 1997 presentó un total de 930,6 has que es el 4,51% del total, mientras que en el año de referencia 1987 se registraron 1505,2 has. Esta cobertura se la encontró en el resguardo indígena de Cumbal, al extremo nor oriental del área de estudio con un total de 929 has, mientras que las restantes 1,6 has

están en jurisdicción del resguardo de Panán, de manera que para Chiles en 1997 ya no se registraron pastos limpios.

La cobertura vegetal pastos limpios del año 1987 se localizaron altitudinalmente entre los 3.000 y 3.300 m.s.n.m. en la microcuencas de las quebradas Los Sapos y San José que abastecen al río Blanco entre las veredas La Unión, Cuetial, La Loma y La Esperanza más al norte.

7.3.3 Mosaico de pastos y cultivos: esta unidad para 1997 tuvo 1745,3 has que representaron el 8,45% del total de la cobertura vegetal. Mientras que para el año de 1987 se registraron 397,4 has dentro del área de estudio, de manera que para 1997 incrementó 3.4 veces su área en el resguardo de Cumbal.

Los mosaicos de pastos y cultivos se encontraron a los 3.100 y 3.400 m.s.n.m. aproximadamente, cubriendo un total de área en el resguardo de Chiles de 280,5 has, en las veredas de El Infiernillo y Cristo Rey Bajo, que hacen parte de la quebrada río Chiles; mientras que en los resguardos de Panán en las veredas La Poma, El Mirador y La Esperanza, en las microcuencas de las quebradas Puzcuelán, Acequia, Santa Bárbara y Chingua, y en Cumbal en las microcuencas de las quebradas Llano Largo y Las Piedras se presentaron en mayor cantidad, siendo de 759,3 has y 705,5 has respectivamente.

7.3.4 Mosaico de pastos con espacios naturales: esta cobertura presentó en 1997 2417,5 has que es el 1,71% del total de las coberturas registradas dentro del área de estudio, es así que para el año de 1987 se evidenciaron 2716,5 has mostrando un decrecimiento de esta cobertura en el resguardo de Chiles principalmente.

Este mosaico de pastos con espacios naturales se encontró ubicado en el límite del páramo y el mosaico de pastos y cultivos, en el flanco oriental del área de estudio, estuvo presente en los resguardos de Chiles, Panán y Cumbal, además se ubicó una mínima proporción en la parte baja del flanco sur del Cerro Canguil en el sector de El Tambo.

La cobertura vegetal del año 1997, dio como resultado un total de 1017,9 has en el resguardo de Chiles, en las veredas Cristo Rey, Cristo Rey Alto, La Palma y Nasate Alto, en la microcuencas de los ríos Nasate y Chiles; mientras que para el resguardo de Panán, es de 907,2 has en las veredas El Chorro y El Lamba, en la parte alta de las quebradas Puzcuelán y Acequia. Siguiendo por este mismo flanco oriental del área de estudio se encontraron 492,3 has en el resguardo de Cumbal en la parte alta de las quebradas Los Sapos, Las Piedras y Llano Largo. En cuanto a la ubicación altitudinal varía entre los 3.300 y 3.500 m.s.n.m. aproximadamente.

Los pastos con espacios naturales están en una franja transicional que separa la vegetación de páramo y el mosaico de pastos y cultivos, aunque en algunos casos puede estar condicionado por la ubicación de los bosques achaparrados de páramo.

7.3.5 Bosque natural denso: este tipo de cobertura presentó 1664,3 has que es el 8,06% del total de la cobertura vegetal de este año, mientras que para el año de 1987 se registraron 1765,6 has disminuyendo principalmente en Mayasquer.

El bosque natural denso se lo encontró localizado a lo largo de todo el flanco occidental del área de estudio, en el sector sur de El Gritadero y al norte en El Cortaderal en el río Marpi y quebrada Tambo, al costado occidental del cerro Canguil. La posición altitudinal a la cual se encontró esta vegetación varía entre los 3.100 y los 3.300 m.s.n.m. aproximadamente.

Este bosque pertenece a la vertiente del pacífico, es así que la gran mayoría de las hectáreas de esta cobertura se ubicaron en el resguardo de Mayasquer con un total de 1369,8 has, mientras que las restantes 27,9 has del lado colombiano pertenecieron al resguardo de Chiles. Entre tanto la vegetación que hace parte del sector ecuatoriano en la zona de estudio es de 266,7 has localizadas en las estribaciones sur occidentales del Cerro Negro.

7.3.6 Bosque natural fragmentado: los bosques fragmentados para 1997 fueron de 150,3 has que representaron el 0,73% de la cobertura total, mientras que para el año 1987 era de 75,8 has aumentando significativamente en Mayasquer.

Es una pequeña fracción de terreno que se localizó al nor occidente del área de estudio, muy cerca al sector denominado El Cortaderal, sector por donde drenan las aguas que salen de la laguna de Marpi. El bosque natural fragmentado se encontró entre los ramales del bosque natural denso, es así que para 1997 se lo ubicó únicamente en el resguardo de Mayasquer, muy cerca del sitio denominado El Cortaderal a una altura promedio de 3.200 m.s.n.m. aproximadamente.

7.3.7 Bosque plantado: para el año 1997 el total de hectáreas de bosque plantado era de 27,3 que significa el 0,13% del total de la cobertura clasificada en el área de estudio, mientras que en 1987 se registraron 34,7 has, de manera que se extrajeron 7,4 has. Este bosque de pino se encuentra en el extremo oriental del área de estudio, en el resguardo de Panán a una altura de 3.200 m.s.n.m. aproximadamente.

El bosque plantado se ubicó en la parte alta, donde nacen las quebradas Chingua al norte y Santa Bárbara hacia el sur, entre los sectores denominados La Esperanza y La Puerquera respectivamente.

7.3.8 Bosques achaparrados de páramo: este tipo de cobertura para 1997 tuvo 1812,4 has que representó el 8,78% de la cobertura total, mientras que para el año de 1987 se registraron 1972,2 has, disminuyendo cerca de 100 has en Panán principalmente.

Estos bosques achaparrados corresponden a vegetación de páramo, por ende se encontraron dispersos a lo largo de este. Además existió una concentración de esta vegetación en el costado occidental del área de estudio, básicamente entre la vegetación de páramo y los mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales.

En Chiles esta vegetación se la encontró en la parte alta de la microcuenca río Chiles, en el sitio denominado Monte de Aguas Hediondas y en el sector Hueco de la Olla y al norte del volcán Chiles en la quebrada Tambo; en Panán se distribuyeron en la parte alta de las quebradas Puzcuelán y El Purgatorio; en Cumbal se las encontró en la parte alta de las quebradas Las Piedras, Llano Largo y demás afluentes del río Blanco; y finalmente en Mayasquer se las localizó en el flanco occidental de los cerros El Colorado y Granizo, en la parte alta de la quebrada Granizo.

7.3.9 Vegetación de páramo: la vegetación de páramo que corresponde a pajonales y a frailejonales principalmente presentó un total de 10649,2 has para el año 1997, que significó el 51,59% del total de la cobertura, mientras que para 1987 se registraron 10929,6 has, de manera que disminuyeron 280 has principalmente Panán y Cumbal.

La vegetación de páramo se extendió a lo largo y ancho del área de estudio, está delimitada al oriente por los mosaicos de pastos cultivados y espacios naturales, y hacia el occidente por el bosque denso. Al sur y al norte se extendió al Ecuador y Cumbal respectivamente.

7.3.10 Vegetación rupícola: esta vegetación para el año 1997 mostró 822,1 has que representaron el 3,98% del total, de manera que no se presentaron cambios en esta cobertura desde el año de 1987.

La vegetación rupícola se localizó en la cima del volcán Chiles, al sur del área de estudio, delimitada en los bordes por la vegetación de páramo. Al norte se encontró este tipo de cobertura en el Cerro Granizo y Cerro Colorado, y se extiende más al norte saliendo del área de estudio entre los resguardos de Panán y Mayasquer.

7.3.11 Afloramiento rocoso: los afloramientos rocosos se encontraron únicamente en las cimas del Cerro Negro y volcán Chiles con un total de 339,7 has que significan el 1,65% del total de la cobertura, de manera que entre los años de 1987 y 1997 no se presentaron cambios en esta unidad.

Los afloramientos rocosos se los encontró por encima de la cota altitudinal de la vegetación rupícola aproximadamente desde los 4.300 m.s.n.m., además es importante mencionar que la parte alta de éstos dos edificios volcánicos, su divisoria de aguas sirve como límite entre La República del Ecuador y Colombia, sur y norte respectivamente.

7.3.12 Turberas: presentó 46,0 has y es la misma registrada para el año de 1997, esta cobertura representó el 0,22% del total de la cobertura vegetal clasificada en el área de estudio. Las turberas se las encontró principalmente en los valles glaciares del volcán Chiles al sur y Cerro Granizo al norte. Al sur se la localizó en la parte baja oriental del Chiles, en el sitio denominado como El Hueco de la Olla. Y las del norte, hay una turbera que se la encontró en las partes bajas de los Cerros Granizo y Crespo, la otra estaba en el sector denominado San Ignacio, que a su vez sirve como límite del área de estudio, ya que está ubicada en inmediaciones del río Blanco.

7.3.13 Lagunas: este tipo de cobertura registró únicamente 13,8 has que significan el 0,07% del total, siendo la misma área registrada en el año 1987. Estas lagunas se encontraron dispersas a lo largo de la vegetación de páramo. De una de estas lagunas ubicada en el Cerro Nasate nace uno de los principales afluentes del río Guáitara, el río Capote, que además sirve como límite de los resguardos de Chiles y Panán.

7.4 COBERTURA VEGETAL AÑO 2002

De acuerdo a la metodología de Corine adaptada para esta investigación y producto de la clasificación de la imagen Landsat TM7 del 2002, se encuentran trece tipos de coberturas las cuales se especifican en el cuadro 12, donde se indica además el área y el porcentaje que cubren dentro de la zona de estudio con su respectivo código de identificación en los mapas de coberturas; se observa además un crecimiento en el mosaico de pastos y cultivos con respecto al año de 1997, y una disminución en la cobertura del mosaico de pastos con espacios naturales y el bosque natural denso.

Cuadro 12. Cobertura del año 2002

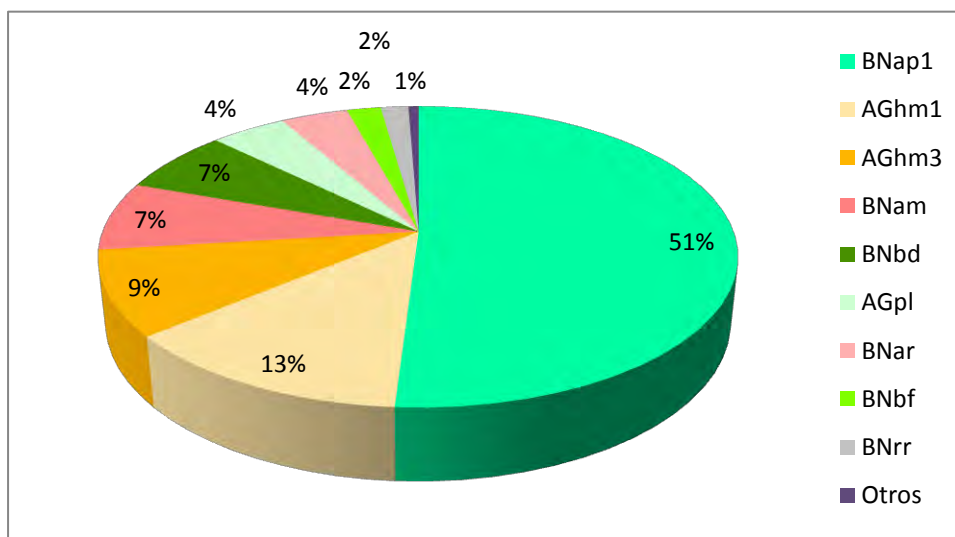
COBERTURA 2002			Código	Área (Has)	%
TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	Zonas urbanizadas	Tejido Urbano Continuo	TAuc	27,0	0,13
TERRITORIOS AGRÍCOLAS	Pastos	Pastos Limpios	AGpl	926,2	4,49
	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de Pastos y Cultivos	AGhm1	2666,4	12,92
		Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	AGhm3	1889,9	9,16
BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	Bosques	Bosque Natural Denso	BNbd	1410,4	6,83
		Bosque Natural Fragmentado	BNbf	414,2	2,01
		Bosque Plantado	BNbp	27,3	0,13
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Bosques Achaparrados de páramo	BNam	1524,1	7,38
		Vegetación de Páramo	BNap1	10533,1	51,03
		Vegetación Rupícola	BNar	824,2	3,99
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Afloramiento Rocoso	BNrr	339,7	1,65	
ÁREAS HÚMEDAS	Turberas		AHt	46,0	0,22
SUPERFICIES DE AGUA	Aguas continentales	Lagunas	Sacl	13,8	0,07
	Total			20642,3	100

Fuente: esta investigación

Para el año 2002, de las trece unidades de cobertura vegetal que se clasificaron para el área de estudio, en la figura 31 se muestran nueve tipos de cobertura, de donde se excluyen las que contienen un porcentaje total inferior al 1%, pero son agregados a la unidad otros, tal y como lo indica la grafica siguiente.

Además, la vegetación de páramo es la de más representatividad en el área de estudio puesto que muestra un total de 10533 has pero en comparación con el año de 1997 han desaparecido 116 has; los pastos y cultivos (13%) han aumentado 921 has y los mosaicos de pastos con espacios naturales disminuyeron 527 has.

Figura 31. Cobertura del año 2002 expresada en porcentajes



Fuente: esta investigación

A continuación se hace la descripción de la ubicación del tipo de cobertura en el área de estudio, donde se tuvo en cuenta tanto veredas y/o resguardos como aspectos geográficos como cerros, volcanes, valles glaciares, vertientes, entre otros, además se incluye la cantidad de hectáreas y el porcentaje equivalente sobre el total del área de estudio.

7.4.1 Tejido urbano continuo: los centros poblados presentaron 27,0 has que significan el 0,13% del total de cobertura del año 2002. Estos centros poblados hacen referencia a las cabeceras pobladas de los resguardos de Chiles y Panán en el extremo oriental del área de estudio. Durante el período de referencia 1997 no se presentaron cambios que sean posibles de cartografiar hasta el año 2002.

7.4.2 Pastos limpios: esta cobertura registró 926,2 has que representaron el 4,49% del total de la cobertura vegetal, mientras que para el año de 1997 solo disminuyeron cerca

de 4 has en el resguardo de Cumbal. Los pastos limpios se los encontró en el resguardo de Cumbal principalmente en la vereda San José. Por esta zona atraviesa las quebradas San José y Los Sapos que drenan sus aguas al río Blanco, al nor oriente del área de estudio.

7.4.3 Mosaico de pastos y cultivos: esta cobertura tuvo en el año 2002 un total de 2666,4 has que significan el 12,92% del total, mientras que para el año de 1997 hubo 1745,3 has, aumentando principalmente en Chiles.

Los mosaicos de pastos y cultivos se extendieron de sur a norte del área de estudio, a una altura promedio entre los 3000 y 3400 m.s.n.m., en el flanco oriental en los resguardos de Chiles, por las microcuencas de los ríos Chiles y Nasate, por las veredas El Infiernillo, Cristo Rey, Cristo Rey Alto, Cristo Rey Bajo y Nasate Bajo, en Panán en la quebradas Puzcuelán, Acequia, Santa Bárbara y Chingua, y en Cumbal se los ubica a lo largo de la quebrada Llano Largo. Limita con los mosaicos de pastos y espacios naturales en el lado occidental y hacia el otro flanco llega hasta el límite del área de estudio en la vía que comunica los centros poblados de Tufiño, Chiles, Panán y Cumbal.

7.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales: obtuvo 1889,9 has que representan el 9,16% del total de la cobertura vegetal, tanto así que para el año 1997 se registraron 2417,5 has disminuyendo esta cobertura principalmente en Chiles con casi 630 has evidenciando una preocupante situación de intervención sobre los espacios naturales en el resguardo.

La principal concentración de esta vegetación se localizó en la parte baja del páramo, en el costado oriental del área de estudio donde limita con los mosaicos de pastos y cultivos, y con algunos bosques achaparrados de páramo. Se extendió de sur a norte en los resguardos de Chiles, por las veredas de Cristo Rey y Bellavista, por esta cobertura atraviesa la quebrada El Corral y el río Chiles; en Panán se la ubicó en los sitios denominados El Jorge, El Tambillo, Loma La Palma, El Mirador, El Chorro, Loma Tinajas, La Puerquera y El Lamba, por donde atraviesan las quebradas Acequia, La Jarro, Puzcuelán, El Purgatorio, La Palma y el río Nasate. También se encontró una minoría de esta cobertura en la parte baja sur occidental del Cerro Canguil en el sitio denominado El Cuaza, a una altura aproximada 3600 m.s.n.m. por donde circula la quebrada Tambo; y en Cumbal se la localizó en el sector de San Ignacio y Gualchía, por donde circulan varios afluentes de la quebrada Llano Largo.

7.4.5 Bosque natural denso: para el año 2002 constaba de 1410,4 has que representaron el 6,83% del total de la cobertura, mientras que para el año de 1997 se registraron 1664,3 has, donde disminuyeron cerca de 200 has en el resguardo de Mayasquer. Este tipo de vegetación solo se lo encontró en el costado occidental del área de estudio, en los sitios denominados El Tambo y al extremo sur del área de estudio, es decir en la parte baja del Cerro Negro, en el sector denominado Gritadero.

Para este año (2002) el bosque denso se encuentra en menor proporción en las zonas como El Tambo por donde circula la quebrada que lleva este mismo nombre. Esta unidad

boscosa se la localizó en el resguardo de Mayasquer, siendo esta, parte de la vertiente del Pacífico.

7.4.6 Bosque natural fragmentado: para el año 2002 el bosque fragmentado registró 414,2 has que significan el 2,01% del total de la cobertura vegetal, mientras que en el período de referencia 1997 se encontraron 150 has, evidenciando gran intervención sobre el bosque denso que pasa a ser principalmente bosque fragmentado.

Este bosque se lo encontró en el extremo nor occidental del área de estudio, haciendo parte de la microcuenca del río Marpi, a una altura aproximada de 3000 y 3500 m.s.n.m. correspondiendo en su totalidad al resguardo de Mayasquer, en el sitio que se denomina El Cortaderal, por donde bajan al Pacífico las aguas del río Marpi, que provienen de la laguna que lleva este mismo nombre.

7.4.7 Bosque plantado: el bosque plantado para el año 2002 abarcó 27,3 has que representaron el 0,13% de la cobertura total, siendo la misma área para 1997. Está localizado en la parte oriental del área de estudio, únicamente en el resguardo de Panán, entre los sectores conocidos como La Esperanza y La Puerquera, norte y sur, respectivamente.

7.4.8 Bosques achaparrados de páramo: los pequeños bosques que corresponden a esta unidad cubren un total de 1524,1 has que significan un 7,38% de la cobertura del año 2002, mientras que para el año 1997 se registraron 1812,4 has, disminuyendo principalmente en Chiles y Panán.

Estos bosques que varían su tamaño desde 0,50 m hasta 5 m de altitud están dispersos por toda la zona de estudio, principalmente sobre la vegetación de páramo; aunque existe una gran masa de esta vegetación el flanco oriental del área de estudio, donde limita más con los mosaicos de pastos y espacios naturales. También es importante mencionar que esta cobertura no está muy presente en el resguardo de Mayasquer, sino en los resguardos de, Panán, Cumbal y Chiles principalmente.

7.4.9 Vegetación de páramo: esta cobertura en el año 2002 correspondió a 10533,1 has que representaron el 51,03% mientras que en el año de 1997 se registraron 10649,2 has, disminuyendo cerca de 100 has en Panán y Chiles.

Es una extensa zona cubierta por páramo que estuvo presente en casi toda el área investigada. Esta vegetación de páramo se la encontró en los cuatro resguardos que cubren el área de estudio, teniendo como principales referentes extensas áreas de influencia de los Cerros Granizo, Canguil, Nasate, Negro y volcán Chiles que poseen este tipo de cobertura.

7.4.10 Vegetación rupícola: esta vegetación que altitudinalmente estaba por encima de la vegetación de páramo contó para el año 2002 con 824,2 has que se traducen en el

3,99% de la cobertura total, de manera que para el año de 1997 no se registraron cambios superiores al área mínima de mapeo. Esta vegetación se la encontró en la parte alta del volcán Chiles, antes de encontrarse con el afloramiento rocoso.

En la zona norte del área de estudio, en el Cerro Granizo y Colorado se encuentra una gran porción de esta cobertura vegetal, extendiéndose hacia el norte por fuera del área de estudio en el resguardo de Cumbal.

7.4.11 Afloramiento rocoso: los afloramientos rocosos que se encontraron en el área de estudio correspondieron a 339,7 has que representan el 1,65% del total de la cobertura, siendo prácticamente la misma encontrada en el año de 1997. Se los encontró únicamente en las cimas del Cerro Negro y volcán Chiles, al sur del área de estudio; extendiéndose hasta el lado Ecuatoriano.

7.4.12 Turberas: este tipo de cobertura tuvo 46,0 has que significaron el 0,22% del total de la cobertura para el año 2002, siendo básicamente la misma cantidad de hectáreas registradas en el año 1997. Se las encontró al sur en medio del páramo en el sitio denominado como El Hueco de la Olla. A esta turbera, desde la parte alta le llegan las quebradas Contrayerba y La Comunidad, de donde se forma el río Chiles o Carnangán.

Las turberas que se encuentran al norte del área de estudio se localizaron en los valles glaciares del Cerro Granizo y sus aguas son drenadas hacia el río Blanco, que a su vez sirve como límite del área de estudio.

7.4.13 Lagunas: en el año 2002 las lagunas correspondieron a 13,8 has que significa el 0,07 del total de la cobertura de este año, siendo la misma cantidad de hectáreas encontradas en el año 1997, de manera que es casi imperceptible que se evidencien cambios sobre las lagunas a la escala de trabajo de esta investigación. Estas pequeñas lagunas se las encontró distribuidas a lo largo del páramo entre los Cerros Canguil, Nasate y Puerta Piedra.

7.5 COBERTURA VEGETAL AÑO 2011

La cobertura vegetal del año 2011 se puede afirmar que corresponde a la actual dentro del área de estudio, y está sustentada bajo los recorridos de campo, la verificación y levantamiento de la información en el terreno.

En la zona de estudio, para el año 2011 se observan trece tipos de coberturas, comprendidas en cinco categorías, donde la vegetación de páramo ocupa el mayor porcentaje, mientras las lagunas el 0,07%. En el cuadro 13 se puede observar las categorías, el tipo de cobertura, el área que ocupa con su respectivo porcentaje que representa dentro de la zona de estudio y el código de identificación en los mapas de coberturas.

Cuadro 13. Cobertura del año 2011

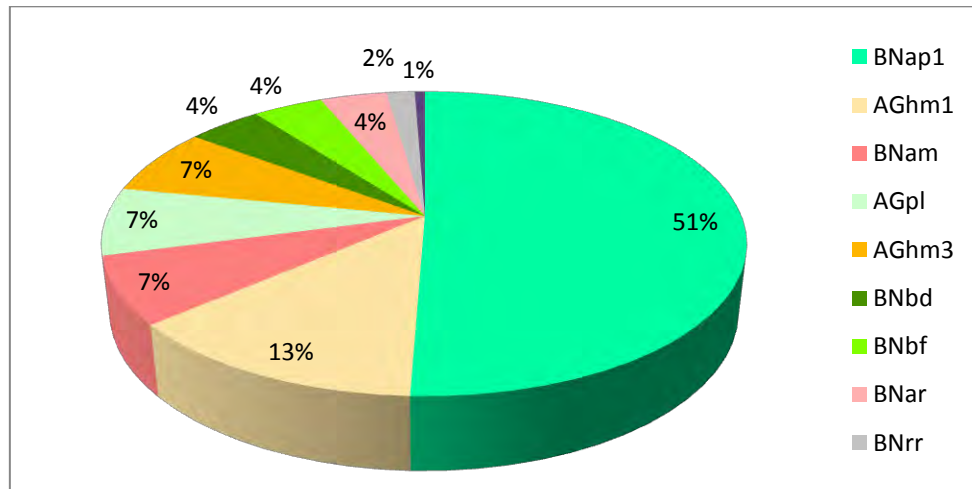
COBERTURA 2011			Código	Área (Has)	%
TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	Zonas urbanizadas	Tejido Urbano Continuo	TAuc	40,54	0,20
TERRITORIOS AGRÍCOLAS	Pastos	Pastos Limpios	AGpl	1496,34	7,25
	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de Pastos y Cultivos	AGhm1	2696,24	13,06
		Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	AGhm3	1468,5	7,15
BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	Bosques	Bosque Natural Denso	BNbd	910,29	4,41
		Bosque Natural Fragmentado	BNbf	858,98	4,16
		Bosque Plantado	BNbp	23,94	0,12
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Bosques Achaparrados de páramo	BNam	1476,6	7,15
		Vegetación de Páramo	BNap1	10442,87	50,59
		Vegetación Rupícola	BNar	819,5	3,97
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Afloramiento Rocoso	BNrr	348,85	1,69
ÁREAS HÚMEDAS	Turberas		AHt	45,44	0,22
SUPERFICIES DE AGUA	Aguas continentales	Lagunas	SAcl	13,82	0,07
	Total			20642,28	100

Fuente: esta investigación

Para el año 2011, de las trece coberturas que se clasificaron, en la figura 32 se muestran solo nueve tipos de coberturas, de manera que las restantes que equivalen a un número inferior al 1% son sumadas e incluidas en la categoría otros. La gráfica muestra de mayor a menor el porcentaje que representa cada tipo de cobertura.

La vegetación de páramo para el año 2011 es del 51% que representa un total de 10443 has, disminuyendo en relación con el año 2002 90 has, la cobertura de pastos limpios aumentó 570 has, el bosque natural denso disminuyó 500 has y de estas 500 has, 444 pasaron a ser parte de la unidad de bosque natural fragmentado.

Figura 32. Cobertura del año 2011 expresada en porcentajes.



Fuente: esta investigación

Así pues, a continuación se describe la ubicación geográfica del sitio donde se encuentra cada cobertura, teniendo en cuenta las veredas y resguardos, así como también las diferentes geoformas del área de estudio.

7.5.1 Tejido urbano continuo: para el año 2011, el total de hectáreas clasificadas como tejido urbano continuo es de 44,2 has que representan el 0,21%, con respecto a las 27 has registradas en el año de 2002, creciendo el área urbana de manera significativa en Chiles. Esta unidad hace referencia a las construcciones o áreas pobladas, dentro del área de estudio se encuentran dos centros poblados, al sur el de Chiles y al norte el de Panán. Estos centros poblados están a una altura de 3.100 m.s.n.m. aproximadamente.

El tejido urbano continuo en el Resguardo de Chiles representa un total de 30,4 has, mientras que para el resguardo de Panán es de 10,2 has. Dichos centros poblados se encuentran localizados en las laderas bajas que ha dejado la formación geológica y mediante los procesos geomorfológicos que se han suscitado a lo largo del tiempo, aprovechado los suelos y la cobertura vegetal que está cerca a estas cabeceras.

Para representar de manera más clara la unidad de tejido urbano continuo se muestra la figura 33.

Figura 33. Tejido urbano continuo. Centro poblado de Chiles.



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

8.5.2 Pastos limpios: la cobertura de pastos para el año 2011 que se registró es de 1153,0 has que representan el 5,59% del total de la cobertura, mientras que para el año de 2002 hubo 926,2 has, aumentando principalmente esta cobertura en Cumbal y Panán. Los pastos limpios se los encuentra en grandes extensiones principalmente el resguardo de Cumbal, al nor oriente del área de estudio, ya que en esta zona es donde predomina la ganadería. La altura a la cual se encuentran varía entre los 3.200 y 3.400 m.s.n.m. Los pastos limpios para el año 2011 representan un total de 143,3 has en el resguardo de Panán, en la quebrada Chingua, mientras que en el resguardo de Cumbal se encuentran 1353 has, por las quebradas Los Sapos, San José y Llano Largo.

En el resguardo de Chiles y Panán también existen algunas áreas de pastos limpios que son destinadas a la ganadería bovina, pero que no cubren el mínimo de hectáreas para pertenecer a esta categoría, de manera que fueron asignados a uno de los mosaicos que está catalogado dentro de la leyenda adaptada para esta investigación. Como ejemplo de la cobertura de pastos limpios se muestra la figura 34, que indica la cobertura de la vereda San José del resguardo de Cumbal, al nor oriente del área de estudio.

Figura 34. Pastos limpios. San José, Cumbal



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

7.5.3 Mosaico de pastos y cultivos: el mosaico de pastos y cultivos cubre una extensión de 2696,24 has que representan el 13,06% del total de la cobertura, mientras que para el año de 2002 se encontraron 2666,4 has, de manera que el cambio no es muy significativo. Esta unidad está localizada al oriente del área de estudio, cubriendo de sur a norte cierta parte de los resguardos de Chiles, Panán y Cumbal. Se los puede encontrar a una altura de 3.100 m.s.n.m. hasta los 3.500 m.s.n.m. aproximadamente.

Los mosaicos de pastos y cultivos se encuentran en las áreas de influencia de las cabeceras de los resguardos de Chiles y Panán, y de las veredas más pobladas de la zona de estudio. El tipo de cultivo predominante en estos mosaicos es el de la papa y el tipo de pasto es el natural (*quicuyo*).

En la figura 35 que se muestra a continuación se evidencia un claro ejemplo del mosaico de pastos y cultivos que se tuvo en cuenta para esta clasificación de cobertura vegetal. La fotografía fue tomada en uno de los recorridos por la zona de estudio en la vereda Nasate Alto a 3.200 m.s.n.m. que pertenece al resguardo de Chiles y localizada al norte del centro poblado de este.

Figura 35. Mosaico de pastos y cultivos. Nasate Alto, Cumbal



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

8.5.4 Mosaico de pastos con espacios naturales: de la clasificación de la imagen Aster 2011, dio como resultado 1468,5 has del mosaico de pastos con espacios naturales, que representan el 7,15% del total de la cobertura vegetal, mientras que para el año 2002 se registraron 1889,9 has, disminuyendo considerablemente en Panán, de manera que se evidencia intervención sobre las áreas que presentan espacios naturales principalmente. Los mosaicos de pastos con espacios naturales se encuentran distribuidos al oriente del área de estudio, en una franja transicional entre el páramo, los mosaicos de pastos y cultivos y los bosques achaparrados de este flanco.

Para el resguardo de Chiles en año 2011 presenta un total de 357,4 has, distribuidas entre la vereda Cristo Rey al sur, más al norte las veredas de Alto Mirador y Bellavista, a un altitud aproximada a los 3.400 y 3.600 m.s.n.m. Ubicados principalmente en los valles glaciares que ha generado el Chiles.

El resguardo de Panán presenta un total de 534,5 has de mosaico de pastos y espacios naturales para el año 2011, distribuidos entre los sectores conocidos como Los Prados, El Jorge, El Tambillo, Loma Alta, Purgatorio y El Mirador. En la parte baja del páramo a una altura promedio de 3.400 m.s.n.m.

Por su parte, en el resguardo de Cumbal se encontraron 562,5 has ubicadas en las partes bajas del páramo, delimitando a este con el mosaico de pastos y cultivos. Cubre los sectores denominados Gualchía, hasta San Ignacio más al norte, llegando hasta el río Blanco, límite del área de estudio. En los espacios naturales de este mosaico nacen dos quebradas denominadas Las Piedras al sur, y más al norte la quebrada Llano largo.

Para el resguardo de Mayasquer el mosaico de pastos y espacios naturales en el 2011 es de 11 has, que se localizan a 3.100 m.s.n.m. aproximadamente entre las coberturas del bosque natural denso y el bosque fragmentado, por donde circula la quebrada El Rosario que proviene de la cima del Chiles.

Para representar un ejemplo de los mosaicos de pastos y espacios naturales se muestra la figura 36 que pertenece al sector norte de Bellavista y muestra una zona de bosque achaparrado de páramo, pajonales y pastos. Además esta zona pertenece a un valle glaciar del Chiles.

Figura 36. Mosaico de pastos con espacios naturales. Bellavista, Cumbal



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

7.5.5 Bosque natural denso: de la clasificación realizada a la imagen Aster 2012, se obtuvieron 910,29 has de bosque natural denso que representa el 4,41% del total de la cobertura vegetal, mientras que para el 2002 se registraron 1410,4 has, donde se identifica intervención sobre esta cobertura con un total de 500,11 has en Mayasquer

principalmente. Esta cobertura se encuentra localizada al sur occidente del área de estudio, algunas personas de la comunidad le llaman La Montaña o Monte. Se encuentra aproximadamente desde los 3.000 m.s.n.m. principalmente en el sector denominado Gritadero al occidente del cerro Negro.

El bosque natural denso constituye como una franja contigua al páramo, en el sector occidental del Cerro Negro se lo puede encontrar hasta los 4.000 m.s.n.m. para el año 2011 la superficie que cubre esta vegetación alcanza las 628,3 has únicamente en el resguardo de Mayasquer, mientras que las restantes 282 has hacen parte de la zona ecuatoriana que pertenece al área de estudio.

La figura 37 muestra un ejemplo de la cobertura de bosque natura denso perteneciente al resguardo de Mayasquer, al occidente del área de estudio.

Figura 37. Bosque natural denso. Mayasquer, Cumbal



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

7.5.6 Bosque natural fragmentado: esta cobertura para el año 2011 se la encuentra en el extremo nor occidental del área de estudio, en los sitios denominados El Tambo por donde atraviesa la vía que comunica a Chiles con las veredas de la zona baja de Mayasquer, y se extiende más al norte hasta el sitio denominado Cortaderal al occidente del cerro Canguil por donde circulan el río Marpi y sus afluentes, que representan 858,98 has que significan el 4,16% de total de la cobertura del área de estudio, mientras que para el año 2002 se registraron 414,2 has, denotando la gran intervención que se ejerce sobre la cobertura del bosque natural denso con 445 has en tan solo 9 años.

El bosque natural fragmentado se lo puede encontrar a un altura que varía entre los 3.000 m.s.n.m. hasta aproximadamente 3.700 m.s.n.m. Esta cobertura hace parte de la vertiente

alta del Pacífico, de manera que la condiciones climáticas y por ende la cobertura está influenciada por las corrientes que provienen de este.

En la figura 38 se muestra el bosque natural fragmentado en el sitio denominado Cortaderal al nor occidente del área de estudio. En esta se puede evidenciar las transformaciones que ha sufrido por parte de la comunidad que hace uso de esta cobertura, en medio de este bosque se pueden encontrar cultivos de frutales, aunque algunas de estas tierras son destinadas para cultivos de uso denominado en Colombia como ilícito.

Figura 38. Bosque natural fragmentado. Mayasquer, Cumbal



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

7.5.7 Bosque Plantado: esta cobertura vegetal está localizada al oriente del área de estudio, en medio de la cobertura de mosaico de pastos y cultivos que hacen parte del resguardo de Panán en el sitio denominado La Esperanza, en la parte alta de la quebrada Chingua, este bosque se lo encuentra ubicado a altitudinalmente a 3300 m.s.n.m. aproximadamente.

El bosque plantado pertenece a pinos principalmente, que cubren una extensión de 23,94 has y que representan el 0,12%, mientras que en el año de 2002 se registraron 27,3 has, en consecuencia este bosque está siendo utilizado con fines forestales, ya que como se ha demostrado en los cuatro de años de referencia ha ido aumentando pero para este año actual presento una disminución aproximada de 5 has.

Figura 39. Bosque plantado. La Esperanza, Cumbal



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

7.5.8 Bosques achaparrados de páramo: esta unidad se encuentra dispersa a lo largo de la vegetación de páramo, haciendo parte de los cuatro resguardos que pertenecen al área de estudio. La gran mayoría de estos bosques se han desarrollado en laderas de pendiente que puede variar entre fuertemente escarpadas a laderas moderadamente escarpadas. También se los encuentra en las laderas de las morrenas o en sitios de nacimientos de agua.

Para el año 2011 la cobertura de bosques achaparrados de páramo en el resguardo de Chiles cubren una extensión total de 674,2 has y se los encuentra en la vereda La Calera al sur, en el sitio denominado Monte de Aguas Hediondas, más al norte del resguardo en los sitios llamados Monte del Medio y Los Ralos. En el sector central del resguardo se encuentra esta vegetación en el sitio denominado El Hueco de la Olla. Entre tanto en el sector occidental se los encuentra en las laderas bajas entre el volcán Chiles y el Cerro Canguil, en el sitio llamado Lagunetas hasta El Cuaza.

En el resguardo de Panán, la extensión que cubren los bosques achaparrados es de 331,6 has ubicados principalmente en las partes bajas del páramo, dividiendo a este con los mosaicos de pastos con espacios naturales en los sectores conocidos como El Jorge, Puliza, El Tambillo y Monte El Capote al sur del resguardo, entre tanto más al norte se encuentra esta vegetación en los sectores San Alfonso y La Palma Alto.

Los bosques achaparrados de páramo en el resguardo de Cumbal cubren 407,5 has ubicadas en la vereda de san José al sur, mientras que al norte se ubican en las morrenas del lado oriental de los valles glaciares que ha dejado el Cerro Granizo y Crespo.

Para el resguardo de Mayasquer las vegetación de bosques achaparrados de páramo el área que cubre es de 65,7 has ubicadas en las laderas occidentales del Cerro Granizo y cerca a la laguna de Marpi.

Entre tanto, la cobertura vegetal de los bosques achaparrados de páramo para año 2011 suman 1476,6 has que representan el 7,15% de la superficie total del área de estudio, mientras que para el 2002 se registraron 1524,1 has, evidenciando el alto grado de intervención al cual están inmersos estos bosques, siendo Chiles y Cumbal los resguardos donde más se afecta esta cobertura.

En la figura 40 se muestra un ejemplo de la vegetación de bosques achaparrados ubicados en laderas fuertemente escarpadas producto del colapso del Chiles. Por este sector atraviesa la vía principal que comunica los resguardos de Chiles y Mayasquer.

Figura 40. Bosques achaparrados de páramo. El Tambo, Cumbal



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

7.5.9 Vegetación de páramo: esta unidad vegetal cubre el 59,6% del total de la superficie del área de estudio lo que representa 10442,87 has, distribuidas en los cuatro resguardos que cubren al área de estudio, mientras que para el año 2002 se registraron 10533,1 has, donde se denota la intervención que ha sufrido el páramo en los últimos 9 años.

Es así que para el año 2011 la vegetación de páramo en el resguardo de Chiles es de 3541,1 has distribuidas desde las laderas del norte del volcán Chiles hasta el Cerro Nasate, Cerro Puerta Piedra y Canguil.

Para el resguardo de Panán el área de páramo corresponde a 2356,5 has teniendo como principales extensiones de esta cobertura al Cerro Nasate y Puerta Piedra en el flanco oriental. En el resguardo de Cumbal, al norte del área de estudio se encuentra vegetación de páramo que se extiende desde el Cerro Granizo y Colorado hasta las partes bajas del

costado oriental limitando con los mosaicos de pastos con espacios naturales y cubre una extensión de 1917,9 has.

En Mayasquer la cobertura de Páramo es de 2114,7 has distribuidas en las laderas occidentales del Cerro Canguil al norte del área de estudio, y al sur en las laderas de occidente del Cerro Negro. De este último la vegetación de páramo se extiende hacia el lado ecuatoriano del área de estudio cubriendo una extensión de 512,6 has.

La figura 41 muestra la cobertura vegetal de páramo, que contiene principalmente pajonales o pastizales y frailejonales, la fotografía muestra al fondo del lado derecho el Cerro Granizo y al lado izquierdo el Cerro Nasate en la jurisdicción del resguardo de Cumbal, mostrando identificando áreas de esta cobertura.

Figura 41. Vegetación de páramo. Chiles, Cumbal



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

7.5.10 Vegetación rupícola: esta unidad representa un total de 819,5 has que significan el 3,97% de la cobertura total del área de estudio y con respecto al 2002 no se evidenciaron cambios que sean representativos y por ende no se cartografiaron.

En cuanto a la distribución de esta cobertura, está ubicada en las cimas de los Cerros Colorado, Granizo y Chiles, entre los resguardos que hacen parte del área de estudio, se puede encontrar en Chiles un total de 286,8 has localizada principalmente el volcán Chiles con una latitud que va desde los 4.000 hasta los 4.400 m.s.n.m. aproximadamente, siendo esta cobertura la que separa la vegetación de páramo con el afloramiento rocoso de este edificio volcánico.

En el resguardo de Cumbal se encuentran 98,2 has que se encuentran únicamente en la cima del Cerro Granizo, a un altura aproximada de 4.100 m.s.n.m. mientras que en el resguardo de Cumbal se registra tan solo 0,2 has (2000m²) ya que es en la cima del Cerro Colorado donde termina su jurisdicción y pasa a ser parte del resguardo de Mayasquer presentando 137,6 has. En el sector ecuatoriano que hace parte del área de estudio aparecen para el 2011 un total de 296,7 has en el costado sur del volcán Chiles.

La figura 42 muestra el límite de la vegetación de páramo con la vegetación rupícola del Cerro Granizo en el resguardo de Cumbal, se puede identificar también la tonalidad de cada cobertura en el lugar en cual se posiciona la vegetación rupícola principalmente.

Figura 42. Vegetación rupícola. Cerro Granizo, Cumbal



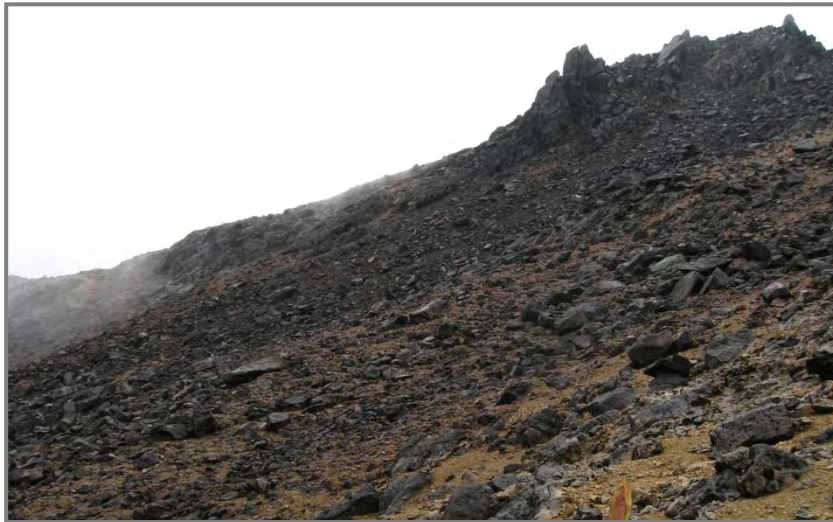
Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

7.5.11 Afloramiento rocoso: esta cobertura se la encuentra principalmente en las partes altas del Cerro Negro y volcán Chiles. En las estribaciones del Chiles corresponde en la parte más alta (4.700 m.s.n.m.) a lavas y se extiende hacia el norte en cercanías a la quebrada Tambo hasta los 3.900 m.s.n.m. debido al colapso del edificio volcánico del Chiles, la superficie que cubre este afloramiento en este volcán es de 294,5 has, de las cuales 174,8 has están localizadas del lado colombiano, entre tanto, las restantes 119 has corresponden al sector ecuatoriano que hace parte del área de estudio.

En el Cerro Negro se encuentra la cobertura de afloramiento rocoso con un total de 54,4 has de las cuales 35 has pertenecen a Colombia mientras que 19,5 has están en jurisdicción del Ecuador. Es así que la suma de estos dos afloramientos rocosos de los edificios volcánicos mencionados es de 348,85 has que representan el 1,69% del total de la superficie del área de estudio. Y con respecto al año referente 2002 no se registraron cambios en su área.

En la figura 43 indica la cobertura de un afloramiento rocoso, para este caso se muestra el edificio volcánico del Chiles flanco nor occidental.

Figura 43. Afloramiento rocoso. Volcán Chiles, Cumbal



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

7.5.12 Turberas: esta cobertura se caracteriza por ubicarse en zonas planas e inundables con muy poco drenaje, se la encuentra en los resguardos de Chiles y Cumbal, para el primero cubre una extensión de 24,8 has y está localizada en la parte baja del sitio denominado Hueco de la Olla, en un valle glaciar del volcán Chiles en el costado oriental; mientras que en Cumbal son 20,6 has ubicadas repartidas en dos turberas, una que se encuentra en el valle glaciar de la parte alta del occidente del Cerro Granizo, a un altura de 3.700 m.s.n.m. aproximadamente.

La otra turbera que pertenece al resguardo de Cumbal hace parte de la cuenca del río Blanco (límite nor oriental del área de estudio), cerca a la vereda de san Ignacio a una altura de 3.500 m.s.n.m. aproximadamente, esta se encuentra en otro valle glaciar generado por las masas de hielo del Cerro Crespo al occidente y el volcán Cumbal al norte.

La superficie total de esta cobertura de turberas es de 45,4 has que representan el 0,22% de la superficie total del área de estudio, mientras que en el año de 2002 se registraron 46 has.

Para mostrar un ejemplo de la cobertura de turberas se indica la figura 44 donde se resalta la turbera en la parte baja de los Cerros Granizo (derecha) y Nasate (Izquierda), en el resguardo de Cumbal, también se puede notar la formación de un valle glaciar de estos Cerros. Es importante mencionar que en la zona de estudio se encuentran muchas turberas más, pero como no cumplen con el mínimo de hectáreas para ser cartografiadas, son excluidas, pero hacen parte de la unidad de páramo por las condiciones de vegetación que se encuentra en ellas.

Figura 44. Turberas. Cumbal



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

7.5.13 Lagunas: esta unidad para el año 2011 es de 13,82 has que representan el 0,7% del total de la cobertura de lagunas en el área de estudio, 10,4 has pertenecen al resguardo de Mayasquer, mientras que en Chiles es de 1,9 has siendo las más destacadas la laguna de El Colorado, La laguna Verde del Cerro Nasate, mientras que en el resguardo de Panán es de 1,6 has, entre tanto con respecto al año de 2002 no se evidenciaron cambios representativos en esta unidad.

En la imagen que se muestra la cobertura de lagunas están a la izquierda las lagunas del resguardo de Chiles en el sitio denominado Lagunetas o lagunas de los Patos a una altura de 3.800 m.s.n.m. aproximadamente, mientras que la fotografía del centro muestra a la laguna Verde del Cerro Nasate a una altura promedio 3.900 m.s.n.m., la imagen de la derecha muestra la laguna de Marpi siendo esta la más extensa que existe dentro del área de estudio.

Es importante aclarar que en este documento no se dan a conocer datos exactos acerca de los cambios del área en las lagunas, ya que no cumplen con el área mínima de mapeo para la investigación y por esta razón en los cuatro años que se utilizaron para hacer la clasificación de las coberturas presentan siempre la misma área.

Figura 45. Lagunas. Chiles - Cumbal



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

7.6 ÁREAS AFECTADAS POR QUEMAS

En este subcapítulo se dan a conocer las áreas que se vieron afectadas por quemas en el año 2011, se les da esta importancia debido a que en el proceso de investigación fue evidente la gran diferencia en la tonalidad de las coberturas en la imagen satelital y que posteriormente se corroboraron en campo. Afectado seriamente la vegetación de páramo a una altura promedio de 3800 m.s.n.m.

Los procesos de intervención o quemas presentadas sobre la vegetación de páramo se dan con el fin de destinar estas áreas para actividades pecuarias, esto se hace en el momento en que la vegetación se esté regenerando y como afirman algunos pobladores cuando reverdece la paja es cuando se debe poner el ganado a pastar, además, estas quemas también se presentan por la intervención de personas inescrupulosas que solo lo hacen por *diversión*.

Como evidencia de la afectación que sufre esta cobertura se muestra la figura 46, donde se observa una extensa área quemada en el flanco norte del volcán Chiles, en la parte alta de la quebrada Tambo.

Figura 46. Vegetación quemada volcán Chiles, Cumbal.



Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

En la siguiente figura (47) se puede evidenciar el cambio de tonalidad en la cobertura de páramo, donde de lado derecho se encuentra en proceso de regeneración después de haber sido afectada por una quema, la imagen corresponde a la zona oriental del cerro Granizo.

Figura 47. Vegetación quemada cerro Granizo, Cumbal

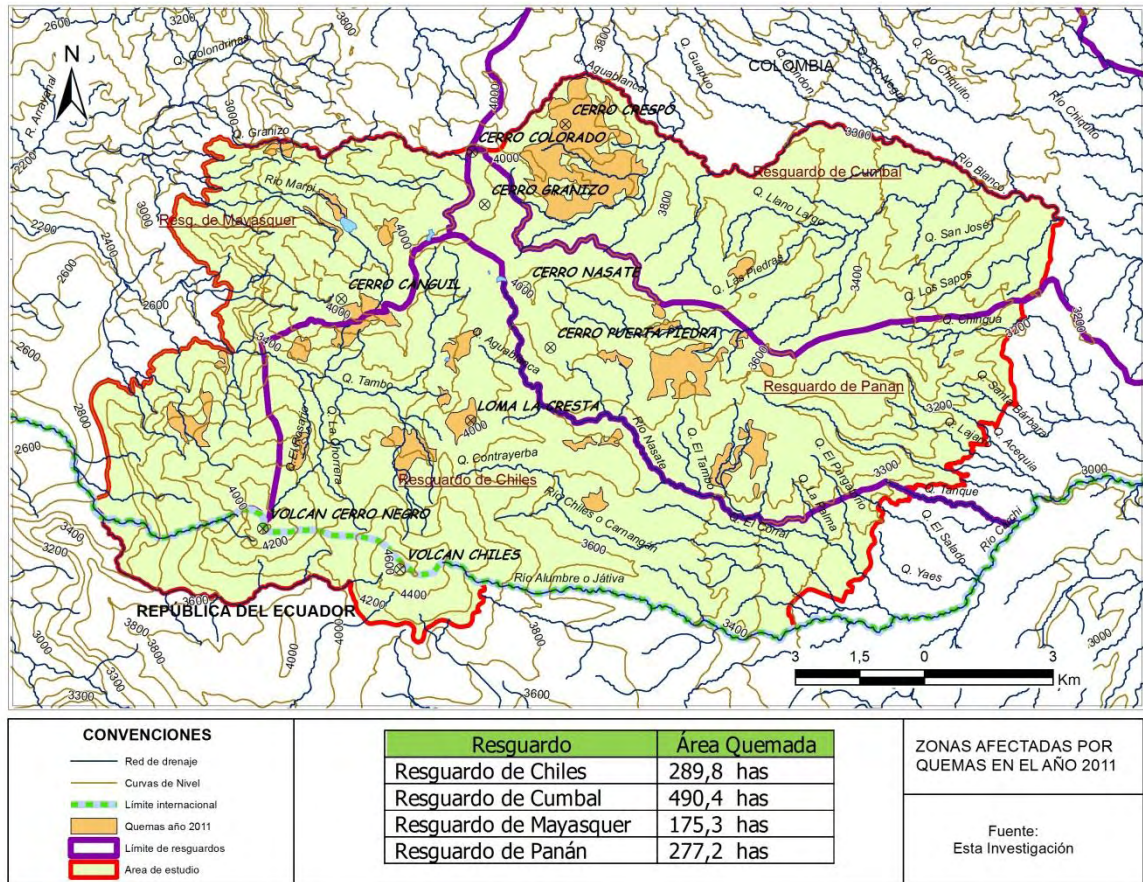


Fotografía: Ricardo Erazo, 2011

Las zonas afectadas por las quemas corresponden en su mayoría al resguardo de Cumbal con un total de 490,4 hectáreas, localizadas en las laderas de los cerros Granizo, Colorado y Crespo aproximadamente a 3.800 m.s.n.m., en la zona norte del área de estudio. Por su parte, en el resguardo de Chiles para el 2011 se presentaron 289,8 has afectadas focalizadas en el flanco norte del Chiles, en la Loma La Cresta, en el flanco sur del cerro Canguil y en las riberas de los afluentes de la microcuenca Tambo, aproximadamente a 3.700 m.s.n.m.

Para el resguardo de Panán se registraron 277,2 has de vegetación de páramo afectadas por las quemas, localizadas en la parte baja del costado oriental del cerro Puerta Piedra y en las riberas de las quebradas que abastecen la microcuenca Nasate, a una altura promedio de 3.600 m.s.n.m. En el resguardo de Mayasquer se presentaron 175,3 has afectadas en el flanco norte del cerro Canguil, en cercanías a la laguna de Marpi y en las riberas de la quebrada Granizo, al noroccidente del área de estudio.

Figura 48. Mapa de las zonas afectadas por quemas en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo.



Fuente: esta investigación

8. CAMBIOS Y FACTORES DE CAMBIO EN LA COBERTURA VEGETAL

Para la caracterización de los cambios y factores de cambio sobre la cobertura vegetal durante los años de 1987 a 1997, 1997 a 2002, 2002 a 2011 y 1987 a 2011, se determinaron una serie de categorías que se describen a continuación.

8.1 DEFINICIONES GENERALES

8.1.1 Urbanización: la urbanización hace referencia a la construcción de viviendas que se lleva a cabo en un terreno hallado a las afueras de un centro poblado y se explica cómo el proceso mediante el cual un gran número de personas se concentra permanentemente en áreas relativamente pequeñas, formando ciudades.

La urbanización dentro del área de estudio está asociada a los procesos de transformación paulatina de las coberturas de pastos limpios, mosaico de pastos y cultivos mosaico de pastos con espacios naturales, bosque natural denso, bosque natural fragmentado, bosque plantado, bosques achaparrados y/o sobre la vegetación de páramo, de manera que se transforman muy lentamente con el transcurso del tiempo a través de varios procesos, llegando a formar pequeños centros poblados aislados que con el tiempo pueden convertirse en centros de mayor magnitud.

8.1.2 Intervención pecuaria: esta intervención está direccionada al desarrollo de actividades ganaderas con fines de producción de leche principalmente; este cambio se presenta cuando las coberturas de mosaico de pastos y cultivos, mosaico de pastos con espacios naturales, bosque natural denso, bosque natural fragmentado, bosques achaparrados, vegetación de páramo cambian a pastos limpios, mosaico de pastos con espacios naturales, tal como lo indica la matriz de cambios (ver Cuadro 14).

8.1.3 Intervención agrícola: el proceso de intervención agrícola está asociado al cambio de la cobertura vegetal de pastos limpios a mosaico pastos y cultivos, en la zona de estudio, donde generalmente se encuentran cultivos principalmente de papa, que es el más representativo en cuanto a ingresos económicos se refiere, la intervención agrícola se presenta con el fin de destinar las áreas con coberturas naturales a áreas productivas e incrementar la tenencia de la tierra.

8.1.4 Intervención agropecuaria: se presenta por la combinación de la intervención pecuaria e intervención agrícola, destinando sus suelos a cultivos de papa y pastos naturales como quicuyo. El desarrollo de esta intervención busca la ampliación de las actividades productivas con el fin de que la parte agrícola sirva como un complemento de cabecera a la economía que está brindando la ganadería o viceversa.

Este cambio se presenta cuando las coberturas de mosaico de pastos con espacios naturales, bosque natural denso, bosque natural fragmentado, bosques achaparrados de

páramo, vegetación de páramo pasan a mosaico de pastos y cultivos y/o mosaico de pastos y espacios naturales.

8.1.5 Regeneración / restauración: la restauración se define como la aplicación de técnicas y estrategias tendientes al restablecimiento parcial o total de la estructura y función de los ecosistemas perturbados, este proceso hace referencia al reemplazamiento entre especies naturales, aún entre sitios muy cercanos; y la regeneración se la conoce como la capacidad biológica de un organismo vivo para reconstruir por si mismo sus partes dañadas o perdidas.

Este cambio se presenta cuando la cobertura vegetal de pastos limpios pasa a ser parte de la unidad de bosque natural fragmentado, bosques achaparrados y vegetación de páramo. Se presenta también cuando el mosaico de pastos y cultivos cambia a mosaico de pastos con espacios naturales, bosque natural denso, bosque natural fragmentado, bosques achaparrados y vegetación de páramo. Además, cuando el mosaico de pastos con espacios naturales cambia a bosque natural denso, bosque natural fragmentado, bosques achaparrados y vegetación de páramo, cuando el bosque natural fragmentado cambia a bosque natural denso, cuando los bosque achaparrados pasan a bosque natural denso, bosque natural fragmentado y a vegetación de páramo, y cuando la vegetación de páramo cambia a bosques achaparrados.

8.1.6 Intervención multipropósito con deforestación: se define como la acción de despojar un terreno de sus árboles y plantas, es decir, es la destrucción a gran escala de los bosques por la acción humana. La deforestación no es lo mismo que la degradación forestal, que consiste en una reducción de la calidad del bosque. Ambos procesos están vinculados y provocan diversos problemas. Pueden producir la erosión del suelo y la desestabilización de las capas freáticas, lo que a su vez favorece las inundaciones. Los fenómenos de remoción en masa o las sequías.

Entre las principales causas de la deforestación se destaca el excesivo acopio de leña, el sobrepastoreo, los incendios y las malas prácticas y abuso en el aprovechamiento de la madera. Este es evidente cuando el bosque natural denso cambia a bosque natural fragmentado, y cuando el bosque natural fragmentado pasa a ser parte de los mosaicos de pastos y cultivos.

8.1.7 Paramización: proceso que se refiere a la aparición de especies de páramo propiamente dicho, pertenecientes a las comunidades vegetales típicas del páramo, que transgreden sus límites altitudinales de distribución e invaden o colonizan zonas que anteriormente estaban cubiertas con vegetación boscosa tanto del bosque denso como de los bosques achaparrados, por tal motivo con frecuencia se torna complejo establecer el límite original entre bosque y la vegetación de páramo, ya que en muchas partes el bosque superior ha desaparecido por la actividad humana.

Por otra parte, el tipo, la frecuencia y la intensidad con que se presente la intervención humana, determinan también la paramización o los límites inferiores del páramo, bien sea por el reemplazo de este por plantaciones forestales o cultivos agrícolas o por la invasión

del ecosistema paramuno en los sistemas alto andinos y tiene relación con el lento crecimiento de las especies leñosas en estas altitudes.

8.1.8 Anegamiento: inundación de un terreno ya sea por un aumento del nivel freático. Este proceso se presenta sobre las unidades de turberas y lagunas, puede presentarse por el exceso de lluvias y en los suelos con bajo nivel de escorrentía.

En el cuadro 14 se muestra la matriz de cambios, donde se hace la relación de las trece (13) coberturas identificadas en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo, la vegetación de páramo localizada a la izquierda de la imagen en la casilla 10 se cruza en primera instancia con la unidad de tejido urbano continuo y genera un cambio que se denomina urbanización, en seguida se encuentra con la cobertura de pastos limpios y genera un cambio llamado intervención pecuaria, luego se encuentra con la unidad de mosaico de pastos y cultivos y provoca un cambio denominado intervención agropecuaria, de tal manera que para cada cobertura tendrá un tipo de cambio diferente aunque en algunas ocasiones en las que no es posible que se presenten cambios se ha denominado No Aplica.

Cuadro 14. Matriz de cambios para el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo

COBERTURA VEGETAL	Tejido Urbano Continuo	Pastos Limpios	Mosaico de Pastos y	Mosaico de Pastos con	Bosque Natural Denso	Bosque Natural	Bosque Plantado	Bosques Achaparrados	Vegetación de	Vegetación Rupícola	Afloramiento Rocosos	Turberas	Lagunas
Tejido Urbano Continuo	Sin Cambios	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Pastos Limpios	Urbanización	Sin Cambios	Intervención Agrícola	No aplica	No aplica	Regeneración / Restauración	Intervención forestal	Regeneración / Restauración	Paramización	No aplica	Erosión	Anegamiento	Anegamiento
Mosaico de Pastos y Cultivos	Urbanización	Intervención Pecuaria	Sin Cambios	Regeneración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Intervención forestal	Regeneración / Restauración	Paramización	No Aplica	Erosión	Anegamiento	Anegamiento
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Sin Cambios	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Intervención forestal	Regeneración / Restauración	Paramización	No aplica	Erosión	Anegamiento	Anegamiento
Bosque Natural Denso	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Sin Cambios	Deforestación	No aplica	No aplica	Paramización	No aplica	Erosión	No aplica	No aplica
Bosque Natural Fragmentado	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Regeneración / Restauración	Sin Cambios	Intervención forestal	Deforestación	Paramización	No aplica	Erosión	No aplica	No aplica
Bosque Plantado	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	No aplica	No aplica	Sin Cambios	Regeneración	No aplica	No aplica	Erosión	No aplica	No aplica
Bosques Achaparrados	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Intervención forestal	Sin Cambios	Paramización	No aplica	Erosión	No aplica	Anegamiento
Vegetación de Páramo	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	No aplica	No aplica	Intervención forestal	Regeneración / Restauración	Sin Cambios	No aplica	Erosión	Anegamiento	Anegamiento
Vegetación Rupícola	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Paramización	Sin Cambios	Erosión	No aplica	Anegamiento
Afloramiento Rocosos	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Regeneración / Restauración	Sin Cambios	No aplica	Anegamiento
Turberas	No aplica	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	No aplica	No aplica	No aplica	Regeneración / Restauración	Sedimentación	No aplica	No aplica	Sin Cambios	Anegamiento
Lagunas	No aplica	Sedimentación	Sedimentación	Sedimentación	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Paramización	No aplica	No aplica	Sedimentación	Sin Cambios

Fuente: Esta investigación.

8.2 CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 1987 A 1997

De acuerdo a los criterios y a la matriz de cambios que se describieron anteriormente se realizó el cuadro de cambios de cobertura vegetal para el período comprendido entre los años de 1987 y 1997, donde se muestra el tipo de cambio, el color al cual pertenece en los mapas de cambios.

También indica la cantidad de área expresada en hectáreas y el porcentaje equivalente sobre el total del área de estudio, donde se observa que el principal cambio que se presentó en este año, es la intervención agropecuaria, en el cuadro 15 que se describe a continuación es evidente el resto de cambios presentados.

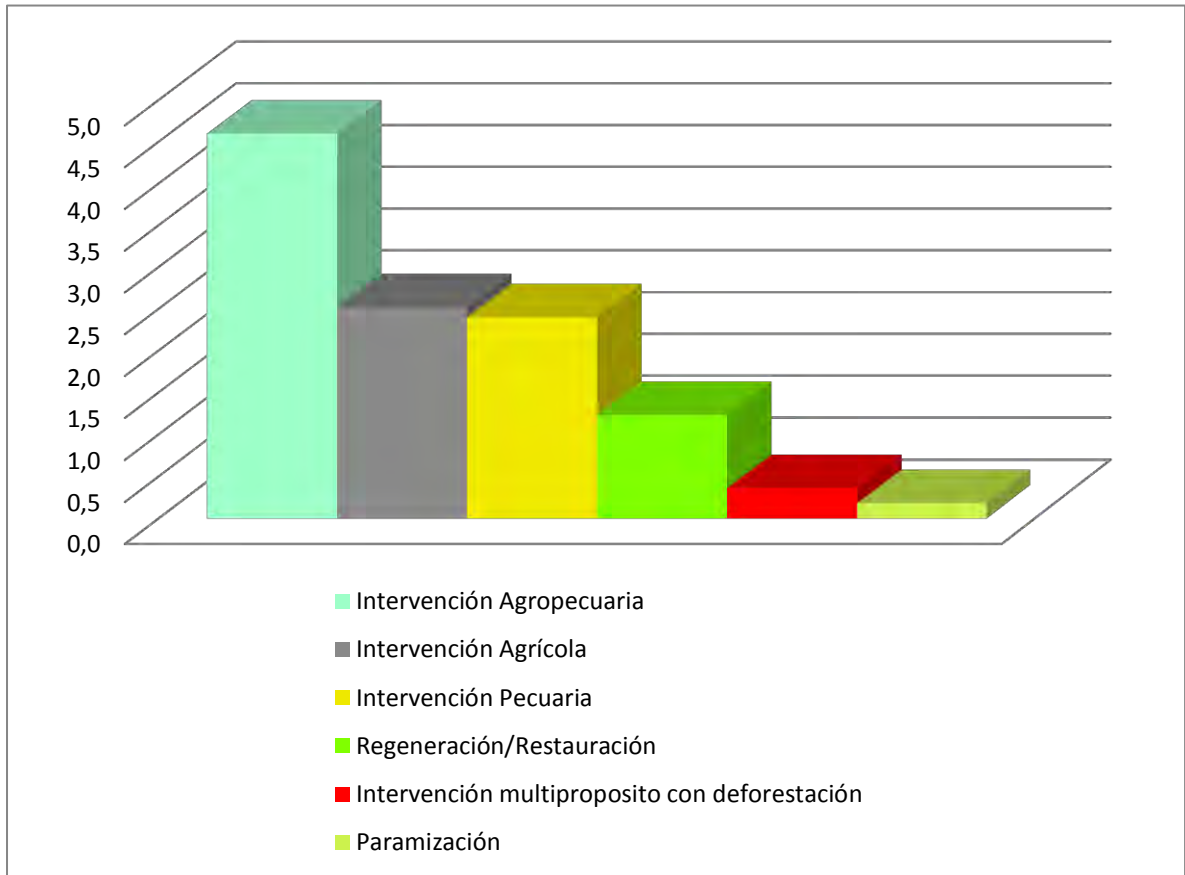
Cuadro 15. Cambios entre los años 1987 hasta 1997.

Cambios 1987 - 1997			
Tipo de Cambio		Área (Has)	%
Intervención agrícola	■	520,3	2,5
Intervención pecuaria	■	504,2	2,4
Intervención agropecuaria	■	940,0	4,6
Intervención multipropósito con deforestación	■	74,4	0,4
Regeneración/restauración	■	253,9	1,2
Paramización	■	35,3	0,2
Sin cambio	■	18314,1	88,7
	Tot.	20642,3	100

Fuente: esta investigación

En consecuencia, del cuadro de cambios para el período 1987 a 1997 se elaboró la figura 49 donde se muestra de mayor a menor la cantidad de hectáreas que están sometidas a cambios. En la cual se observa que el cambio con mayor área es la intervención agropecuaria, le sigue la intervención agrícola y en último lugar, es decir la de menor porcentaje es la paramización.

Figura 49. Cambios de cobertura entre 1987 a 1997, expresadas en porcentajes.



Fuente: esta investigación

8.2.1 Intervención agrícola: como lo indica la gráfica, para el período comprendido entre los años de 1987 y 1997, se presentó intervención agrícola equivalente a 520,3 has que representan el 2,5% del total del área de estudio.

La intervención agrícola que se encontró en el resguardo de Chiles, principalmente al extremo sur oriental del área de estudio, en la vereda de Cristo Rey Bajo es de 36,1 has. Mientras que en el resguardo de Panán, al oriente del área de estudio se encontraron 420 has localizadas entre las veredas de La Puerquera, El Sancia, La Esperanza, extendiéndose hacia el resguardo de Cumbal en la vereda La Unión. El tipo de cobertura que se localizó en 1987 pertenece a pastos limpios y en 1997 pasó a ser parte de la unidad de mosaico de pastos y cultivos.

Entre tanto, en el extremo nororiental del área de estudio en el resguardo de Cumbal se encontraron 65 has, principalmente en la vereda Cuetial en cercanías a la quebrada Llano Largo. Esta intervención, dentro del área de estudio se presentó en zonas bajas, es decir entre los 3.100 y 3.300 m.s.n.m. aproximadamente.

Este tipo de intervención se ubicó principalmente con el fin de destinar las áreas de pastos limpios a cultivos, para obtener recursos económicos y subsistencia familiar. Según los habitantes de la zona, aseguran que estos espacios fueron destinados a cultivos, ya que la fertilidad de los suelos es la óptima para obtener rendimiento de estos productos cultivados, que principalmente son papa y maíz.

8.2.2 Intervención pecuaria: hace referencia a la incorporación de nuevas áreas destinadas a pastos ya sean naturales o manejados, dentro del área de estudio para el período en mención es de 504,2 has que representan el 2,4%.

Esta intervención se la encontró en casi todos los resguardos que pertenecen al área de estudio. Es así que en Chiles se puede encontrar 110,5 has en una franja que va desde el sitio denominado Los Ralos, por donde circula el río Chiles o Carnangán, a 3.400 y 3.500 m.s.n.m. aproximadamente, y se extendió hacia el norte por el sitio denominado La Cooperativa, llegando al cauce de la quebrada El Corral y se amplía hasta el otro lado de la cima por donde circula el río Nasate, en el sitio denominado Los Prados. Esta unidad, para el año 1987 hacía parte de la cobertura de vegetación de páramo principalmente, aunque se encuentran pequeñas áreas de bosques achaparrados de páramo que han sido intervenidas, mientras que para el año 1997 perteneció a la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales.

En el extremo occidental del resguardo de Chiles, la intervención pecuaria que se presentó para este período es inferior en comparación con los demás sitios donde se encontró el cambio, de manera que solo se localizaron 32 has en las riveras de la quebrada Tambo vertiente del Pacífico, a 3.500 m.s.n.m. aproximadamente, esta intervención se da ya que en 1987 era una cobertura de bosques achaparrados de páramo mientras que en 1997 pasó a ser mosaico de pastos con espacios naturales.

Para el resguardo de Panán, en el sitio denominado El Mirador, por donde pasa la quebrada Puzcuelán a 3.000 m.s.n.m. aproximadamente se encontraron 32 has y siguiendo por esta misma corriente aguas arriba, hacia el occidente, se localizaron 36 has de intervención pecuaria. En esta zona también se presentó el mismo tipo de cambio nombrado en el resguardo de Chiles, es decir de bosques achaparrados de páramo pasó a ser mosaico de pastos con espacios naturales. Mientras que en el sector de Cuaichala, cerca a este afluente se encontraron 12 has de intervención pecuaria pero en este caso la vegetación de páramo es la que se vio afectada.

Siguiendo en este mismo resguardo más al norte, en el sitio conocido como El Lamba se encontraron 110 has distribuidas a lo largo de la quebrada La Acequia, llegando hasta el sitio denominado La Puerquera entre los 3.300 y 3.400 m.s.n.m. aproximadamente; de las 110 has mencionadas, 67 has en 1987 pertenecían a la cobertura de bosques achaparrados de páramo mientras que 43 has pertenecían vegetación de páramo, estas dos coberturas en 1997 pasaron a ser parte de la unidad de mosaico de pastos con espacios naturales.

Entre tanto en el resguardo de Cumbal, al norte del área de estudio a lo largo de la rivera de la quebrada Los Sapos en cercanías a sitio conocido como El Espino, se encontraron 80 has, de las cuales 34 has que en el año 1987 pertenecían a la cobertura de mosaico

de pastos con espacios naturales y en 1997 pasaron a ser parte de la unidad de pastos limpios, mientras que 16 has pasaron de vegetación de páramo a pastos limpios y las restantes 31 has pasaron de vegetación de páramo a mosaico de pastos con espacios naturales.

Como lo afirman las personas del sector, estos espacios fueron destruidos con el fin de obtener potreros donde se pueda tener y mantener el ganado. Con respecto a los bosques achaparrados de páramo fueron utilizados como leña para la cocción de alimentos en las viviendas cercanas, este tipo de vegetación no es comercializable ya que es de porte bajo y su textura es delgada y la población dice que no se compara con *la leña del monte* que es más gruesa y más buena ya sea para carbón o para vender como leña.

Es así que las áreas que cubren estos pequeños bosques son destinadas inicialmente a potreros y que después de un tiempo considerable pasan a ser cultivados y en algunos casos se regeneran.

8.2.3 Intervención agropecuaria: este tipo de intervención se presentó principalmente con el fin de destinar los suelos y las coberturas a un aprovechamiento de tipo pecuario y agrícola, el primero para introducir especies animales productivas y el segundo caso se presentó para cultivar productos que satisfagan las necesidades económicas de la población y abastecer a la comunidad de la región con los productos que se pueden obtener de la zona.

La intervención agropecuaria presente en el período de 1987 y 1997 fue de 940,0 has que representaron el 4,6% del total de los cambios en el área de estudio. Se la encontró en los resguardos de Panán y Cumbal.

Es así que para el resguardo de Panán se encontraron 356,7 has, distribuidas entre los sectores de El Mirador y La Loma, en el extremo oriental del área de estudio, muy cerca al centro poblado de Panán, entre las cotas de 3.100 y 3.300 m.s.n.m. aproximadamente, sobre este sector atraviesan las quebradas Puzcuelán al sur y Acequia al norte. La intervención agropecuaria se presentó sobre la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales, pasando a ser en 1997 parte de la cobertura de mosaico de pastos y cultivos, aunque en este mismo sector fueron transformadas 4,9 has que pertenecían a bosques achaparrados de páramo.

Entre tanto en la zona donde existía la cobertura de bosque plantado para 1987, 4,6 has fueron intervenidas con el fin de destinarlas a la producción agropecuaria, de manera que pasaron a ser parte de la unidad de mosaico de pastos y cultivos. Esta intervención sobre el bosque se localizó en el resguardo de Panán en el sitio conocido como La Esperanza a 3.300 m.s.n.m. aproximadamente. Más al norte en el sitio denominado El Espino, límite entre Panán y Cumbal se encontraron 35,5 has de intervención agropecuaria muy cerca a la quebrada Chigua a 3.200 m.s.n.m.

En consecuencia, para el resguardo de Cumbal se presentó la mayor cantidad de intervención agropecuaria con un total de 538,3 has entre las veredas Llano Largo y Cuetial, extendiéndose hacia el norte hasta encontrarse con el límite del área de estudio, o sea el río Blanco. Por esta zona de intervención atraviesa las quebradas Las Piedras al

sur y al norte la quebrada Llano Largo, entre otras pequeñas fuentes hídricas; esta varía altitudinalmente entre los 3.200 y 3.400 m.s.n.m. aproximadamente. Dicha alteración se presentó en la cobertura de mosaico de pastos y espacios naturales, es así que en 1997 pasó a ser parte de la cobertura de mosaico de pastos y cultivos.

La intervención agropecuaria para este período se presentó principalmente sobre las áreas naturales que hacen parte de la cobertura de mosaico de pastos y espacios naturales, estos reductos naturales ya sean de bosques achaparrados o de vegetación de páramo fueron intervenidos y pasaron ser áreas de potreros o cultivos, entre tanto las áreas que inicialmente pertenecían a pastos fueron transformadas a cultivos.

Este es un proceso que se está dando de manera evolutiva, es decir los bosques achaparrados pasan a ser mosaico de pastos y espacios naturales, luego estos espacios naturales pasan a ser pastos, estos pastos pasan a ser cultivos, y entre estas dos últimas se presenta una rotación, esto lo aseguran los pobladores de la zona ya que en sus términos dicen que después de los cultivos hay que dejar *descansar el terreno*, y ahí donde las áreas que pertenecían a cultivos pasan a ser pastos o potreros, y algunos casos se presentan regeneración de la vegetación, principalmente en las zonas de deslinde de predios.

8.2.4 Intervención multipropósito con deforestación: esta intervención se presentó únicamente en el resguardo de Mayasquer, al occidente del área de estudio. La deforestación se localizó en el sitio denominado El Cortaderal y presentó un total de 74,4 has para el período de 1987 y 1997 que representa el 0,4% de los cambios de cobertura sobre el área de estudio, entre las cotas de 3.000 y 3.200 m.s.n.m. aproximadamente

Este cambio se produjo debido a la intervención antrópica con fines de obtención de recursos económicos, es así que los bosques fueron intercedidos para obtener carbón y leña para ser comercializada en el municipio de Cumbal, o es distribuida a los asaderos que hacen parte de la ciudad de Tulcán en el Ecuador.

8.2.5 Regeneración/restauración: proceso que generalmente es la regeneración o restauración total de un tipo de vegetación, en este caso fue de manera parcial y casi siempre se regeneraron zonas donde los terrenos fueron dejados un tiempo considerable y empiezan a parecer pequeños relictos de vegetación achaparrada, esta contiene mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales.

Para el período de 1987 y 1997 la regeneración o restauración fue de 253,9 has que representaron el 1,2% del total de cambios de la cobertura y se presentó en los resguardos de Chiles y Panán. Para Chiles, en el sector sur oriental cerca la casco urbano, en las veredas de Cristo Rey Bajo y Cristo Rey Alto por el cauce de la quebrada El Corral se presentaron 86,6 has de regeneración/restauración, que en el primer año en mención pertenecía a la cobertura de pastos limpios y pasó a ser parte de la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales, entre tanto por estas mismas veredas pero más al norte extendiéndose hasta la vereda Nasate Bajo, por el cauce del río Chiles o Carnangán se encontraron 111,7 has que pasaron a ser de mosaico de pastos y cultivos a

mosaico de pastos con espacios naturales, a un altura promedio de 3.100 y 3.300 m.s.n.m.

Para el resguardo de Panán se encontraron 35 has en el sitio denominado Cuaichala a 3.400 m.s.n.m. aproximadamente, aquí la cobertura que en un principio pertenecía a vegetación de páramo pasó a ser bosques achaparrados de páramo, esto se debe a la intervención sobre los bosques achaparrados que estaban con algunos relictos de espacios naturales que fueron agregados a la vegetación de páramo, y que para el año 1997 se regeneró el bosque.

Por último, en el resguardo de Cumbal se localizaron 20,5 has en el sitio denominado La Puerquera a 3.300 m.s.n.m. aproximadamente muy cerca al cauce de la quebrada Acequia, donde la vegetación que pertenecía a pastos limpios en 1987 pasó a ser parte del mosaico de pastos con espacios naturales.

8.2.6 Paramización: proceso que hace referencia al avance de la vegetación de páramo sobre otras coberturas, para este período se encontraron 35,3 has que representaron el 0,2% del total de cambios presentados sobre el área de estudio para el período 1987 y 1997.

Los procesos de paramización se encontraron en el resguardo de Panán con un total de 8,4 has localizadas en la zona de nacimiento de la quebrada Chingua a 3.500 m.s.n.m. aproximadamente, donde la cobertura inicial pertenecía a mosaico de pastos con espacios naturales y pasó a ser parte de la cobertura de páramo. En este caso no se habla de regeneración ya que es el páramo el que avanzó sobre otras coberturas, esto se debe por condiciones climáticas, puesto que a esta altura los bosques que han sido intervenidos no se recuperan fácilmente, y es ahí donde transgrede el páramo. O seguramente se debe a que estas zonas fueron alguna vez productoras y se las abandonó.

Por su parte en el lado ecuatoriano que pertenece al área de estudio, en las laderas sur occidentales del Cerro Negro, a 3.500 m.s.n.m. aproximadamente se encontraron las restantes 21,6 has de paramización. En este caso la vegetación inicial era de bosque natural denso y pasó a ser vegetación de páramo. Aquí se presentó un proceso de tala del bosque pero en vez de regenerarse, fue invadido por la vegetación de páramo.

8.3 CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 1997 A 2002

Teniendo en cuenta los criterios de cambio para el 1997 a 2002, se elaboró el cuadro de cambios donde se muestra el tipo de cambio, el color el cual pertenece en los mapas de cambios. También indica la cantidad de área expresada en hectáreas y el porcentaje equivalente sobre el total del área de estudio, y se puede inferir que el cambio más relevante es la intervención agropecuaria, en el cuadro que se describe a continuación se observa la información completa.

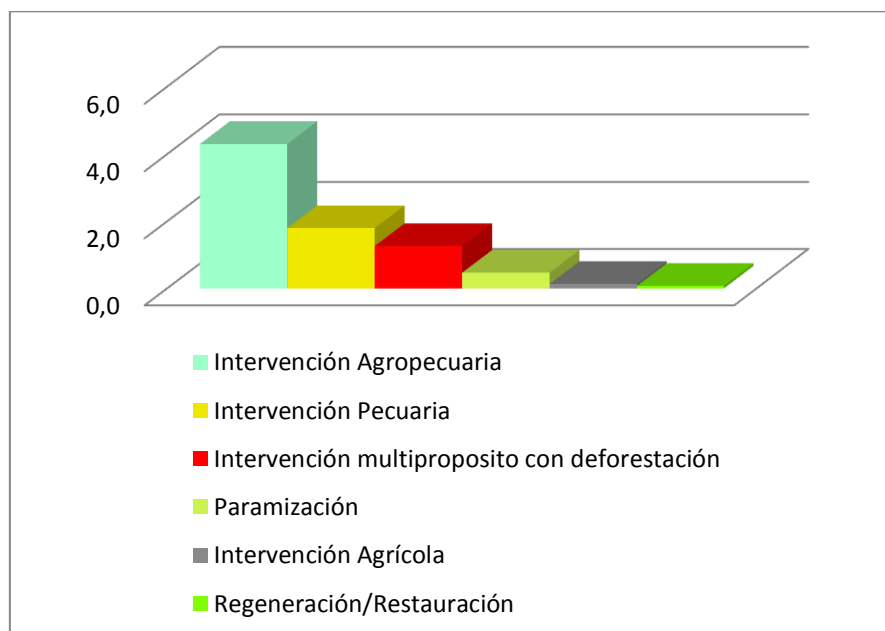
Cuadro 16. Cambios entre los años 1997 hasta 2002

Cambios 1997 - 2002		
Tipo de Cambio	Área (Has)	%
Intervención agrícola	27,9	0,1
Intervención pecuaria	381,0	1,8
Intervención agropecuaria	897,1	4,3
Intervención multipropósito con deforestación	261,7	1,3
Regeneración/restauración	13,6	0,1
Paramización	97,4	0,5
sin cambio	18963,6	91,9
Tot.	20642,3	100

Fuente: esta investigación

En consecuencia, del cuadro de cambios para el período 1997 a 2002 se elaboró la gráfica donde muestra únicamente el porcentaje de los cambios ocurridos de mayor a menor, donde se tiene que el cambio con mayor porcentaje es la intervención agropecuaria con 4.3% que significan 897 has, y el cambio de menor porcentaje es regeneración / restauración tal como se muestra a continuación:

Figura 50. Cambios de cobertura entre 1997 a 2002, expresada en porcentajes



Fuente: esta investigación

8.3.1 Intervención agrícola: esta intervención para el período 1997 y 2002 se presentó con un total de 27,9 has que representaron el 0,1% del total de los cambios sobre el área de estudio. Para este período, la intervención agrícola sólo se localizó en el resguardo de Cumbal en la parte baja de la quebrada Llano Largo a 3.300 m.s.n.m. aproximadamente, con un total de 14,2 has, mientras que más al norte en el sitio denominado Puliz, la intervención fue de 13,7 has. Este cambio se presentó sobre la cobertura de pastos limpios y pasó en el 2002 a formar parte de la unidad de mosaico de pastos y cultivos, con el fin de ampliar las áreas de cultivos y obtener beneficios económicos para la población.

8.3.2 Intervención pecuaria: para este período se encontraron 381,0 has que representaron el 1,8% del total de los cambios ocurridos en el área de estudio. La intervención pecuaria se presentó en los resguardos de Chiles, Panán y Cumbal.

En el resguardo de Chiles, en el extremo occidental de este, se localizaron 23,1 has distribuidas entre los sectores de El Cuaza y Lagunetas al norte, a un altura promedio de 3.500 m.s.n.m. en la parte alta de la quebrada Tambo. El cambio de la cobertura por la intervención pecuaria que se presentó en este período, se da sobre la cobertura de bosques achaparrados de páramo, cambiando para el año 2002 a mosaico de pastos con espacios naturales.

Por su parte en el flanco oriental del área de estudio en este resguardo, se encontraron 21,1 has de intervención pecuaria entre los sitios denominados Monte del Medio y La Horqueta al extremo sur del área de estudio, llegando hasta el cauce del río Alumbre o Játiva. Mientras que al norte en el sector llamado Bellavista se ubicó 26,6 has, extendiéndose hacia la mina de piedra y llega al río Nasate, límite con el resguardo de Panán al norte. La intervención que se encontró aquí se presenta sobre la vegetación de páramo pasando a ser parte de la unidad de mosaico de pastos con espacios naturales.

Entre tanto en el resguardo de Panán en el sector denominado El Jorge se encontraron 43,1 has a un altura promedio de 3.500 m.s.n.m. aproximadamente, siendo afectada la vegetación de páramo que fue transformada a mosaico de pastos con espacios naturales para el año 2002. Mientras que en este mismo sector, se extendió la intervención pecuaria hacia el norte por los sitios denominados Puliza hasta la loma El Tambillo, con un total de 71,5 has pasando la vegetación de bosques achaparrados de páramo a mosaico de pastos con espacios naturales, en seguida, más al norte en el sector de loma La Palma y Palma Alto se presentaron 33,7 has de intervención sobre la cobertura de páramo, que pasó a ser mosaico de pastos con espacios naturales.

Más al norte del resguardo de Panán se encontraron 50 has de intervención pecuaria, entre los sectores denominados Loma Tinajas y El Chorro a 3.500 m.s.n.m. aproximadamente, entre las quebradas Puzcuelán al sur y Acequia al norte. En este sector también se vieron afectados los bosques achaparrados de páramo, pasando en el año 2002 a mosaico de pastos con espacios naturales. Más al norte en el sitio denominado Chima, donde nace la quebrada Chingua se encontraron 7,7 has de intervención.

Por su parte en el resguardo de Cumbal, en la vereda Gualchía se presentaron 40,8 has de intervención pecuaria sobre la vegetación de páramo, que pasó a ser parte de la

cobertura de mosaico de pastos y cultivos. En este mismo sector, más al norte se vieron afectados los bosques achaparrados de páramo ya que se intervinieron 49,3 has pasando a ser parte de los mosaicos de pastos con espacios naturales y que se extendieron hasta la vereda San José a 3.300 m.s.n.m. aproximadamente.

Entre tanto en el extremo norte del resguardo de Cumbal, en cercanías con el límite del área de estudio, en la vereda San Ignacio también fueron afectados los bosques achaparrados de páramo con una extensión de 13,2 has casi a 3.500 m.s.n.m.

Esta intervención pecuaria se presentó con el fin de ampliar las zonas de producción, de manera que estas áreas naturales fueron transformadas a potreros, donde le introdujeron especies bovinas. Los cambios se produjeron a una altura aproximada de 3.500 m.s.n.m., que se dieron principalmente por las quemadas provocadas que se presentan en la región, es así que estas áreas naturales al momento de regenerarse crecen pajonales suaves que son aptos para el consumo del ganado. Así pues las quemadas fueron realizadas con el fin de rotar las áreas de producción o de potreros.

8.3.3 Intervención agropecuaria: la intervención agropecuaria para el período 1997 a 2002 se mostró con un total de 897,1 has que representaron el 4,3% de total de los cambios sobre la cobertura vegetal.

Para este período, la intervención agropecuaria se la encontró en los resguardos de Chiles, Cumbal y Panán. Es así que en Chiles se localizaron 735 has, en el sector sur oriental del área de estudio, dicha intervención se extendió de sur a norte del resguardo de Chiles, pasando por las veredas de La Horqueta, Cristo Rey, Cristo Rey alto, Cristo Rey Bajo, Pradera, Purgatorio y Nasate. Atraviesa las quebradas El Corral, La Palma y El Purgatorio al norte, varía altitudinalmente entre las cotas de 3.200 y 3.450 m.s.n.m. Esta intervención se presentó sobre la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales y que en 2002 aparecieron como mosaico de pastos y cultivos.

Entre tanto en el resguardo de Panán se encontraron 118,5 has, desde la vereda Nasate Alto en Chiles hasta El Mirador en Panán, pasando por la quebrada Tanque. Este cambio se extendió hasta el sitio conocido como El Chorro, mientras que en sector de La Puerquera apareció un parche de 37,7 has. Dicha intervención se presentó sobre la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales, pasando hacia el año 2002 a ser parte de la unidad de mosaico de pastos y cultivos.

Para el resguardo de Cumbal tan solo se encontraron 3,1 has en la vereda de San José, siendo en este sector los bosques achaparrados los afectados por la intervención, que pasó a ser en 2002 mosaico de pastos y cultivos.

En consecuencia, la intervención agropecuaria se presentó con el ánimo de incrementar las áreas de producción, por ende se vieron afectadas las coberturas donde existían espacios naturales, de manera que casi siempre sucedió que las áreas de mosaicos de cultivos o pastos con espacios naturales se vieron afectadas por estas intervenciones, siendo así de alguna manera eliminados los pequeños reductos de espacios naturales.

8.3.4 Intervención multipropósito con deforestación: esta intervención para el período 1997 y 2002 se incrementó 261,7 has que representaron el 1,3% del total de los cambios

producidos en el área de estudio, es así que en el primer año en mención la cobertura vegetal hacía parte de la unidad de bosque natural denso, mientras que para el año 2002 pasó a ser parte de la unidad de bosque natural fragmentado.

La deforestación se presentó únicamente en el resguardo de Mayasquer, ya que es quien posee el bosque denso, estaba localizado en el extremo noroccidental del área de estudio, en sitio denominado El Cortaderal. Por este sitio circulan el río Marpi y la quebrada Granizo que sirve de límite del área de estudio al norte. El proceso de deforestación se extendió entre las cotas de 3.000 a 3.600 m.s.n.m. aproximadamente.

Entre tanto, la intervención sobre estas áreas naturales se incrementó también con el fin ampliar la frontera agrícola y como esta zona presentó problemas de conflicto armado, estas áreas fueron destinadas a cultivos de uso ilícito, además de que la zona estaba muy retirada de los centros poblacionales y la vía de acceso presentaba precarias condiciones. En este período, la deforestación empezó a incrementar debido a la extracción de madera, que se la utilizaba en ebanistería y construcciones en madera, los pobladores aseguran que la madera era transportada en caballos hasta donde la vía permitía el ingreso de vehículos de carga.

8.3.5 Regeneración/restauración: para el período 1997 y 2002 los procesos de regeneración/restauración tan solo fueron de 13,6 has que representaron el 0,1% del total de cambios producidos en el área de estudio. Este cambio se lo encontró en el resguardo de Chiles en el sitio denominado Páramo de San Alfonso a una altura de 3.500 m.s.n.m. aproximadamente, donde la vegetación de bosques achaparrados de páramo recuperó en parte su estado natural sobre la vegetación de páramo.

Como ya se mencionó sobre el proceso de regeneración o restauración en el período anterior, este hace referencia a la recuperación en parte de su estado natural, no necesariamente este proceso se dio en un 100% pero ya se catalogó como un proceso de regeneración o restauración. Esto se produce porque las personas que hicieron uso de estos terrenos los dejan abandonados o ya no hacen uso de ellos, aquí es importante mencionar que esto se dio por los procesos de capacitación a los pobladores llevados a cabo en los últimos años, acerca del manejo y uso adecuado de las coberturas vegetales.

8.3.6 Paramización: se presentó en los resguardos de Chiles, Panán, Cumbal y Mayasquer. El total de paramización encontrado para este período fue de 97,4 has que representaron el 0,5% del total de cambios ocurridos dentro del área de estudio.

Es así que para el resguardo de Chiles se encontraron 46,4 has en los sitios denominados como El Cuaza y El Hondón en la parte alta de la quebrada Tambo, a 3.600 m.s.n.m. aproximadamente; de estas 46,4 has 7,5 has se localizaron más al sur en las laderas occidentales del Cerro El Púlpito, donde la vegetación de páramo avanzó sobre zonas del bosque achaparrado de páramo, seguramente se debió a la intervención de bosque, y al no regenerarse rápidamente, es colonizado por la vegetación de páramo.

Entre tanto en el resguardo de Panán se encontraron 19,2 has, distribuidas en la parte alta de la ciénaga El Tambillo a 3.600 m.s.n.m. aproximadamente, donde se presentó el

mismo proceso mencionado anteriormente en Chiles. Para el resguardo de Cumbal se repitió el mismo proceso, encontrando 24,7 has de regeneración/restauración ubicadas en las riveras de la parte alta de la quebrada Llano Largo a una altura promedio de 3.500 m.s.n.m.

Es así que para el resguardo de Mayasquer se encontraron tan solo 10 has donde el bosque natural denso fue intervenido, de manera que los espacios abiertos generados por la deforestación que fueron abandonados por la condiciones de pendiente o de fertilidad de suelos, se colonizaron por la vegetación de páramo, esto se debió a que ya no presentaron las condiciones microclimáticas de bosque sino las de vegetación de páramo.

8.4 CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 2002 A 2011

Para el período comprendido entre 2002 a 2011, se elaboró el cuadro de cambios donde se muestra el tipo de cambio, el color representado en mapa de cambios para este período, la cantidad de hectáreas intervenidas y el porcentaje total de cambios sobre el área de estudio. Es evidente que el cambio con mayor presencia sigue siendo la intervención agropecuaria y la que representa menor cantidad es la urbanización.

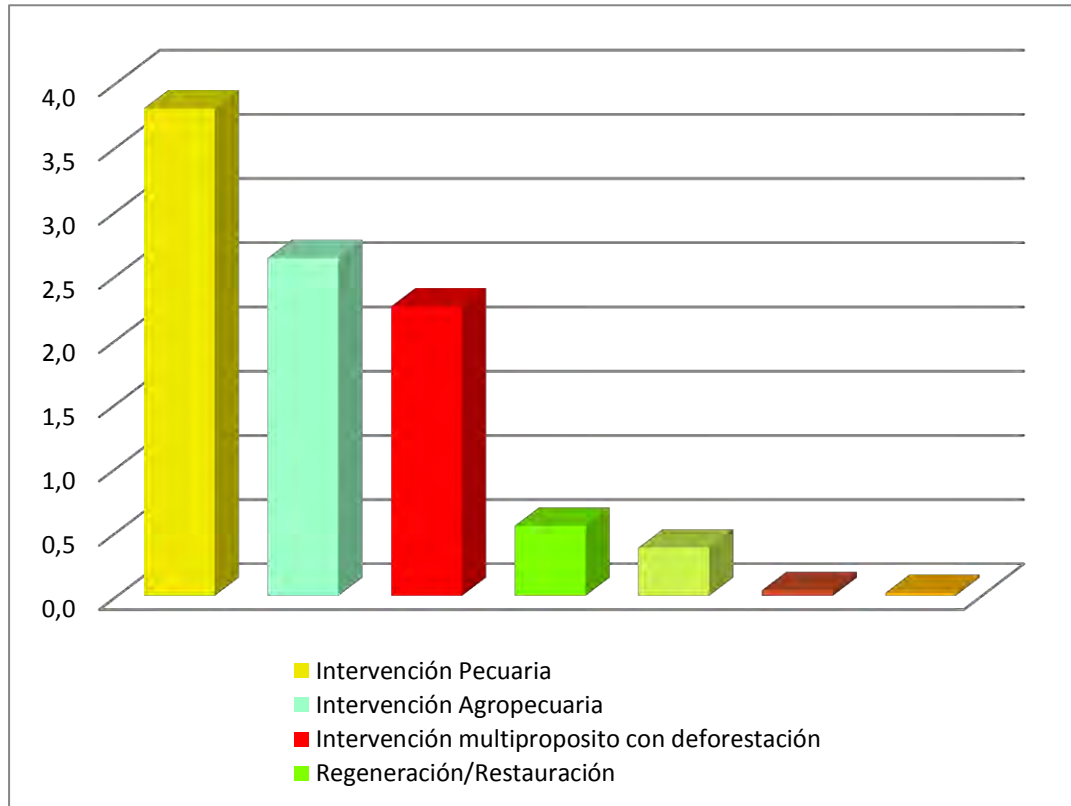
Cuadro 17. Cambios entre los años 2002 hasta 2011.

Cambios 2002 – 2011		
Tipo de Cambio	Área (Has)	%
Intervención pecuaria	783,7	3,8
Intervención agropecuaria	540,4	2,6
Deforestación	465,3	2,3
Urbanización	9,1	0,1
Regeneración/restauración	112,6	0,5
Paramización	77,4	0,4
Anegamiento	4,9	0,02
Sin cambio	18648,0	90,3
Tot.	20642,4	100

Fuente: esta investigación

En consecuencia, del cuadro de cambios para el período 2002 y 2011 se elaboró la gráfica de cambios, para ello se tuvo en cuenta solo los porcentajes totales de cambio sobre el área de estudio. En esta se puede identificar la gran diferencia que tiene la intervención pecuaria sobre las demás intervenciones o cambios ocurridos en este período con un total de 3,8 % que representa un total de 783,7 has, siendo el menor el proceso de anegamiento con un total de 0,03%

Figura 51. Cambios de cobertura entre 2002 a 2011, expresada en porcentajes



Fuente: esta investigación

8.4.1 Intervención pecuaria: para el período comprendido entre 2002 y 2011 la intervención pecuaria presentó 783,7 has que representaron el 3,8% del total de cambios de la cobertura vegetal dentro del área de estudio. Esta intervención ha incrementado en comparación con los períodos ya descritos anteriormente, se debe al afán de ampliar las áreas de producción, tanto en los resguardos de Cumbal, Panán como en Chiles y Mayasquer de mayor a menor respectivamente.

Esa así que para el resguardo de Cumbal la intervención pecuaria fue de 531,2 has distribuidas en el sector oriental del área de estudio. En la zona norte en la vereda Puliz cerca al río Blanco se encontraron 38,7 has de intervención pecuaria sobre la cobertura de pastos con espacios naturales, pasando a ser parte en 2011 de la cobertura de pastos limpios. En la misma vereda citada, más al oriente están 67,9 has que pasaron de mosaico de pastos y cultivos a pastos limpios.

Al sur, en la vereda Cuetial, a 3.300 m.s.n.m. aproximadamente se presentaron 212,3 has intervenidas, esta intervención se presentó sobre la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales, pasando a pastos limpios en el 2011. Siguiendo al sur, pero 100 metros más altitudinalmente, se encontraron 27,4 has de intervención, esta vez sobre la

vegetación de bosques achaparrados de páramo, extendiéndose hacia la vereda San José.

Entre tanto al occidente, en inmediaciones al nacimiento de la quebrada Llano Largo a 3.600 m.s.n.m. aparecieron 33,2 has intervenidas, pasando de ser en primera instancia parte de la vegetación de páramo a mosaico de pastos con espacios naturales. Mientras que al oriente, donde está la quebrada Las Piedras se registraron 17,7 has, afectando los bosques achaparrados de páramo que en el 2011 aparecen como mosaico de pastos con espacios naturales. Más al sur, en la vereda Gualchía se registraron 33,9 has intervenidas con fines pecuarios, afectando de igual manera a los bosques achaparrados.

Para el extremo oriental del área de estudio, en el límite de los resguardos de Panán y Cumbal, entre Chima, La Esperanza y La Unión, se encontraron 272,8 has intervenidas, de las cuales 15,1 has estaban localizadas en la parte alta de la quebrada Chingua, afectando la vegetación de bosques achaparrados de páramo que pasaron en el 2011 a ser parte de la unidad de mosaicos de pastos con espacios naturales; mientras que en Chima se registraron 52,9 has cambiando la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales que pasan a ser pastos limpios. Es así que para el Espino y La unión están las restantes 204,8 has intervenidas, pero en este caso, sobre la cobertura de mosaico de pastos y cultivos.

En el resguardo de Chiles, flanco oriental del área de estudio en las partes bajas del volcán Chiles, en el sitio denominado monte del medio se encontraron 6,6 has intervenidas sobre la vegetación de bosques achaparrados de páramo que pasaron a ser parte del mosaico de pastos con espacios naturales. Para este caso la comunidad afirma que la intervención pecuaria está ligada a la gran apertura de nuevos caminos que permiten al acceso a zonas altas y de vegetación natural.

En el lado occidental del resguardo de Chiles, en las laderas sur del Cerro Canguil, en el sitio denominado Lagunetas por donde circula la quebrada Tambo a 3.600 m.s.n.m. aproximadamente aparecieron 61,2 has intervenidas, pasando de vegetación de páramo en 2002 a mosaico de pastos con espacios naturales en el 2011. Mientras que en el resguardo de Mayasquer, en el extremo occidental del área de estudio se encontraron 11 has intervenidas sobre el bosque natural denso que pasó a ser parte de la unidad de mosaico de pastos con espacios naturales, a una altura promedio de 3.000 y 3.200 m.s.n.m. esto se debe a la incorporación de nuevas áreas de potreros donde puedan mantener el ganado.

8.4.2 Intervención agropecuaria: para el período de 2002 y 2011 fue de 540,4 has que representaron el 2,6% del total de los cambios registrados en el área de estudio y se los encontró en los resguardos de Chiles, Panán y Cumbal. Es así que en Chiles se registraron 84,5 has de intervención agropecuaria sobre el mosaico de pastos con espacios naturales que pasó a ser mosaico de pastos y cultivos. Esta intervención se la encontró en la vereda Cristo Rey, al sur oriente del área de estudio a 3.400 m.s.n.m. aproximadamente.

Para el resguardo de Panán se localizaron 391,1 has intervenidas, extendiéndose de sur a norte por las veredas de Cuaichala, Bicundo, Loma Tinajas, El Lamba y La Puerquera,

atravesando las quebradas Puzcuelán, Acequia hasta llegar al norte a encontrarse con la quebrada Chingua a una altura promedio de 3.200 y 3.500 m.s.n.m., pasó de ser mosaico de pastos con espacios naturales a mosaico de pastos y cultivos; mientras que al oriente de esta intervención, cerca de la vereda La Esperanza se registran 4,4 has donde en el 2002 pertenecían a bosque plantado y pasó a ser mosaico de pastos y cultivos.

Entre tanto para el resguardo de Cumbal se redujo la intervención, mostrando tan solo 48,6 has que se extendieron de sur a norte en una franja aproximada de 50 y 150 m de ancha, entre las veredas de Llano Largo y San Ignacio y pasa por la cota de 3.400 m.s.n.m. aproximadamente, donde los mosaicos de pastos con espacios naturales pasaron a ser parte de la cobertura de mosaico de pastos y cultivos.

La intervención agropecuaria se presentó con el fin de la ampliación de frontera agrícola para el establecimiento de nuevas áreas de producción, principalmente para cultivos de papa y potreros donde se maneja una ganadería extensiva, este proceso implica la tala de bosques achaparrados de páramo, vegetación de páramo, que va desde el retiro parcial hasta el retiro completo de la cobertura vegetal.

8.4.3 Intervención multipropósito con deforestación: este proceso de intervención sobre las áreas naturales, especialmente sobre el bosque natural denso para el período en mención alcanzó un total de 465,3 has que representan el 2,3% de total de cambios ocasionados en el área de estudio.

La deforestación se la encontró en su gran mayoría en el resguardo de Mayasquer registrando 451,2 has, aunque para este período se presentó en el resguardo de Chiles alcanzando aproximadamente 13,5 has. Estas hectáreas están localizadas en el extremo occidental del área de estudio, iniciando en el sector de El Tambo a 3.300 m.s.n.m. por donde circula la quebrada Tambo y se extiende hacia el norte por esta misma franja altitudinal hasta cruzarse con la divisoria de aguas de la quebrada Tambo al sur y el río Marpi al norte.

Es así que la intervención sobre el bosque natural denso en el período 2002 a 2011 generó un cambio en la cobertura vegetal, pasando en este último año a bosque natural fragmentado, seguramente se debe a factores como el aumento de las familias que habitan en el sector ya que como lo dicen los habitantes de la zona, en Marpi, donde está la cobertura vegetal se ha convertido en los últimos años como una fuente de trabajo y por ende de ingresos económicos, por eso es que se ha *arrasado con todo*. La fuente de trabajo se promueve gracias a la extracción de madera, carbón vegetal y como las condiciones de la vía de acceso han mejorado notoriamente, es posible transportar más fácilmente estas materias hacia los centros poblados de mayor nivel.

8.4.4 Urbanización: proceso de cambio que se ha venido presentando año tras año, en los períodos anteriormente descritos no es posible identificar los cambios ya que no alcanza el mínimo para ser cartografiado, es así que para el período de 2002 y 2011 fue más evidente el crecimiento poblacional y por el ende el urbanismo de los centros poblados de los resguardos de Panán y Chiles en mayor escala, llegando a registrar un

total de 9,1 has de urbanización que representan el 0,04% del total de cambios ocurridos dentro del área de estudio.

8.4.5 Regeneración/restauración: para el período 2002 a 2011 este proceso de regeneración/restauración alcanzó las 112,6 has que representaron el 0,5% del total de cambios ocurridos en el área de estudio. Estos cambios se presentaron en el resguardo de Chiles, al oriente del área de estudio en la vereda de Cristo Rey Alto a 3.300 m.s.n.m. aproximadamente, en el cauce de la quebrada El Corral se presentaron 26,1 has, mientras que mas la occidente a 3.400 m.s.n.m. en el cruce de esta cota con el río Nasate se registraron 9,2 has de regeneración/restauración, que en 2002 pertenecían a mosaico de pastos y cultivos, y para el 2011 pasaron a ser parte de la unidad de mosaico de pastos con espacios naturales.

Por su parte, en el extremo occidental del resguardo de Chiles se encontraron 74,3 has de regeneración/restauración distribuidas entre los sitios denominados El Cuaza, Pan de Azúcar, Loma Pumamaque y Lagunetas, sitios ubicados entre las laderas norte del volcán Chiles y las laderas del sur del Cerro Canguil, con variaciones altitudinales que van desde los 3.400 hasta los 3.700 m.s.n.m. aproximadamente.

En consecuencia, de estas 74,3 has, 60, 1 has pertenecían en 2002 a la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales, pasaron a ser en 2011 parte de la unidad de bosques achaparrados de páramo, mientras que las faltantes 14,2 has que pertenecían a la cobertura de páramo se transformaron en bosques achaparrados de páramo.

Los procesos de regeneración/restauración que se han presentado principalmente en el resguardo de Chiles se deben gracias a las intervenciones de las entidades tanto gubernamentales como no gubernamentales en cuanto a la concientización y capacitación de la comunidad acerca de la importancia de los recursos naturales y su buen uso.

Es importante mencionar que el aumento de las hectáreas regeneradas según los testimonios de la comunidad han aumentado en los últimos años gracias a la oferta de trabajo en labores de agricultura que se presentan en el lado Ecuatoriano principalmente en Tufiño y sus alrededores que hacen que el pago de la mano de obra sea más elevada que la que se obtiene en el lado Colombiano, de manera que los terrenos de los resguardos no son cultivados en su totalidad especialmente en las zonas altas (3.500 y 3.700 m.s.n.m. aproximadamente) y por ello la regeneración de estos espacios naturales.

8.4.6 Paramización: como ya se mencionó en el numeral anterior, la paramización hace referencia a la colonización de la vegetación de páramo sobre otras coberturas, y para este período se registraron 77,4 has que representan el 0,4% del total de cambios ocurridos dentro del área de estudio. En consecuencia la paramización se la encuentra en los resguardos de Chiles y Mayasquer.

Es así que para el resguardo de Chiles en el período 2002 a 2011 se registraron 3,7 has ubicadas en la parte alta de la quebrada Tambo, en el sitio denominado Pan de Azúcar a 3.600 m.s.n.m. aproximadamente donde la vegetación colonizada por el páramo es el mosaico de pastos con espacios naturales; y más al occidente en la vereda El Tambo, por

el curso de la quebrada que lleva el mismo nombre están ubicadas 19,8 has de paramización sobre el bosque natural denso.

Entre tanto en el resguardo de Mayasquer, se registraron 14,4 has en el sitio conocido como Puercán en las laderas occidentales del Cerro Negro, a 3.800 m.s.n.m. aproximadamente, donde la vegetación de páramo predomina sobre la zona de bosque natural denso, esto se debió a la intervención sobre el bosque, seguramente en los cuatros años posteriores al 2002, de manera que la vegetación de páramo colonizó este espacio para el 2011, además que después de la intervención estos suelos son muy difíciles de cultivar debido a la gran pendiente de la zona. Lo mismo sucede con las 4,6 has registradas en la parte baja de la vereda El Tambo, en el extremo occidental del área de estudio pero a 3.000 m.s.n.m.

Siguiendo en el resguardo de Mayasquer, pero esta vez más al norte, en el límite nor occidental del área de estudio se registraron 27,5 has de paramización sobre la vegetación del bosque natural fragmentado, se puede dar por las características que tiene la vegetación de páramo que crece y predomina más rápidamente que la vegetación del bosque denso.

8.4.7 Anegamiento: proceso que cambia las condiciones del terreno incrementado las áreas de las turberas, se registraron en total 4,9 has que representan el 0,02% del total de cambios registrados en el área de estudio para el período 2002 y 2011.

Es así que este cambio solo fue registrado en el resguardo de Chiles, en la vereda Bellavista, en la parte baja del Hueco de la Olla, donde queda un valle glacial originado por el volcán Chiles. Este cambio se debe seguramente al incremento de las lluvias y como en la parte alta de la zona la vegetación natural está siendo intervenida, hace que no retenga la humedad, y por medio de la escorrentía llegue a la parte baja del valle, aumentado como ya se mencionó las zonas de turberas.

8.5 CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 1987 A 2011

Tras la elaboración de los mapas de cambios, se realizó el cuadro de cambios de la cobertura ocurridos entre 1987 y 2011, de manera que se obtuvo la cantidad de hectáreas intervenidas o afectadas y el porcentaje que representa sobre el área de estudio, tal como se muestra a continuación, donde el cambio que tuvo mayor predominio fue la intervención agropecuaria, y esto se observa que se mantuvo a lo largo de los períodos investigados; y además se identifica que la urbanización es uno de los cambios que se presentó en menor escala tal como lo indica el cuadro 18.

Cuadro 18. Cambios entre los años 1987 hasta 2011.

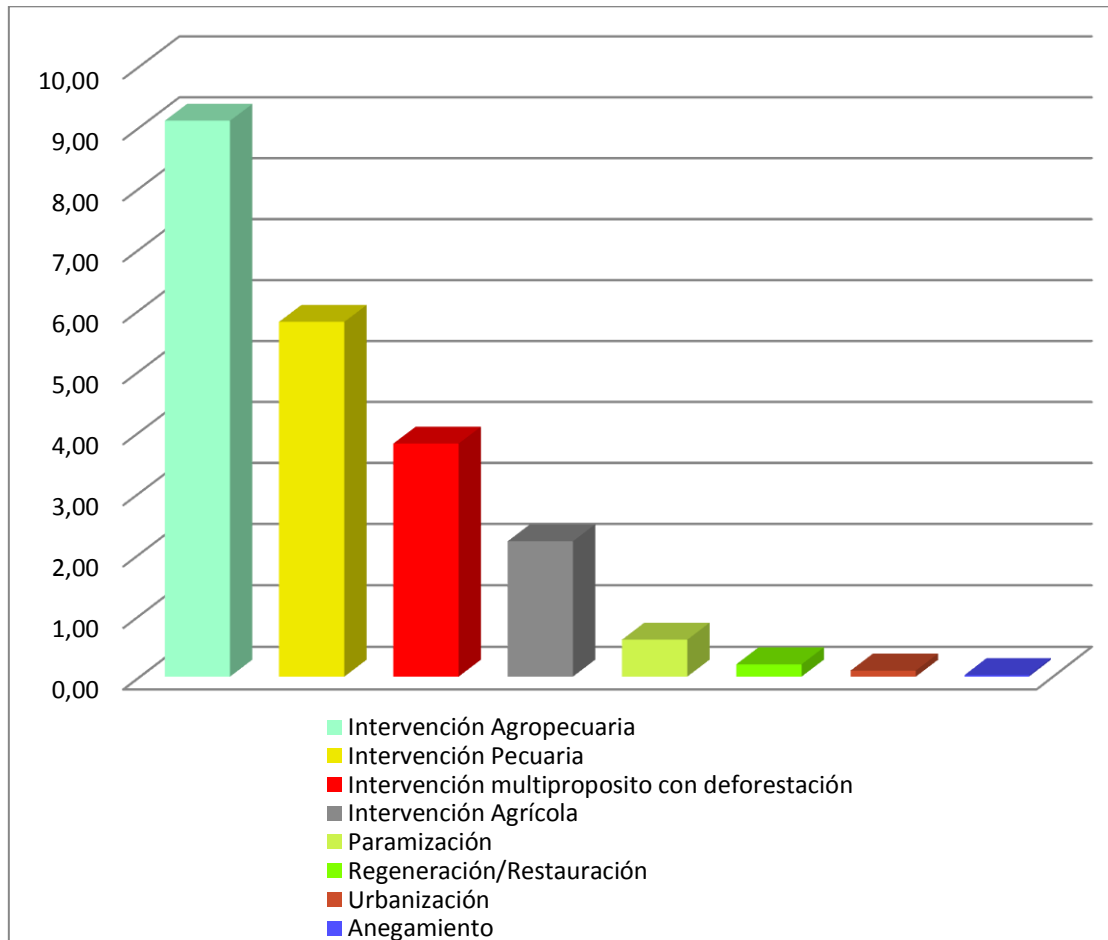
Cambios 1987 - 2011	
----------------------------	--

Tipo de Cambio	Área (Has)	%
Intervención agrícola	457,0	2,2
Intervención pecuaria	1189,7	5,8
Intervención agropecuaria	1880,7	9,1
Deforestación	808,3	3,9
Urbanización	13,1	0,1
Regeneración/restauración	40,5	0,2
Paramización	128,0	0,6
Anegamiento	4,9	0,02
Sin cambio	16120,1	78,1
Tot.	20642,3	100

Fuente: esta investigación

En consecuencia, se graficó el porcentaje total de los cambios ocurridos en estos 24 años de estudio, de manera que predomina la intervención agropecuaria, seguida de la intervención pecuaria y en menor proporción está el anegamiento y la urbanización, tal como lo indica la gráfica 52.

Figura 52. Cambios de cobertura entre 1987 a 2011, expresada en porcentajes



Fuente: esta investigación

8.5.1 Intervención agrícola: este proceso de intervención para los 24 años de estudio registró 457 has que representan el 2,2% del total de cambios sobre el área de estudio. La intervención agrícola se la encuentra en el flanco oriental del área de estudio, entre los resguardos de Chiles, Panán y Cumbal. Es así que para Chiles se encuentran 122,7 has de intervención a lo largo del período 1987 a 2011 distribuidas entre las veredas El Chilco y Cristo Rey Bajo, aproximadamente a 3.250 m.s.n.m. Este cambio se produjo sobre la cobertura de pastos limpios, que pasó a ser mosaico de pastos y cultivos en el 2011.

Entre tanto, en Panán se registraron 266,4 has de intervención agrícola sobre la cobertura de pastos limpios pasando en el 2011 a pertenecer a mosaicos de pastos y cultivos. Esta intervención está localizada entre las veredas de La Poma y La Esperanza, a 3.200 m.s.n.m. Para Cumbal se registraron 68 has de intervención, entre las veredas de Cuetial y Llano Largo a 3.300 m.s.n.m. aproximadamente, presentándose la intervención sobre la cobertura de pastos limpios en 1987 y en 2011 pasó a ser mosaico de pastos y cultivos.

El incremento de la intervención agrícola se presenta por el afán de aumentar las áreas productivas, además de que las tierras que ya están destinadas a la agricultura son muy escasas y el costo de estas es muy elevado, de manera que los pobladores se ven en la necesidad de intervenir espacios naturales con el fin de obtener recursos económicos y no ver afectada la manutención de sus familias.

Los pobladores de la zona de estudio aseguran que la intervención agrícola no es duradera ya que después de la primera cosecha los suelos van perdiendo su calidad, de manera que para la próxima siembra la rentabilidad va disminuyendo además de que reconocen que la capacidad de retención de agua se va contrayendo.

8.5.2 Intervención pecuaria: durante los 24 años referentes al estudio multitemporal, se registraron 1189,7 has que representan el 5,8% del total de cambios ocurridos en el área de estudio. Esta intervención se encuentra presente en los cuatro resguardos que pertenecen al área de estudio. Es así que para Chiles en el extremo occidental, en sector de Lagunetas se intervinieron 53,5 has de la vegetación de páramo que en el 2011 pasó a ser parte de la unidad de mosaico de pastos con espacios naturales. Entre tanto, en el flanco oriental se encuentran 152,2 has de intervención pecuaria sobre la vegetación de páramo, entre las veredas de Bellavista en Chiles, Los Prados, Puliza y El Jorge en Panán, por donde circula la quebrada El Corral al sur, más al norte el río Nasate y la quebrada El Tambo.

En Chiles, en el sector conocido como Los Ralos se intervinieron 29,7 has de bosques achaparrados de páramo, que pasaron a formar parte de la unidad de mosaico de pastos con espacios naturales. Mientras que en el resguardo de Cumbal en la vereda Chima hasta la parte alta de la quebrada Los Sapos, se encuentran 162,6 has de intervención pecuaria, donde 131 has que pertenecían en 1987 a la unidad de mosaico de pastos con espacios naturales, pasaron en 2011 a ser parte de la cobertura de pastos limpios. 27,8 has de cambio sobre la vegetación de páramo y 22,6 has de intervención sobre los bosques achaparrados de páramo, variando altitudinalmente entre los 3.200 y 3.500 m.s.n.m.

Más al norte en la vereda Gualchía se vieron afectadas 102,9 has de vegetación de páramo que pasaron a ser parte del mosaico de pastos con espacios naturales, entre tanto más al oriente de Gualchía, en la vereda San José donde nace la quebrada que lleva este mismo nombre se registraron 50,5 has de intervención sobre la vegetación de bosques achaparrados de páramo a 3.300 m.s.n.m. aproximadamente.

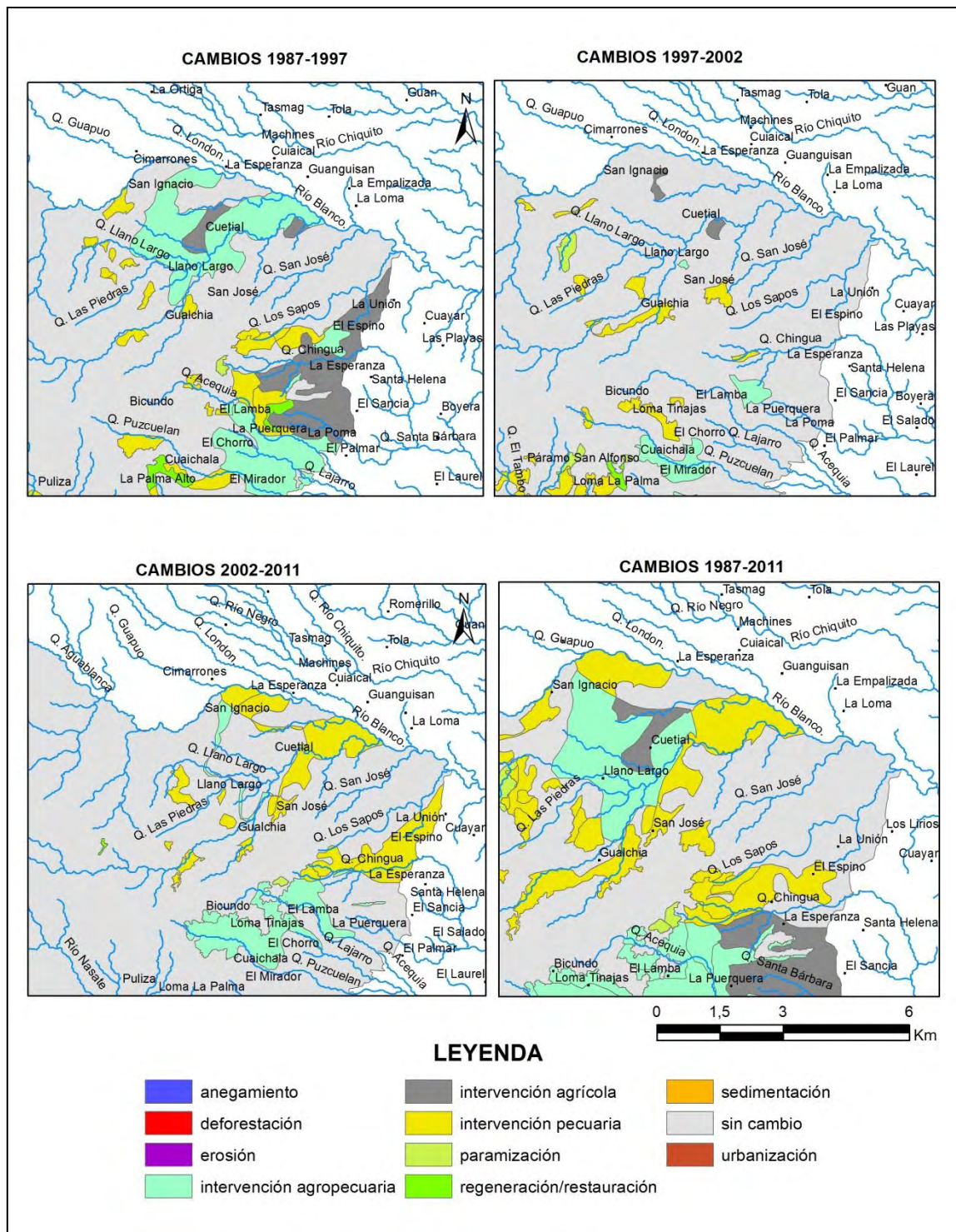
Al oriente de la vereda Cuetial se intervinieron 181 has de mosaico de pastos con espacios naturales, que pasaron a ser parte de la unidad de pastos limpios en el 2011. Mientras que en el extremo norte del área de estudio, en la parte alta de las quebradas Las Piedras y Llano Largo entre las cotas de 3.300 y 3.600 m.s.n.m., aparecen 139,4 has, de las cuales 54,6 has fueron de intervención sobre los bosques achaparrados de páramo y 84,8 has sobre la vegetación de páramo. Finalmente, en el resguardo de Mayasquer se registran 11 has de intervención pecuaria sobre la vegetación de bosque natural denso, en el extremo occidental del área de estudio a 3.100 m.s.n.m. aproximadamente.

La intervención pecuaria se presenta con fines de introducir especies pecuarias ya que es una actividad rentable, se introduce principalmente ganado bovino, y esta ganadería se da de manera extensiva en zonas de límite con la vegetación de páramo, de manera que los pobladores aseguran que la inversión es baja, la ganancia es relativamente buena, el riesgo que se corre de perder la inversión es pequeña y la mano de obra es mínima.

Esta intervención está asociada a las quemas sectorizadas que se realizan sobre zonas de pajonales y frailejonales correspondientes a la vegetación de páramo, mientras que los bosques achaparrados son extraídos desde sus raíces con fines de obtener leña y aumentar la cantidad de tierra productiva.

En la figura 53 se observa los cambios más significativos donde se tiene que la vegetación de páramo se vio afectada por la implementación de actividades pecuarias, esto es al nor-occidente de la zona de estudio.

Figura 53: cambios significativos de intervención pecuaria en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo



Fuente: esta investigación

8.5.3 Intervención agropecuaria: esta intervención se presenta en el flanco oriental del área de estudio con un total de 1880,7 has que representan el 9,1% del total de los cambios ocurridos dentro del área de estudio. Estas hectáreas están distribuidas entre los resguardos de Chiles, Cumbal y Mayasquer. Es así que en Chiles en el extremo sur oriental están presentes 507,1 has de intervención sobre la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales, pasan al año 2011 a ser parte de la unidad de mosaico de pastos y cultivos, en las veredas de la Horqueta, Cristo Rey, Cristo Rey Alto, Cristo Rey Bajo, entre las cotas de 3.250 y 3.450 m.s.n.m. Mientras que en este mismo sector, 23,2 has son de intervención sobre la vegetación de páramo. Más al norte en las veredas de La Palma, Pradera y Purgatorio se registran 82,3 has de intervención sobre la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales, y en Nasate Alto hay 25,4 has intervenidas de mosaico de pastos con espacios naturales, todos estos cambios mencionados pasaron el año 2011 a mosaico de pastos y cultivos.

Entre tanto, en el resguardo de Panán hay 592,6 has intervenidas sobre el mosaico de pastos con espacios naturales, entre las veredas de El Mirador, El Chorro y El Lamba entre los 3.100 y 3.500 m.s.n.m. aproximadamente, mientras que en el borde oriental de esta intervención aparecen 271,1 has de afectación a la cobertura de páramo (60,1 has), los bosques achaparrados (192,5 has) y la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales (18,5 has).

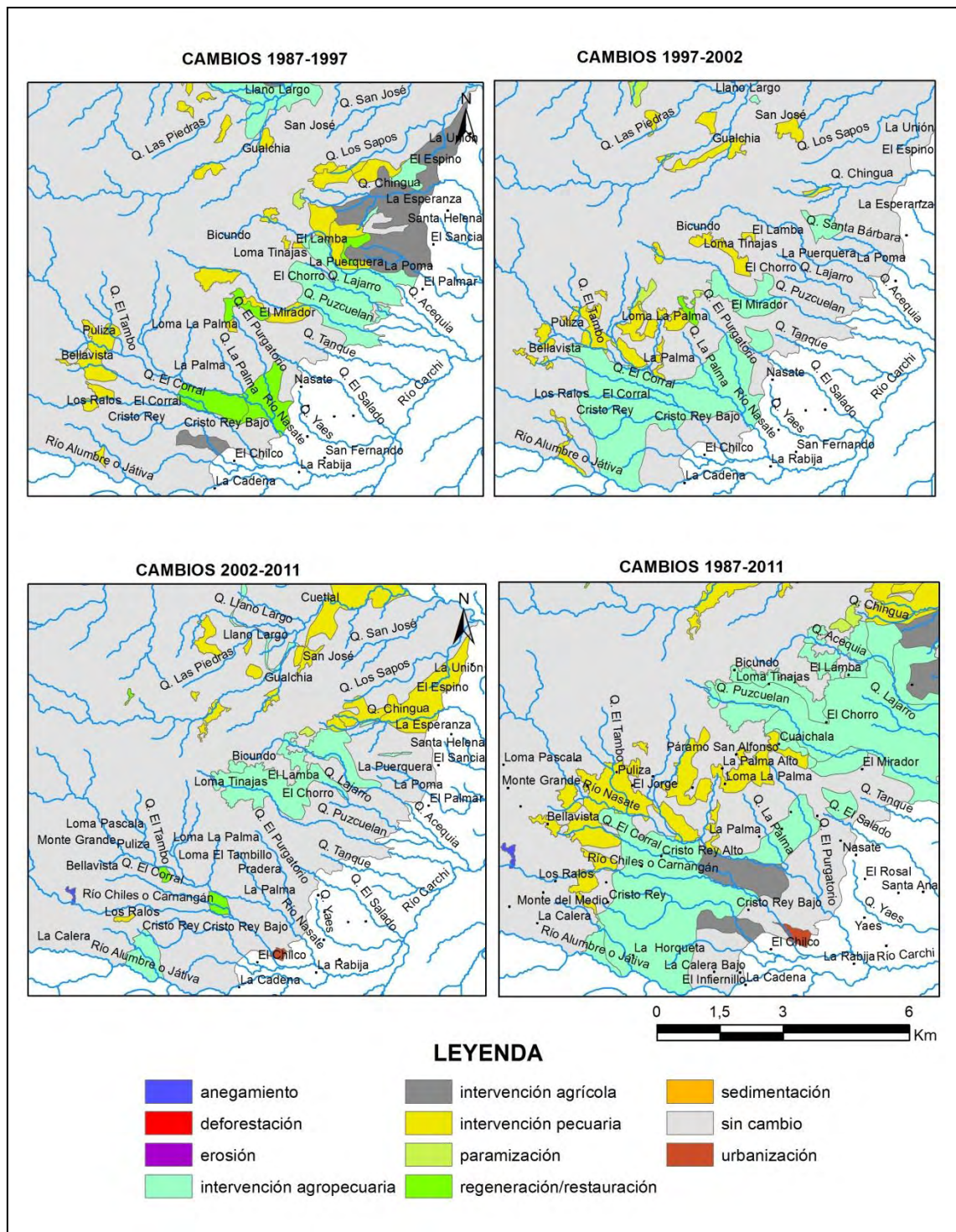
Para el resguardo de Cumbal, al norte del área de estudio se registran 358,5 has de intervención sobre la unidad de mosaico de pastos con espacios naturales, esta intervención está distribuida entre las veredas de Llano Largo, Cuetial hasta San Ignacio pasando por las quebradas Llano largo y Las Piedras al sur.

El establecimiento de nuevas áreas de producción ha llevado a la comunidad a la intervención agropecuaria, principalmente para destinar las tierras a cultivos de papa y potreros donde se maneja una ganadería extensiva, este proceso implica la tala y quema de los bosques achaparrados de páramo, de la vegetación de páramo y la intervención va desde el retiro parcial hasta el retiro completo de la cobertura vegetal.

La comunidad asegura que el desmonte de las áreas naturales es necesaria para la adecuación de tierras a cultivar, esta se lleva a cabo también realizando quemas sobre la vegetación remanente, mientras que para la adecuación de los potreros donde existían áreas húmedas o bosques, se realiza la desecación de humedales mediante la apertura de zanjas, se riegan las semillas de pasto y los residuos como troncos o raíces son eliminados utilizando herramientas.

En la figura 54 se observa un claro ejemplo de la intervención agropecuaria en el sur occidente de la zona de estudio, donde la vegetación afectada fue el páramo.

Figura 54: cambios significativos de intervención agropecuaria en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo



Fuente: esta investigación

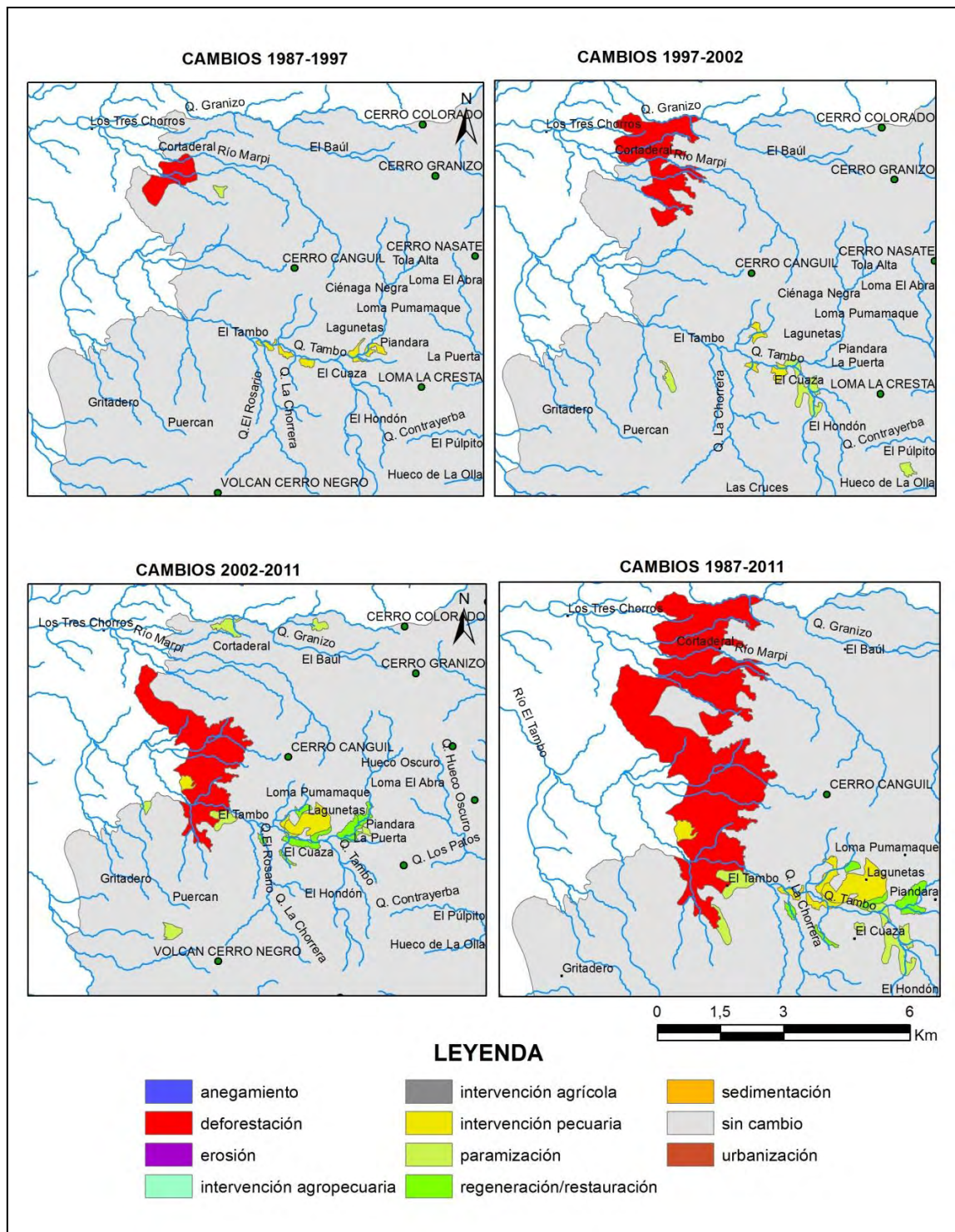
8.5.4 Intervención multipropósito con deforestación: el proceso de degradación de la cobertura del bosque natural denso registró en los 24 años de estudio 808,3 has que representan el 3,9% del total de cambios ocurridos entre 1987 y 2011. La deforestación se presenta principalmente en el extremo nor occidental del área de estudio, en el resguardo de Mayasquer entre las veredas de El Tambo al sur, y al extremo norte en el sitio denominado Cortaderal a una altura promedio de 3.200 m.s.n.m.

La deforestación según los pobladores de la zona se presenta con el fin de la extracción de leña, pues es una actividad generalizada que demanda gran volumen del recurso, pero que a la vez juega un papel fundamental dentro de la cultura y la economía de la población del resguardo.

En consecuencia, se puede inferir que la deforestación fue un proceso que presentó un crecimiento paulatino en los cuatro períodos analizados, puesto que los beneficios que ofrece el bosque denso son de alguna manera importante por el ingreso económico que este representa, es así que los bosques son talados y procesados para obtener carbón vegetal y leña, para finalmente comercializarlos en los centros poblados de Cumbal, Ipiales y Tulcán en el Ecuador, los testimonios de la comunidad aseguran que el bosque es *desmontado* con el fin de obtener recursos y poder satisfacer las necesidades básicas de las familias.

En la figura 54 se tiene la intervención multipropósito con deforestación, que afectó principalmente la vegetación de páramo y en segunda escala el bosque natural denso.

Figura 55: cambios significativos de intervención multipropósito con deforestación en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo



Fuente: esta investigación

8.5.5 Urbanización: el crecimiento poblacional de la región ha provocado el proceso de urbanización, tanto así que desde 1987 hasta el 2011 aumentó 13,1 has que significan el 0,1% del total de cambios sobre la cobertura del área de estudio.

La urbanización se presenta principalmente en el centro poblado del resguardo de Chiles a una altura promedio de 3.100 m.s.n.m. aunque cabe mencionar que esta cobertura hace referencia a los centros poblados de mayor envergadura, es por eso que las cabeceras rurales o de veredas no se encuentran registradas, sabiendo que existen muchas, además de las concentraciones poblacionales que están distribuidas a lo largo de la vía que comunica la cabecera de Chiles pasando por Panán hasta llegar a Cumbal, la cabecera principal.

8.5.6 Regeneración/restauración: este proceso de cambio durante el período 1987 a 2011 registró 40,5 has que significan el 0,2% del total de cambios ocurridos en el área de estudio. La regeneración/restauración se la encuentra en el extremo occidental del resguardo de Chiles en el sitio denominado Piandara con un total de 67,8 has de bosques achaparrados de páramo, que cambiaron a pastos con espacios naturales que se extienden hasta la parte alta de la quebrada Tambo entre las cotas de 3.400 a 3.600 m.s.n.m. aproximadamente.

Es importante mencionar que la regeneración/restauración no es total, pero esta cumple con las dimensiones mínimas para ser cartografiados, es decir que poseen más de 2,5 has. En este mismo sector se registraron 3,7 has de regeneración/restauración, pero sobre la vegetación de páramo pasando a ser en 2011 bosques achaparrados de páramo.

Entre tanto en la parte alta de la quebrada Llano Largo y Las Piedras donde se divide el resguardo de Chiles y Panán, a 3.700 m.s.n.m. aproximadamente se registraron 2,9 has de regeneración/restauración pasando de vegetación de páramo en 1987 a bosques achaparrados en el 2011.

8.5.7 Paramización: se evidenció 128 has que significan el 0,6% del total de los cambios sobre el área de estudio. La paramización se focaliza principalmente en los resguardos de Chiles y Mayasquer. Es así que en Chiles se registraron 38,8 has de paramización sobre el ecosistema de bosques achaparrados de páramo, estas hectáreas están distribuidas en el sitio denominado El Cuaza entre los 3.500 y 3.700 m.s.n.m. aproximadamente, mientras que más al occidente en el límite de los resguardos de Chiles y Mayasquer, en la vereda El Tambo se evidenciaron 19,8 has de cambio sobre la vegetación de bosque natural denso a una altura promedio de 3.400 m.s.n.m.

Entre tanto, más al sur de la vereda El Tambo en Mayasquer se presentaron 9,8 has de paramización sobre el bosque natural denso y en el sitio denominado Puercán, al sur del resguardo de Mayasquer se encontraron 14,4 has de paramización sobre el bosque natural denso a una altura aproximada de 3.400 m.s.n.m. Las restantes 12,3 has de las 128 has totales de paramización, se las encuentra en el extremo sur occidental del área de estudio, en las estribaciones del Cerro Negro del lado Ecuatoriano, a una altura promedio de 3.400 m.s.n.m. donde en el año 1987 pertenecía a la unidad de bosque

natural denso, mientras que para el 2011 pasó a ser parte de la cobertura de vegetación de páramo.

Los procesos de paramización están asociados en este caso a la intervención sobre los bosques achaparrados de páramo o al bosque natural denso, de manera que al no estar en condiciones de regenerarse son colonizados por la vegetación de páramo que gracias a favorabilidades climáticas y de adaptación a la zona predominan sobre éstos ecosistemas.

8.5.8 Anegamiento: el incrementado de las áreas de las turberas se debe al incremento de las lluvias y como se conoce que en la parte alta de la montaña la vegetación natural está siendo intervenida, hace que no se retenga la humedad, y por medio de la escorrentía llegue a la parte baja del valle glaciar del flanco oriental del volcán Chiles, aumentando las zonas de turberas, tanto así que se registraron un total de 4,9 has que representan el 0,02% del total de cambios registrados en el área de estudio para el período 2002 y 2011.

Este cambio solo fue registrado en el resguardo de Chiles, en la vereda Bellavista, en la parte baja del Hueco de la Olla, donde queda un valle glaciar originado por el volcán Chiles. Es importante mencionar que las turberas están dispersas a lo largo del área de estudio principalmente en la zona de páramo, y aunque presentan mínimos cambios en su área no es considerable, ya que no alcanza a obtener el mínimo para ser cartografiado.

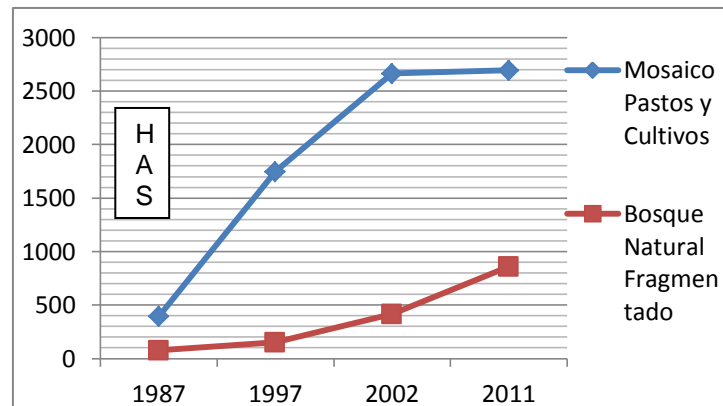
8.6 CAMBIOS MULTITEMPORALES

En las siguientes gráficas se observan las variaciones en la cobertura vegetal para los últimos 24 años, donde el mosaico de pastos y cultivos y el bosque natural fragmentado fueron las coberturas que incrementaron su área y la vegetación de páramo, el bosque natural denso y el mosaico de pastos con espacios naturales fueron las coberturas que disminuyeron su área de manera significativa.

Los cambios multitemporales de la cobertura de bosque natural denso están estrechamente ligados a los procesos de deforestación de manera que inmediatamente después de la intervención pasa a ser bosque natural fragmentado y en una mínima proporción esta unidad pasa a ser mosaicos de pastos y cultivos. Según la gráfica 56 demuestran que la mayor intervención se presentó a partir de los 90's.

Entre tanto el incremento de la cobertura de mosaico de pastos y cultivos está ligado a la desaparición o intervención sobre la cobertura de páramo y bosques achaparrados de páramo, principalmente. Como lo muestra la gráfica 56, el incremento más significativo de la cobertura de mosaico de pastos y cultivos se presentó entre los años 1987 y 2002, mientras que desde este último año hasta el 2011 ha permanecido de alguna manera estancado, lo que significa que las áreas destinadas a la ganadería (pasturas) y las de cultivos se han conservado, seguramente por el interés de las autoridades en cuanto al manejo y conservación de los recursos naturales y a la implementación de las buenas prácticas agrícolas (BPA) que ha desarrollado la comunidad.

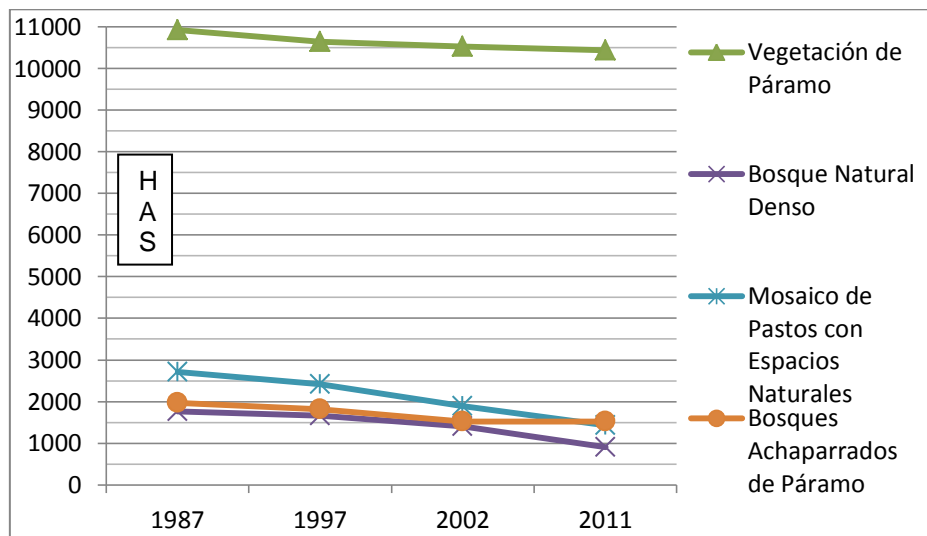
Figura 56: Cambios multitemporales de cobertura vegetal en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo



Fuente: esta investigación

La figura 57 muestra la gran cantidad de área que representa la vegetación de páramo. La disminución de las coberturas naturales como la de páramo y bosque natural denso a lo largo de los 24 años de estudio, está directamente relacionada con el incremento de las zonas de mosaicos de pastos y cultivos. S evidente que las áreas naturales han ido disminuyendo considerablemente, mientras que los mosaicos de pastos y cultivos incrementaron.

Figura 57: Cambios multitemporales de cobertura vegetal en el corredor volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo



Fuente: esta investigación

CONCLUSIONES

En el área de estudio las coberturas naturales de bosque natural denso y de páramo son las de mayor impacto por la intervención antrópica, tanto así que para el primero desaparecieron en los 24 años de referencia de estudio un total de 855,3 has, mientras que de la vegetación de páramo se registraron 486,7 has intervenidas. Dicha intervención sobre el bosque denso se presenta por la incorporación de cultivos de uso no lícito y la explotación maderera, con el fin de obtener mayores ingresos económicos y solventar las necesidades de las familias. Mientras que la intervención sobre la vegetación paramuna se presentó con el propósito de incrementar las tierras productivas y destinar los suelos a la explotación agropecuaria.

La pérdida de la cobertura del bosque natural denso está asociada a la deforestación, pero hace que la unidad de bosque natural fragmentado incremente, tanto así que en los 24 años de referencia de las 855,3 has que perdió el bosque denso, 783,2 has aumentaron en la cobertura del bosque natural fragmentado. De manera que entre los años 2002 y 2011 se presentó la mayor intervención sobre el bosque denso con un total de 500 has.

La disminución de las coberturas de bosque natural denso, mosaico de pastos con espacios naturales y la vegetación de páramo, está directamente relacionado con la ampliación en su área de las coberturas del bosque natural fragmentado y el mosaico de pastos y cultivos, esto se dio con el fin de ampliar las zonas donde se pueda desarrollar actividades de agrícolas, para mejorar los ingresos económicos.

De seguir ocurriendo los cambios como se ha demostrado en los 24 años de referencia, se prevé que el bosque natural denso desaparecería por completo en un período no mayor a los 25 años, presentándose un tendencia a incrementar el bosque natural fragmentado, los mosaicos de pastos con espacios naturales y los mosaicos de pastos y cultivos, además la vegetación de páramo y los bosques achaparrados con la intervención tan elevada que se presenta y con las quemadas en extensas áreas, comprometería mucho la captación y regulación del recurso hídrico, incluyendo también la desaparición de especies tanto faunísticas como florísticas.

El comportamiento de las coberturas de lagunas, vegetación rupícola, afloramiento rocoso, turberas y el bosque plantado, se mantienen, ya que los cambios que se registraron no son significativos y no cubrieron las hectáreas mínimas para ser cartografiados.

Dentro de los factores de cambios que más inciden en el área de estudio está el crecimiento poblacional, que conlleva a incrementar las áreas productivas con la ampliación de la frontera agrícola y la deforestación, interviniendo las coberturas vegetales naturales con el propósito final de satisfacer las necesidades económicas de la

población como es el caso de la extracción de leña, madera y carbón vegetal. Puesto que las condiciones socioeconómicas de la población no son lo suficiente para la manutención de sus hogares, se ven obligados a hacer uso de los recursos naturales que representan ingresos económicos, no obstante algunas personas al verse sin el sustento financiero suficiente según testimonios de algunos pobladores, se ven obligadas a salir en búsqueda de trabajo en labores agropecuarias principalmente en la vecina república del Ecuador, especialmente en la Provincia del Carchi en poblaciones como Tufiño, Tulcán, El Ángel, San Gabriel, entre otras.

Teniendo en cuenta los testimonios de la comunidad, la deforestación del bosque natural denso empezó a incrementar en la década de los 80's hasta finales de los 90's con la apertura de la vía que comunica el centro poblado de Chiles con el de Mayasquer, puesto que esta atraviesa por la vegetación de páramo de oriente a occidente, bordeando el edificio volcánico Chiles y Cerro Negro y llega a la vegetación del bosque natural denso, de donde se extrae madera, carbón y leña para la comercialización tanto en Tulcán (Ecuador) como en Ipiales y Cumbal, siendo este proceso de intervención, irreversible.

Con el análisis del cambio de la cobertura en el complejo volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo, se demuestra que en los cuatro resguardos se presentan cambios significativos, por ejemplo en Mayasquer la intervención se da principalmente sobre el bosque natural denso, mientras que en los resguardos de Chiles, Panán y Cumbal se presenta alteración principalmente sobre la vegetación de páramo y los bosques achaparrados, caracterizándose por la intervención agropecuaria, seguida de la pecuaria y la agrícola.

RECOMENDACIONES

La fuerte fragmentación encontrada en la zona de estudio junto a algunas prácticas inadecuadas de uso del suelo observadas durante los recorridos en campo está llevando a la degradación de los suelos, por lo que se recomienda hacer énfasis en la educación ambiental en las instituciones de la zona y además ofrecer capacitaciones agropecuarias a los habitantes de los resguardos con el fin de mejorar las prácticas agrícolas, esto se debe hacer por parte de la Alcaldía del municipio de Cumbal.

Dentro de los planes de viada de los resguardos o en el mismo EOT del municipio de Cumbal, se deben considerar fondos o incentivos para iniciar un proceso de conservación de las zonas naturales y de restauración ecológica en las zonas de mayor impacto como es el caso del bosque natural denso, la vegetación de páramo y los bosques achaparrados.

La metodología de Corine Land Cover propuesta en el presente estudio puede ser aplicada en superficies mayores o menores, haciendo la respectiva adaptación a cada caso. Puede ser utilizada tanto para identificar coberturas vegetales como cambios multitemporales y ser aplicados no solo en zonas de alta montaña sino en zonas bajas; esto con el fin de hacer un seguimiento de las coberturas que se están viendo afectadas y que de alguna u otra manera tengan relación con las coberturas identificadas en este estudio.

Un aspecto clave para lograr la disminución del impacto sobre el ecosistema de páramo y los bosques achaparrados es la eliminación de las quemas y hacer control de estas, de manera que se instalen los comparendos ambientales, con el fin de hacer que la comunidad no aplique esta técnica para el aprovechamiento de las zonas de estas zonas, ya que son estas unidades junto al bosque natural denso las coberturas a monitorear.

Incentivar a la comunidad a la conservación de los recursos naturales implementando las buenas prácticas agrícolas (BPA), ya que estas se realizan con el propósito de aprovechar de manera óptima los suelos que están destinados a la agricultura o ganadería y así no intervenir las áreas de páramo, bosques achaparrados de páramo y el bosque natural denso principalmente.

Realizar proyectos de restauración ecológica, principalmente en las riveras de los ríos donde se presenta mayor intervención y sobre las que sean de abastecimiento de agua potable para la comunidad, para mantener el recurso hídrico, además se recomienda hacer unas capacitaciones a la comunidad para que ayuden a la conservación de estas fuentes de agua.

Hacer un estudio sobre el impacto ambiental generado por las quemas sobre la cobertura de páramo, identificando el avance de la cobertura en cuanto a la regeneración con el fin de implementar medidas necesarias para minimizar los impactos y controlar este proceso.

Realizar la revisión y actualización cartográfica del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Cumbal, para la toma de medidas que favorezcan los procesos de planificación y ordenamiento del territorio con el propósito final de contribuir a la recuperación y conservación de los ecosistemas que se ven afectados por la acción humana.

BIBLIOGRAFIA

ANGNES ALDANA, Joaquín BOSQUE Sandra. Evaluación de los cambios ocurridos en la cobertura y uso de la tierra del Parque Nacional Sierra de la Culata, período 1988-2003. Mérida-Venezuela. 2003. 16 p.

ALTIERI. M.A, y LETOURNEAU. D.K. Vegetation management and biological control in agroecosystems. Crop Protection. 1982. 430p.

BERMUDEZ ROJAS, Tania., et al. Cambio de uso y cobertura de la tierra y la conservación del bosque en dos áreas protegidas. Costa Rica. 1998. 1 p.

CAMPAÑA, Samuel. Programa nacional de agricultura. Santiago de Chile. 2002. 2 p.

CORPONARIÑO. UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Plan de acción en biodiversidad para el Departamento de Nariño 2006-2030. Estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño. Pasto 2006.

_____Plan de acción para la conservación del páramo de Chiles. Ipiales. 2004. 14 p.

CORPONARIÑO Y CORPOAMAZONIA. Plan de manejo del Corredor Andino Amazónico Páramo de Bordoncillo, Cerro de Patascoy, La Cocha, como Ecorregión Estratégica para los departamentos de Nariño y Putumayo. Pasto. 2002.

CLEEF, A.M. The Vegetation of the páramos of the Colombian Cordillera Oriental. 1981

CUATRECASAS, José. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. X. 1958.

CHUVIECO Emilio. Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra Desde el Espacio. Editorial Ariel S.A. Madrid 2002

Estudio sobre el estado actual del páramo de Chiles. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Cabildo Indígena de Chiles, CORPONARIÑO, WWF. 2009.163 p.

EUROPIAN TEPIC CENTER. Corine Land Cover a Key Database for European Environmental assessment. 1999.

FAO. Forest Resources Assessment 1990 – survey of tropical forest cover and study of change processes y Forest Resources Assessment Main Report. Food and Agriculture Organization, Roma. 2001.

_____ DOORENBOS. J, y KASSAM. A.H. Yield response to water. Irrigation and Drainage Paper 33. Roma. 1979.

FLÓREZ A. Movilidad altitudinal de páramos y glaciares en los Andes Colombianos. Disponible en resumen congreso mundial de páramos: Estrategias para la conservación y sostenibilidad de sus bienes y servicios ambientales. Paipa Boyacá. Mayo de 2002.

Agenda Local 21. Conservación y manejo de recursos para el desarrollo: Ordenación de los ecosistemas frágiles: desarrollo sostenible de las zonas de montaña Capítulo 13. 2006. disponible en: <http://agenda21ens.cicese.mx/capitulo13.htm>

HART, R. Agroecosistemas. Conceptos básicos. Centro Agronómico de investigación y enseñanza CAITE. Turrialba. Costa Rica. 1980. 88 p.

IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Paramos y Ecosistemas alto Andinos de Colombia en Condición Hotspot & Global Climatic Tensor. Transformación y cambio en el uso de suelo en los páramos de Colombia en las últimas décadas. Capítulo IV. Bogotá. Colombia. 2002. 330 p.

_____ Oferta y demanda del recurso hídrico en Colombia. Colombia. 2000. 1 p.

IGAC, CRC. Zonificación, caracterización y manejo sostenible de los páramos del Departamento del Cauca. Bogotá, 2009.

INGEOMINAS. Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto. Chiles – Cerro Negro. Disponible en Internet en: http://intranet.ingominas.gov.co/pasto/Chiles-Cerro_Negro

INSTITUTO NACIONAL FORESTAL INAFOR. Frontera Agrícola. Managua. Nicaragua. 2004. 13 p.

KASPERSON, J. y TURNER, B. L. Regions at risk: comparisons of threatened environments, United Nations University Press, Tokyo. 1995. 105 p.

LEE, H. Human disturbance and natural habitat a biome level analysis of a global data set. Biodiversity and Conservation 4. 1995.

MAVDT. Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. Resolución 079 de agosto. Colombia. 2003.

MENA VÁSCONEZ, HOFSTEDE PATRICIO. Los páramos ecuatorianos. Quito. 2006. 105 p.

MINAMBIENTE. Ministerio del Medio Ambiente. Ley 388 de Julio 18. Colombia. 1997.

_____ Ley 032 de 2003.

_____ Resolución 0769 de agosto 5 de 2002

_____ Resolución 0839 (Agosto, 2003) por la cual se establecen los lineamientos para el Estudio del Estado Actual de los Páramos (EEAP). Bogotá

_____ Programa Nacional para el Manejo Sostenible y Restauración de Ecosistemas de la Alta Montaña en Colombia. 2002.

_____ Guía de ahorro y uso eficiente del agua. Bogotá. 2002.

_____. Ministerio del Medio Ambiente. Ecosistemas boscosos. Colombia. 2008. Disponible en <http://web.minambiente.gov.co/ecorre/peramb8/ecosis.htm>

_____ Disponible en <http://web.minambiente.gov.co/ecorre/peramb8/ecosis.htm>

MOLANO, Joaquín. Los páramos en la declinación del Siglo XX. Páramos y Bosques de Niebla. Memorias IV Conferencia Latinoamericana de Paramos y Bosques Altoandinos. Censat Agua Viva. Bogotá. 2000.

OJIMA, Galvin y Turner B. The global impact of land-use change. BioScience. Tomo II. Quintana Roo, México. 1994. 304p.

Plan de Desarrollo del Departamento de Nariño "La Fuerza del Cambio Continúa". Gobernación de Nariño. San Juan de Pasto 2004.

Parques Nacionales Naturales (PNN). Bosque andino características y especies. Bogotá; 2008.

RAMANKUTTY, N. y FOLEY, J. A. Estimating historical changes in global land cover: croplands from 1700 to 1992, Global Biogeochemical Cycles. 1999. 1027 p.

RAMIREZ, B. Principios y métodos de la enseñanza de la ecología vegetal. Universidad del Cauca, Popayán. 1995.

RANGEL, Orlando. Diversidad biótica III. Universidad Nacional de Colombia. 2002. 786 p.

_____ Diversidad Biótica III: La región paramuno de Colombia. Primera Edición, Editorial Unibiblos. Bogotá, Colombia, 1997.

RODRÍGUEZ, N. Ecosistemas de los Andes Colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia 2004. 155 p.

RUDAS, G. Uso del agua e incentivos económicos para la conservación de cuencas hidrográficas. Instituto de estudios rurales. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Santafé de Bogotá, D.C, Colombia. 1995. 23 p.

SISTEMA NACIONAL AMBIENTAL. Ley 99 de Diciembre 22. Colombia. 1993.

SORIANO, A, y AGUIAR. M. Estructura y funcionamiento de los agroecosistemas. Ciencia e Investigación 1998. 73 p.

VAN DER HAMMEN. La dinámica del medio ambiente en la alta montaña colombiana: historia, cambio global y biodiversidad. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Memorias No 3. Santafé de Bogotá, 1995. 145 p.

_____ Historia, ecología y vegetación. FEN-COA-Fondo de Promoción del Banco Popular. Bogotá. Colombia. 1992. 10 p.

_____ Diversidad Biológica. Informe Nacional sobre el estado de la biodiversidad. Bogotá. Colombia. 1997.

VASQUEZ, Claudia y OROZCO, Alberto. La destrucción de la naturaleza. La ciencia para todos. 2000.

WILCOX, B. A. Insular ecology and conservation. Conservation Biology: an Evolutionary Ecological Perspective. Sinauer Associates, Sunderland. 1980. 117 p.