

**ESTUDIO DEL CAMBIO DE LA COBERTURA VEGETAL EN EL AREA DE
INFLUENCIA OCCIDENTAL DEL PARQUE NACIONAL NATURAL (P.N.N.) COMPLEJO
VOLCANICO DOÑA JUANA - CASCABEL PERÍODO 1989-2011**

DAISY GABRIELA GUERRERO OBANDO

DANIEL ANTONIO ORTEGA SOLARTE

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

**ESTUDIO DEL CAMBIO DE LA COBERTURA VEGETAL EN EL AREA DE
INFLUENCIA OCCIDENTAL DEL PARQUE NACIONAL NATURAL (P.N.N.) COMPLEJO
VOLCANICO DOÑA JUANA - CASCABEL PERÍODO 1989-2011**

**DAISY GABRIELA GUERRERO OBANDO
DANIEL ANTONIO ORTEGA SOLARTE**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Geógrafo
con énfasis en Planificación Regional
Modalidad Tesis**

Asesor

**Geógrafo: Germán Edmundo Narváez Bravo.
Docente Dpto. 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, mayo de 2012

AGRADECIMIENTOS

Para el proceso de desarrollo y terminación de esta investigación, se contó con la contribución de personas y entidades que fortalecieron las actividades que se desarrollaron para obtener el cumplimiento de los objetivos inicialmente propuestos.

Por lo anterior, se hace un gran reconocimiento por el apoyo logístico y financiero, expresando los más sinceros agradecimientos a Parques Nacionales Naturales Complejo Volcánico Doña Juana – Cascabel, al proyecto de la United States Agency International Development USAID, al Programa Paisajes de Conservación y al Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas “Patrimonio Natural”; al jefe de área protegida del PNN CVDJ-C Richard Muñoz Molano y al profesional universitario del PNN CVDJ-C Jorge Alfonso Arellano, por su constante dedicación y colaboración para el desarrollo de este proyecto de investigación; y a los además funcionarios del parque, Danyeli Rocío Cajas, Pablo Emilio Sambony, Guido Gallardo Bolaños, José Leonardo Molina Muñoz, Oswaldo Homero Díaz, Leonardo Martínez Ordoñez y Alexander Ausecha.

De igual manera se agradece a la Universidad de Nariño, al Departamento de Geografía, al Grupo de investigación en geografía física y problemas ambientales - TERRA, y en especial, al coordinador de este grupo en mención, nuestro profesor, asesor e incondicional amigo: Germán Edmundo Narváez, con quien se compartieron grandes experiencias tanto laborales como de la cotidianidad, con las cuales se permitió el enriquecimiento del saber y el interés por la investigación para generar conocimiento.

También se agradece a los demás integrantes del grupo de investigación por su apoyo, compañerismo y empeño para desarrollar desde pequeños hasta grandes proyectos de estudio. A Ricardo, Natalia y al profesor Diego Muñoz.

Agradecemos por el infinito e incondicional apoyo de nuestros padres y demás familiares, por depositar toda su confianza para hacer de nosotros personas con una formación digna al servicio de la sociedad.

DEDICATORIA

A mi mami **NELLY JAEL OBANDO R** porque gracias a su dedicación y entrega hizo de mi una persona fundada de valores, por su amor, sus enseñanzas y su confianza incondicional y sobre todo por ser el timón que le da rumbo a mi vida.

A mi tía **AURITA** por su apoyo y motivación para superarme durante mi formación como profesional.

A mis dos angelitos **HENRRY GUERRERO** y **FELIPE OBANDO** que siempre guían mi camino.

A mi hermana **DIANA** a mi **KIKE** y a mi familia en general, por sus enseñanzas, consejos, comprensión y cariño, por estar presentes en los buenos y en malos momentos que la vida me ha deparado.

A mi novio **RICARDO ERAZO**, por darme su amor, comprensión, confianza, momentos nuevos e inolvidables y sobre todo por ser mi compañero incondicional de este hermoso viaje llamado vida.

A mis amigos **ANDERSON, OSCAR, PETER, PIPE (QPD), JUANCHO, DANNY, DANIEL, NATALIA** y al profe **GERMAN**, entre otros, que de una u otra manera contribuyeron a la culminación de esta meta, por sus enseñanzas y por todos los buenos y malos ratos que pasamos y que hicieron que los lazos de amistad se fortalezcan.

DE CORAZÓN MUCHAS GRACIAS!!!

DAISY GABRIELA GUERRERO OBANDO

DEDICATORIA

Con la culminación de esta investigación, quiero expresar mi agradecimiento a Dios, a ti que entregué mi carrera para que me guíes al camino correcto, por darme la vida y la oportunidad de poder terminar exitosamente la meta de alcanzar una formación profesional; por lo anterior, quiero dedicar este trabajo a:

Mis padres, **ANTONIO ORTEGA** y **NOHEMY SOLARTE**, por brindarme todo su apoyo y haber depositado toda su confianza para hacer de mí una persona valerosa con principios y fundamentos y por su incansable esfuerzo y sacrificio por darme lo necesario para tener un mejor vivir.

A mis Hermanas **MILY** y **PAULA**, por estar a mi lado de alguna u otra forma apoyándome en las buenas, malas, duras e inmaduras, respaldándome con sus constantes consejos y dándome ánimo para seguir adelante.

A mi novia **GREICY**, por demostrarme que cuanto más se pueden poner difíciles las situaciones, más grande es la satisfacción al superar las adversidades.

A mi tío **TULIO**, por creer en mí y apoyarme en momentos críticos de mi carrera.

A mis amigos **GERMAN NARVÁEZ**, **GABRIELA GUERRERO**, **RICARDO ERAZO** y **NATALIA PORTILLA** por hacerme participe del trabajo en equipo, su incondicional amistad y compartir conmigo felices, tristes, difíciles y gratos momentos que han fortalecido en mí, un cariño y aprecio "**Con garantía de por vida**".

"POR ESTO Y MUCHO MÁS... MIL Y MIL GRACIAS"

DANIEL ANTONIO ORTEGA SOLARTE

RESUMEN

El “*Estudio del cambio de la cobertura vegetal en el área de influencia occidental del Parque Nacional Natural complejo volcánico Doña Juana - Cascabel período 1989-2011*”, es un análisis multitemporal del cambio que ha sufrido la cobertura vegetal. Este complejo está conformado por los volcanes Petacas, Ánimas y Doña Juana, así como el cerro Machete de Doña Juana. Estas formaciones están ubicadas en la cordillera Centro-oriental, al nororiente del departamento de Nariño y al sur del departamento del Cauca-Colombia.

Corresponde un área de 648 km² de los cuales 225 km² corresponden al P.N.N Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel.

El período de análisis para esta investigación fue de 22 años, en la cual, se utilizó información secundaria como documentos, cartografía y productos de sensores remotos para ser procesados con herramientas de SIG.

Como resultados de esta investigación se tiene un diagnóstico físico-biótico y socioeconómico con información secundaria, que se realizó con el fin de hacer una caracterización y un acercamiento de la zona de estudio por parte de los autores. Posteriormente del reconocimiento del área de estudio, se generó la cartografía base y los mapas de cobertura vegetal para los años de 1989, 1995, 2002 y 2011. Además, se elaboró los mapas de cambios para los períodos de 1989 a 1995, de 1995 a 2002, de 2002 a 2011 y finalmente se elaboró un mapa de los totales de cambios del período 1989 a 2011.

Finalmente, para el cumplimiento del último objetivo, con la ayuda de las entrevistas que se realizaron en los sectores estratégicos y con las salidas de campo, se obtuvo que los principales cambios se presentaron entre los períodos de 1989 y 1995, en el bosque natural denso siendo más evidente en el municipio de El Tablón de Gómez y principalmente en el resguardo indígena de Aponte; identificando que el factor principal de cambio de la cobertura vegetal, fue la instauración de los cultivos ilícitos, por sus altos ingresos económicos que generaba a corto plazo en la década de los 90s. El segundo factor en este orden de ideas sigue, es la tala indiscriminada de bosque, con fines de comercialización y labores domésticas, generando la ampliación de la frontera agrícola con el fin de obtener más terreno para las actividades agropecuarias.

ABSTRACT

The “*study on the change in the forest cover in the zone of western influence of the National Natural Park volcanic complex Doña Juana - Cascabel 1989-2011*” is a multitemporal analysis of the change that the forest cover has undergone. This complex consists of the volcanoes: Petacas, Animas, and Doña Juana as well as Cerro Machete de Doña Juana. These formation processes are located in the Middle-Western mountain range, towards the north-east of Nariño and towards the south of Cauca in Colombia.

It has an area of 648km² out of which 225km² are covered by the National Natural Park volcanic complex Doña Juana-Cascabel.

The time period devoted to this research was 22 years, during this period some secondary information such as documents, cartography, and results of remote sensors was used in order to be processed with SIG tools.

As a result of this research work was obtained a physical-biotic and socio-economic diagnostic with secondary information, which was carried out with the purpose of giving a detailed description on the part of the authors. Subsequently, the cartography and the maps of the vegetable cover for the years 1989, 1995, 2002, and 2011 were generated. The maps of changes for the periods 1989-1995, 1995- 2002, 2002-2011 were made as well. Finally, a map of all the change totals from 1989 to 2011 was also made.

Finally, for meeting the last purpose, with the help of some interviews carried out in the strategic areas and some fieldwork; it was deduced that the main changes took place between 1989 and 1995, in the natural dense forest being the changes more noticeable in the municipality of El Tablón de Gomez, and chiefly in the native reserve of Aponte. Also, it was identified that the main factor in the changes in the vegetable cover was due to illicit growings and their short –term high incomes generated in the 1990s. The second factor in this order of ideas that follows is the indiscriminate cutting of forests for marketing and housework purposes, causing the agricultural frontier to extend in order to obtain more land for agricultural activities.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. PROBLEMA	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
2. JUSTIFICACIÓN	20
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. MARCO DE REFERENCIA	23
4.1 ÁREA DE ESTUDIO	23
4.2 ANTECEDENTES	26
4.2.1 Antecedentes Internacionales	26
4.2.2 Antecedentes Nacionales	26
4.2.3 Antecedentes Regionales	27
4.3 MARCO CONCEPTUAL	29
4.3.1 El páramo	29
4.3.2 La selva altoandina	30
4.3.3 Cobertura vegetal y uso del suelo	31
4.3.4 La frontera agrícola	32
4.3.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG)	33
4.3.6 Sensores remotos	34
4.3.7 La imagen satelital	35
4.3.8 Análisis Multitemporal	37
4.4 MARCO LEGAL	37
5. METODOLOGÍA	40
5.1 FASE 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DIAGNÓSTICO	40
5.1.1 Revisión bibliográfica	40
5.1.2 Realización del diagnóstico físico biótico y socioeconómico	40
5.2 FASE 2: PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE AEROFOTOGRAFÍAS, IMÁGENES SATELITALES, RADAR Y ELABORACIÓN DE LEYENDAS DE LOS MAPAS DE COBERTURA VEGETAL	41
5.2.1 Análisis de aerofotografías	41
5.2.2 Elaboración del mapa topográfico	42
5.2.3 Procesamiento de imágenes	43
5.2.3.1 Corrección de corrimiento entre imágenes	44
5.2.3.2 Corrección radiométrica y topográfica	45

5.2.3.3	Corrección radiométrica y topográfica para imágenes Aster	47
5.2.4	Clasificación de cobertura vegetal de las imágenes satelitales	48
5.2.5	Adaptación de la metodología de clasificación corine land cover a este estudio	50
5.2.5.1	Adaptación de la nomenclatura	50
5.2.6	Leyenda de los mapas de coberturas vegetales	51
5.2.7	Elaboración de los mapas de cambios de cobertura vegetal	55
5.3	FASE 3: TRABAJO DE CAMPO	59
5.3.1	Recorridos por la zona de estudio	59
5.3.2	Entrevistas	60
5.3.3	Identificación de sectores estratégicos	61
5.4	FASE 4: ANÁLISIS Y SISTEMATIZACIÓN	61
5.4.1	Filtración y análisis de información secundaria	61
5.4.1.1	Componente socioeconómico	61
5.4.1.2	Componente físico-biótico	62
5.4.2	Elaboración y diseño de mapas	62
5.4.3	Filtración y análisis de información primaria	62
6.	DIAGNÓSTICO	64
6.1	DIAGNÓSTICO FISICO BIÓTICO	64
6.1.1	Geología Descriptiva	64
6.1.1.1	Depósitos volcanosedimentarios(Qdvs)	67
6.1.1.2	Flujos de lodo y flujos piroclásticos (Qflp)	67
6.1.1.3	Lavas y piroclastos (NQlp)	67
6.1.1.4	Pórfidos dacíticos – andesíticos (Npda)	68
6.1.1.5	Metamorfitas pompeya (PZpom)	68
6.1.1.6	Complejo quebradagrande (k1cqq)	69
6.1.1.7	Gabros aponte (Kgbapo)	69
6.1.2	Geomorfología	69
6.1.2.1	Modelado volcánico y glacial reciente	69
6.1.2.2	Modelado volcánico y glacial sub-reciente a antiguo y denudacional reciente	70
6.1.3	Climatología	73
6.1.3.1	Precipitación	76
6.1.3.2	Viento	78
6.1.3.3	Temperatura	79
6.1.3.4	Humedad Relativa	80
6.1.3.5	Brillo Solar	82
6.1.3.6	Evaporación	83
6.1.3.7	Nubosidad	84
6.1.4	Hidrografía e Hidrología	84
6.1.5	Suelos	87
6.1.5.1	Suelos de clima muy frío húmedo y muy húmedo	87
6.1.5.2	Suelos de clima frío húmedo y muy húmedo	88
6.2	DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO	89
6.2.1	División político administrativa	89
6.2.2	Uso de Suelo	92
6.2.3	Actividades Productivas	93
6.2.4	Demografía	97

7	CARACTERIZACIÓN SEMIDETALLADA DE LA COBERTURA VEGETAL	100
7.1	CATEGORÍAS DE COBERTURA VEGETAL	100
7.1.1	Territorios agrícolas	100
7.1.1.1	Pastos	100
7.1.1.2	Áreas Agrícolas Heterogéneas	101
7.1.2	Bosques y áreas seminaturales	103
7.1.2.1	Bosques	103
7.1.2.2	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	104
7.1.2.3	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	106
7.1.3	Superficies de agua	107
7.1.3.1	Aguas Continentales	107
7.2	COBERTURA VEGETAL AÑO 1989	108
7.2.1	Pastos limpios	109
7.2.2	Mosaico de pastos y cultivos	109
7.2.3	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	110
7.2.4	Mosaico de pastos con espacios naturales	111
7.2.5	Bosque natural denso	111
7.2.6	Bosque natural fragmentado	111
7.2.7	Vegetación de páramo (Pajonales – Frailejonales)	112
7.2.8	Vegetación de páramo (Arbustal)	112
7.2.9	Vegetación de Subpáramo	112
7.2.10	Vegetación rupícola	112
7.2.11	Afloramientos rocosos	113
7.2.12	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	113
7.3	COBERTURA VEGETAL AÑO 1995	113
7.3.1	Pastos limpios	115
7.3.2	Mosaico de pastos y cultivos	115
7.3.3	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	116
7.3.4	Mosaico de pastos con espacios naturales	116
7.3.5	Bosque natural denso	117
7.3.6	Bosque natural fragmentado	117
7.3.7	Vegetación de páramo (Pajonal - Frailejona)	117
7.3.8	Vegetación de páramo (Arbustal)	118
7.3.9	Vegetación de Subpáramo	118
7.3.10	Vegetación rupícola	118
7.3.11	Afloramientos rocosos	118
7.3.12	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	118
7.4	COBERTURA VEGETAL AÑO 2002	119
7.4.1	Pastos limpios	120
7.4.2	Mosaico de pastos y cultivos	120
7.4.3	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	120
7.4.4	Mosaico de pastos con espacios naturales	121
7.4.5	Bosque natural denso	121
7.4.6	Bosque natural fragmentado	121
7.4.7	Vegetación de páramo (Pajonal - Frailejona)	122
7.4.8	Vegetación de páramo (Arbustal)	122
7.4.9	Vegetación de Subpáramo	122

7.4.10	Vegetación rupícola	122
7.4.11	Afloramientos rocosos	122
7.4.12	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	122
7.5	COBERTURA VEGETAL AÑO 2011	123
7.5.1	Pastos limpios	124
7.5.2	Mosaico de pastos y cultivos	125
7.5.3	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	125
7.5.4	Mosaico de pastos con espacios naturales	126
7.5.5	Bosque natural denso	127
7.5.6	Bosque natural fragmentado	128
7.5.7	Arbustos y matorrales	129
7.5.8	Vegetación de páramo (Pajonal - Frailejonal)	130
7.5.9	Vegetación de páramo (Arbustal)	130
7.5.10	Vegetación de Subpáramo	131
7.5.11	Vegetación rupícola	131
7.5.12	Afloramientos rocosos	132
7.5.13	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	133
8	FACTORES DE CAMBIO EN LA COBERTURA VEGETAL	134
8.1	CATEGORÍAS DE CAMBIO	134
8.1.1	Intervención Agrícola	136
8.1.2	Intervención Pecuaria	136
8.1.3	Intervención Agropecuaria	136
8.1.4	Intervención multipropósito con deforestación	136
8.1.5	Regeneración / Restauración	137
8.2	CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 1989 A 1995	137
8.2.1	Intervención pecuaria	139
8.2.2	Intervención agropecuaria	139
8.2.3	Intervención multipropósito con deforestación	141
8.2.4	Regeneración / restauración	142
8.3	CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 1995 A 2002	143
8.3.1	Intervención agrícola	144
8.3.2	Intervención pecuaria	144
8.3.3	Intervención agropecuaria	145
8.3.4	Intervención multipropósito con deforestación	146
8.3.5	Regeneración / restauración	146
8.4	CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 2002 A 2011	148
8.4.1	Intervención pecuaria	149
8.4.2	Intervención agropecuaria	149
8.4.3	Intervención multipropósito con deforestación	150
8.4.4	Regeneración / Restauración	150
8.5	CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 1989 A 2011	152
8.5.1	Intervención pecuaria	153
8.5.2	Intervención agropecuaria	154
8.5.3	Intervención multipropósito con deforestación	156

8.5.4	Regeneración / Restauración	157
	CONCLUSIONES	161
	RECOMENDACIONES	164
	BIBLIOGRAFÍA	167

INDICE DE CUADROS

		pág.
Cuadro 1	Vuelos de las fotografías aéreas	41
Cuadro 2	Planchas Adquiridas	43
Cuadro 3	Cálculo de distancia tierra – sol para proceso de imagen Aster 2011	48
Cuadro 4	Leyenda mapas de cobertura vegetal	51
Cuadro 5	Características de las Unidades Geomorfológicas	71
Cuadro 6	Estaciones climatológicas y pluviométricas más cercanas a la zona de estudio.	76
Cuadro 7	Dimensión de las cuencas en la zona de estudio	86
Cuadro 8	División Político Administrativa	90
Cuadro 9	Producción agrícola 2009 - 2010, Municipio de El Tablón de Gómez	94
Cuadro 10	Producción agrícola 2009 - 2010, Municipio de San Bernardo	95
Cuadro 11	Producción agrícola 2009 – 2010 , Municipio de La Cruz	95
Cuadro 12	Cobertura vegetal 1989	108
Cuadro 13	Cobertura vegetal año 1995	114
Cuadro 14	Cobertura vegetal año 2002	119
Cuadro 15	Cobertura vegetal año 2011	123
Cuadro 16	Matriz de cambios	135
Cuadro 17	Categorías de cambio de cobertura vegetal período 1989 a 1995	138
Cuadro 18	Categorías de cambio de cobertura vegetal período 1995 a 2002	143
Cuadro 19	Categorías de cambio de cobertura vegetal período 2002 a 2011	148
Cuadro 20	Categorías de cambio de cobertura vegetal período 1989 a 2011	152
Cuadro 21	Porcentajes y hectáreas de cambio de Intervención Pecuaria para todos los períodos de análisis	154
Cuadro 22	Porcentajes y hectáreas de cambio de Intervención agropecuaria para todos los períodos de análisis	156
Cuadro 23	Porcentajes y hectáreas de cambio de deforestación para todos los períodos de análisis	157
Cuadro 24	Porcentajes y hectáreas de cambio de regeneración / restauración para todos los períodos de análisis	159
Cuadro 25	Categorías de cambio de cobertura vegetal períodos 1989-1995, 1995-2002, 2002-2001 y 1989-2011	159

INDICE DE FIGURAS

		pág.
Figura 1	Localización del área de estudio	23
Figura 2	Localización área de estudio	24
Figura 3	Mapa de Cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo	25
Figura 4	Conversión de cada una de las imágenes a resolución de 30,56 metros	44
Figura 5	Empate de imágenes	45
Figura 6	Corrección atmosférica	47
Figura 7	Muestreo digital de la cobertura vegetal sobre la imagen satelital	49
Figura 8	Resultado de edición de polígonos sobre la imagen satelital	50
Figura 9	Caso donde se encuentra un polígono pequeño dentro de un polígono grande 112 <10 has 211 >10 has	52
Figura 10	Caso donde se encuentra un polígono pequeño dentro de dos polígonos grandes. Si 110 >10 has; 111 >10 has, entonces 112/110,111.	53
Figura 11	Delimitación de bosque natural fragmentado	53
Figura 12	Delimitación de mosaico de pastos y cultivos	54
Figura 13	Delimitación de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	54
Figura 14	Delimitación de mosaico de cultivos y espacios naturales	55
Figura 15	Situación de cambio de un tipo de cobertura completo a otro	56
Figura 16	Situación de cambio de un polígono por incremento de área	56
Figura 17	Situación de cambio donde un polígono desaparece	57
Figura 18	Situación donde aparece otra cobertura dentro de una unidad de cobertura vegetal más grande	57
Figura 19	Situación de incremento de una cobertura sobre varias	58
Figura 20	Situación de disminución de un polígono por incremento de varios	58
Figura 21	Puntos GPS en sectores estratégicos en los recorridos de trabajo de campo	60
Figura 22	Identificación de zonas más intervenidas	61
Figura 23	Mapa geológico del área de estudio	66
Figura 24	Circulación atmosférica y distribución de lluvias en el Complejo Volcánico Doña Juana – Cascabel.	75
Figura 25	Precipitación total mensual en zonas de influencia del complejo volcánico Doña Juana -Cascabel	77
Figura 26	Variación espacial de la precipitación total anual entre el valle de río Mayo y el Cascabel.	78
Figura 27	Temperatura media mensual en la zona de influencia del complejo volcánico Doña Juana - Cascabel	80
Figura 28	Humedad relativa en la zona de influencia del complejo volcánico Doña Juana - Cascabel	81
Figura 29	Influencia de masas de aire húmedas en el sector oriental de la zona de estudio.	82
Figura 30	Brillo solar en la zona de influencia del complejo volcánico Doña	83

	Juana - Cascabel	
Figura 31	Evaporación en la zona de influencia del complejo volcánico Doña Juana - Cascabel	84
Figura 32	Sectorización hídrica del complejo volcánico Doña Juana - Cascabel	85
Figura 33	División político administrativa	91
Figura 34	Producción de maíz anual solo, de los municipios El Tablón de Gómez, San Bernardo y La Cruz, años 2010	96
Figura 35	Inventario de ganado bovino y porcino del año 2010, Municipios de El Tablón de Gómez, La Cruz y San Bernardo	97
Figura 36	Población por municipios	99
Figura 37	Porcentaje de cobertura vegetal para el año de 1989	109
Figura 38	Porcentaje de la cobertura vegetal para el año de 1995	115
Figura 39	Porcentaje de cobertura vegetal para el año de 2002	120
Figura 40	Porcentaje de cobertura vegetal para el año de 2011	124
Figura 41	Pastos limpios, Alto de Ledesma,	125
Figura 42	Mosaico de pastos y cultivos, Valencia, Tablón de Gómez	125
Figura 43	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, barro azul, La Cruz	126
Figura 44	Mosaico de pastos con espacios naturales, predio San Antonio, La Cruz	127
Figura 45	Bosque natural denso, sur-occidente volcán Petacas	128
Figura 46	Bosque natural fragmentado, La Palma, La Cruz	129
Figura 47	Arbustos y Matorrales, reserva Sanyta Helena	129
Figura 48	Vegetación de páramo (pajonal - frailejonal), volcán Animas	130
Figura 49	Vegetación de páramo (arbustal), El Silencio, El Tablón de Gómez	131
Figura 50	Vegetación de subpáramo, sur-oriente volcán Doña Juana	131
Figura 51	Vegetación Rupícola, cerro Machete de Doña Juana	132
Figura 52	Afloramiento rocoso, volcán Doña Juana	132
Figura 53	Laguna del Mayo, La Cruz	133
Figura 54	Pantano Santo Domingo, La Cruz	133
Figura 55	Porcentaje del cambio de cobertura vegetal entre 1989 y 1995	138
Figura 56	Porcentaje del cambio de cobertura vegetal entre 1995 y 2002	144
Figura 57	Porcentaje del cambio de cobertura vegetal entre 2002 y 2011	149
Figura 58	Porcentaje del cambio de cobertura vegetal entre 1989 y 2011	153
Figura 59	Cambios multitemporales de cobertura vegetal	160
Figura 60	Cambios multitemporales de cobertura vegetal	160

INTRODUCCIÓN

La alteración de ecosistemas como el páramo y la selva altoandina, se ha venido dando desde hace mucho tiempo; en la actualidad es un aspecto de gran prevalencia para hacer estudios tales como el que se desarrolló con esta investigación. Por esta razón, este trabajo identificó la intervención humana, utilizando técnicas con las cuales se pueden determinar las unidades de cambio con gran exactitud. Por lo anterior, se recurre a la alternativa de la teledetección para realizar cartografía precisa.

El estudio del Cambio de la cobertura vegetal en el área de influencia occidental del Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel, es un trabajo de investigación el cual tuvo como objetivo identificar y cartografiar la cobertura y los cambios en la vegetación que se han presentado en los últimos 20 años, a partir del análisis multitemporal y a la vez, caracterizar los factores que han influenciado en dichos cambios.

Desde el punto de vista geográfico la importancia de este estudio radica en que sus resultados servirán como base fundamental en la identificación de problemáticas, tanto ambientales como sociales para la toma de decisiones en cuanto a la planificación regional.

La realización de esta investigación fue posible gracias al apoyo de Parques Nacionales Naturales Complejo Volcánico Doña Juana – Cascabel y a la colaboración del personal técnico en el desarrollo de algunas actividades.

Este documento técnico se encuentra estructurado por una metodología detallada, acerca de los procesos que se desarrollaron durante la investigación; un diagnóstico físico – biótico y socioeconómico elaborado a partir de información secundaria y por último, la sistematización y análisis de información y resultados cartográficos arrojados por este estudio.

Esta investigación es de tipo cuali-cuantitativa con enfoque analítico-descriptivo; está enmarcada dentro de la línea de investigación: Ordenamiento Territorial y Ambiental (Caracterización biofísica y ambiental del Espacio Geográfico) del programa de Geografía - Universidad de Nariño.

Por otra parte, los investigadores de este estudio se encuentran vinculados al Grupo de Investigación en Geografía Física y Problemas Ambientales (TERRA), perteneciente a la Universidad de Nariño (Departamento de Geografía). Este trabajo hace parte de los proyectos que adelanta el Grupo, el cual se encuentra registrado en COLCIENCIAS.

1. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cambio de la cobertura vegetal en el área de influencia occidental del complejo volcánico Doña Juana -Cascabel, (Departamentos de Nariño y Cauca), durante el período 1989-2011.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Por qué se han presentado los cambios en la cobertura en el área de influencia occidental del complejo volcánico Doña Juana en el período 1989-2011?

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad se ha encontrado que el cambio de la cobertura vegetal es cada vez más evidente por la intervención antrópica, mostrándose así, una ampliación significativa de la frontera agropecuaria¹. Este proceso puede llevarse a cabo de manera positiva o negativa según el aprovechamiento que se presente; si este es adecuado y no afecta la calidad de los nutrientes que presenta el suelo, se puede hablar de un aprovechamiento positivo; de lo contrario, si este se lo hace para actividades agropecuarias que no son aptas para la zona se habla de un cambio negativo, puesto que se está contribuyendo con el desgaste y alteración de los bienes y servicios ambientales que ofrece la zona. Por consiguiente, las consecuencias que se presentan cuando el cambio afecta de manera negativa, son la reducción de la cobertura vegetal, tanto de selva altoandina como paramuna y disminución de oferta hídrica.

El cambio de cobertura vegetal, es una problemática presente desde el tiempo de la colonización que con el paso del tiempo paulatinamente ha ido creciendo por factores antrópicos principalmente, ya que el incremento de la población ubicada en el área de influencia occidental del complejo volcánico Doña Juanabuscá alternativas para sustentar sus necesidades básicas, trayendo consigo la ampliación de la frontera agropecuaria, y en consecuencia de ello, la destrucción total o parcial de la cobertura vegetal.

De esta manera, no solo en el área de estudio, sino que también a nivel mundial, el ser humano es el principal responsable de las alteraciones al ambiente, siendo esta una problemática que merece un cuidado especial para controlar y minimizar y mitigar, la pérdida de los recursos naturales.

¹ 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. Mapa No. 26 cobertura y uso del suelo. Pasto 2006.

2. JUSTIFICACIÓN

Los volcanes Petacas, Ánimas, Doña Juana y el cerro Machete de Doña Juana y su área de influencia forman parte integral del Macizo Colombiano, que se caracteriza por su gran potencial biológico, variabilidad ecosistémica y hábitat de una importante biodiversidad², que con el paso del tiempo se ha visto amenazada por la presión que el ser humano ejerce sobre ella. Esta investigación, presenta la información detallada y actualizada acerca del cambio de la cobertura vegetal de los últimos 22 años, ya que existen estudios como el del Plan de acción en biodiversidad para el Departamento de Nariño 2006-2030³, que ha sido elaborado para todo el Departamento, y se ve necesidad de contar con información acerca del estado actual y la dinámica espacio temporal de ecosistemas estratégicos como el páramo y la selva altoandina, en la zona de estudio.

Se escogió ésta zona de estudio por la importancia que tiene la misma en el Departamento de Nariño y por ende en el País, ya que esta área presenta un gran riqueza en cuanto a biodiversidad, dado que alberga el 8% de especies florísticas a nivel Nacional y el 6% a nivel mundial⁴, por eso la necesidad de controlar la expansión de la frontera agrícola, para no causar daños que en un futuro pueden ser de difícil recuperación y regeneración.

Con esta investigación se logró generar conocimiento sobre los procesos de cambio de la cobertura vegetal, estableciendo las causas y consecuencias que está problemática le ocasiona al ambiente, principalmente en ecosistemas estratégicos, tales como los páramos que son vitales para la conservación y almacenamiento de agua; al igual que el daño que se le causa a la selva alto-andina, en cuanto a la destrucción de la cobertura vegetal.

Los resultados que se generaron a partir de esta investigación permiten conocer mejor el área de estudio y de esta manera, identificar y caracterizar los factores que están contribuyendo de manera directa e indirecta al aumento de la problemática planteada; esta información sirve como base para que las entidades competentes tales como al Parque Nacional Natural del Complejo Volcánico Doña Juana -Cascabel (P.N.N. C.V.D.J-C), Corporaciones Autónomas de Colombia, las alcaldías de los municipios que están inmersos en el área de estudio, el resguardo indígena de Aponte, la Gobernación de Nariño y Cauca, entre otros, fortalezcan los procesos de conservación, recuperación, control, etc. en el cambio de la cobertura vegetal.

Además se espera que los resultados de esta investigación, se articulen a los procesos del ordenamiento territorial, dentro de los Esquema de Ordenamiento Territorial (E.O.T.), Plan Básico de Ordenamiento Territorial(P.B.O.T.) de esta área, con el fin de incluirlos dentro de la dimensión biofísica y en ella dentro del enfoque ecosistémico, ya que esto es una estrategia indispensable para la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales presentes en esta zona.

²CORPONARIÑO. CRC. CORPOAMAZONÍA. Plan de ordenamiento y manejo ambiental del complejo volcánico Doña Juana, cerró Juanoy y su área de influencia. Bogotá. 2003.

³ 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. San Juan de Pasto, 2006

⁴WWF. Nuevo Parque Nacional Natural en el piedemonte Andino-Amazónico Colombiano. 2007. Disponible en: http://www.wwf.org.co/sala_redaccion/noticias/?109882/Nuevo-Parque-Nacional-Natural-en-el-piedemonte-Andino-Amazonico-colombiano.

Es importante considerar los estudios de este estilo ya que permiten dar la atención e importancia que tiene la conservación de la cobertura vegetal para mantener los servicios ambientales como la oferta del recurso hídrico, dado que, éstos lugares donde existe selva alto andina y páramos, son áreas de almacenamiento hídrico y que hoy en día se está presentando una alta intervención antrópica. Partiendo de esto, la recuperación de estas áreas afectadas se prolonga a muchos años, lo cual conlleva a pensar en una planificación a largo plazo incorporando estudios como éste.

Es así como la Ciencia Geográfica a través de la investigación y la utilización de herramientas de sistema de información geográfica (SIG), entre otros, permiten conocer la dinámica del entorno ambiental en el que se vive y que facilita identificar los conflictos de uso que a un futuro cercano van a incidir en el buen vivir de las personas. Por ende, es por medio de esta misma ciencia que se busca dar solución a los problemas que se consideran prioritarios para la conservación del ambiente.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar los cambios que se han presentado en la cobertura vegetal en la zona de influencia occidental del Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana– Cascabel (P.N.N. C.V.D.J - C), identificando los factores que han incidido en dichos cambios en el período de 1989-2011

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

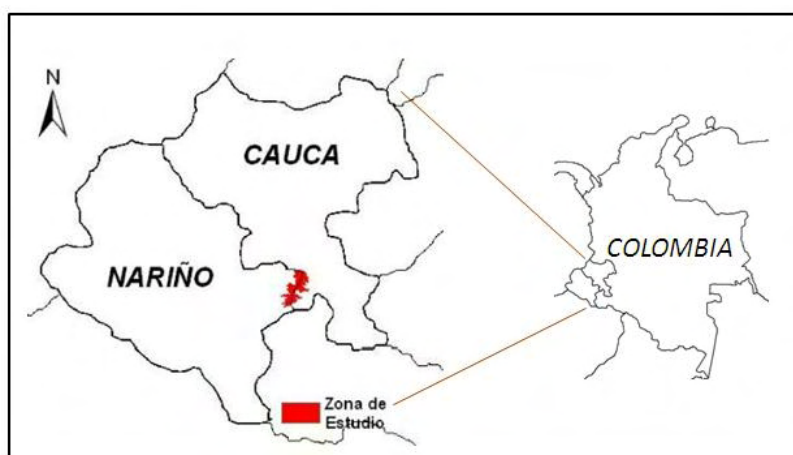
- Caracterizar la cobertura y uso actual del suelo, en el área de estudio
- Mapificar, los cambios de cobertura y uso del suelo ocurridos en el período 1989-2011, en el área de estudio
- Explicar las causas o factores que han influido en el cambio de la cobertura vegetal en el área de estudio

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 ÁREA DE ESTUDIO

El complejo volcánico Doña Juana - Cascabel, conformado por los volcanes Petacas, Ánimas y Doña Juana, así como el cerro Machete de Doña Juana están ubicados en la cordillera Centro-oriental al nororiente del Departamento de Nariño – Colombia, como se observa en la Figura 1.

Figura 1: Localización área de estudio



Fuente: Esta investigación

La distribución del área de estudio se encuentra enmarcada por las siguientes coordenadas geográficas: entre los 1°40'20" y 1°20'00" de latitud Norte y entre los 76°46'08" y 77°02'16" de longitud Oeste.

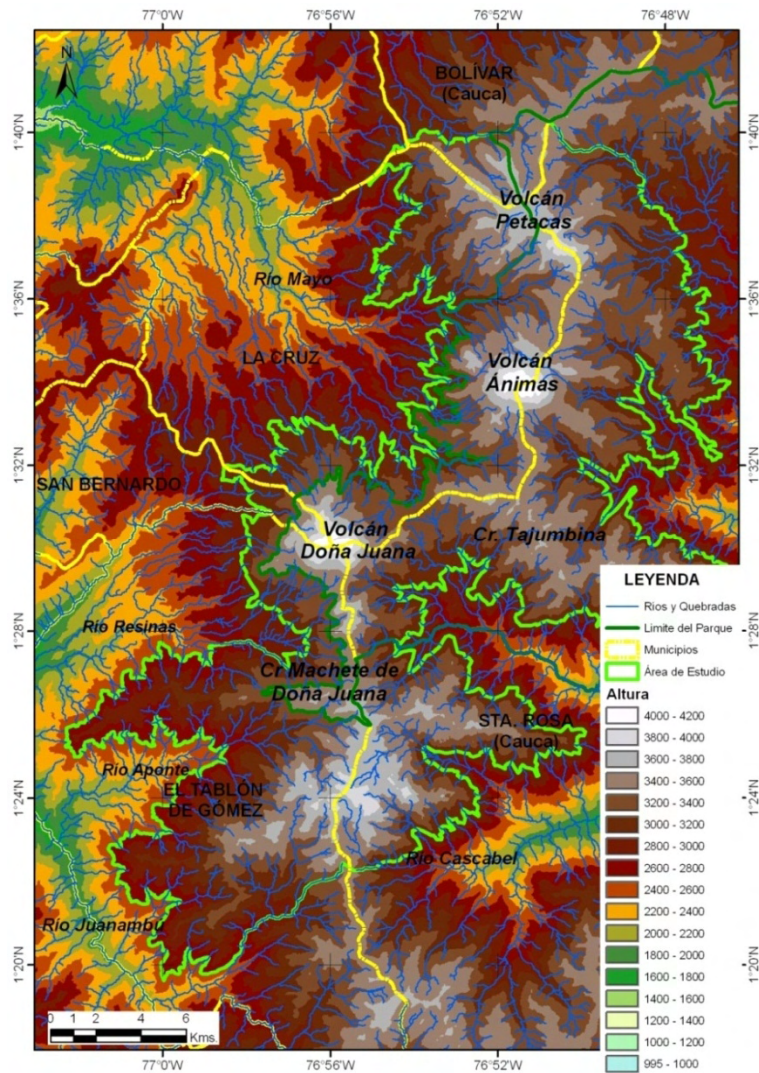
Los municipios que se encuentran dentro del área de estudio son: Santa Rosa, Bolívar (Departamento del Cauca), El Tablón de Gómez, La Cruz y San Bernardo (Departamento de Nariño)

La superficie que cubre el área de estudio es aproximadamente de 468 Km². los cuales altitudinalmente están entre los 2800 y 4200 m.s.n.m.

Los límites del área de estudio son los siguientes: hacia el norte el límite corresponde al volcán Petacas. A partir de este volcán se baja por el río Achupallas afluente del río Sambingo (Cauca) hasta la cota de 3200 m.s.n.m. hacia el occidente. En este flanco el límite definido por la cota de 3200 m.s.n.m. se extiende hasta encontrar la divisoria de aguas entre la quebrada Bellavista y la quebrada Peña Blanca donde desciende hasta la cota de 3000 m.s.n.m. Continúa hacia el sur hasta encontrar afluente del río Mayo, donde desciende por este cause hasta encontrar confluencia de la quebrada Agua Hedionda por la cual se continúan aguas arriba para retomar la curva de 3000 m.s.n.m.; dirigiéndose hacia el sur por esta misma cota hasta encontrarla quebrada Sofía afluente del río Resinas, donde luego baja hasta la cota de 2800 m.s.n.m. y continúa por esta

cota hasta llegar a la quebrada El Carrizal afluente del río Cascabel (cuenca alta del río Juanambú). Para el límite sur se continúa ascendiendo por la quebrada El Carrizal hasta la divisoria de aguas a los 3400 m.s.n.m. donde luego baja por el río Cascabel (vertiente amazónica) hasta la cota de 3000 m.s.n.m. Se sigue por la cota de 3000 m.s.n.m. hacia el norte bordeando el flanco oriental de los volcanes Doña Juana, Ánimas, Petacas y cerróTajumbina, hasta llegar a la quebrada Las Juntas, donde se asciende por el cauce principal hasta la divisoria de aguas a los 3500 m.s.n.m. y luego retoma el río Achupallas (límite norte). Ver Figura 2

Figura 2: Localización área de estudio



Fuente: esta investigación

Para la definición del área de estudio se tuvieron en cuenta los parámetros de intercalación entre zonas de páramo, selva altoandina y áreas de intervención antrópica que se observan de color rojo

trabajos desarrollados se tienen los siguientes que se tomaron como referencia, ya que estos están directamente relacionados con el estudio que se realizó.

4.2.1 Antecedentes internacionales. Se cuenta con estudios relacionados al tema de investigación, que se desarrollan en un contexto similar al del área de estudio, estos son: impacto del uso del suelo en los páramos andinos: una visión regional.LLAMBI⁶; este estudio describe los páramos de los algunos países latinoamericanos, como son Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela; sirvió como base para este estudio porque está muy relacionado con esta investigación. También se tiene el estudio de LOPEZ⁷ titulado: evolución de las fronteras antropogeográficas en el páramo de la Sierra Norte del Ecuador a finales del siglo XX, este estudio es muy interesante porque hace referencia a la ampliación de la frontera agrícola en la zona de páramo. Y por último se dispone de la investigación sobre: dinámica de cambios de uso de suelo en zonas altoandinas del EcuadorMARTINEZ⁸ este estudio se refiere al cambio de uso del suelo en zonas altoandinas, el cual se desarrolló por medio de las interrelaciones espacio temporales, humanas y biofísicas, generando así la dinámica de cambio de uso de suelo; los estudios mencionados anteriormente, son muy similares al estudio que se desarrolló, por lo tanto sirvió como referencia y guía en el desarrollo de esta investigación.

4.2.2 Antecedentes nacionales. El mapa general de ecosistemas de Colombia elaborado por Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt⁹, hace una descripción detallada de los diferentes ecosistemas existentes en cada uno de los municipios del cada departamento, haciendo una diferenciación entre ecosistemas naturales y ecosistemas transformados; donde cada uno de estos contiene el símbolo, código, tipo general de bioma, bioma, ecosistema, vegetación, superficie y usos extractivos y productivos asociados; para el caso de los ecosistemas transformados se tiene: símbolo, código, tipo general de bioma, ecosistema transformado y superficie en hectáreas.

Además se cuenta con el estudio de Páramos y Ecosistemas alto Andinos de Colombia en Condición Hotspot & Global Climatic Tensor IDEAM¹⁰, de este estudio se resalta el capítulo cuarto, el cual indica la transformación que la cobertura vegetal ha tenido, principalmente en los páramos en las últimas décadas, siendo éste el punto de partida para hacer una evaluación ambiental, además se identifica las coberturas vegetales asociadas a la alta montaña, hace una relación y caracterización de los páramos con la precipitación, también analiza los cambios de la cobertura en las zonas de alta montaña entre las décadas 70 y 90, además hace referencia a las principales disposiciones ambientales relacionadas con los páramos, teniendo en cuenta la legislación de aéreas protegidas, y los ecosistemas que merecen protección o manejo especial.

⁶ LLAMBI, Luis Daniel. Impacto del uso del suelo en los páramos andinos: una visión regional. Proyecto páramo andino. Conservación de la biodiversidad en el techo de los andes. Citado por Paramundi. II congreso mundial de páramos. Universidad técnica particular de Loja. Ecuador: Loja. 2009

⁷LOPEZ, María Fernanda. Evolución de las fronteras antropogeográficas en el páramo de la sierra norte del Ecuador a finales del siglo XX. Pontificia universidad católica del Ecuador. Citado por Paramundi. II congreso mundial de páramos. Universidad técnica particular de Loja. Ecuador: Loja. 2009

⁸ MARTINEZ, Christian. Dinámica de cambios de uso de suelo en zonas altoandinas del Ecuador. Proyecto páramo andino. Conservación de la biodiversidad en el techo de los andes. Citado por Paramundi. II congreso mundial de páramos. Universidad técnica particular de Loja. Ecuador: Loja. 2009

⁹Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Mapa general de ecosistemas de Colombia. 1998

¹⁰IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Páramos 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.

Otra publicación es el Atlas de Páramos de Colombia, elaborado con el apoyo del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt¹¹, el cual recopila la información del estado actual de estos ecosistemas en el país, igualmente hace una descripción de las acciones necesarias para su protección y cuáles de estas se han llevado a cabo. Además, para la zona de estudio se hace referencia a las generalidades del complejo volcánico Doña Juana – Chimayoy, como también a los aspectos ecológicos, donde caracteriza los ecosistemas, los aspectos físicos y las características bióticas, dividiéndolas en flora y fauna, también se encuentra una descripción de los aspectos socioeconómicos y culturales

Además, es fundamental considerar las estrategias de conservación implementadas por Ministerio del ambiente vivienda y desarrollo territorial y Parques Nacionales Naturales sobre zonas de amortiguación y restauración ecológica participativa¹², las cuales han permitido definir, una serie de intervenciones encaminadas a la conservación, pero al mismo tiempo al establecimiento de sistemas productivos sustentables. En este sentido se entiende que las zonas de amortiguación son áreas adyacentes a los límites de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) que conforman espacios de transición entre las zonas protegidas y el entorno. Las cuales intentan minimizar las repercusiones de las actividades humanas que se realizan en los territorios inmediatos a las Áreas Naturales Protegidas¹³. En conclusión, los resultados de este estudio brindan información valiosa y confiable para caracterizar y definir las zonas de amortiguamiento del P.N.N. Complejo Volcánico Doña Juana.

4.2.3 Antecedentes regionales. Se cuenta con el Estudio Geográfico del Volcán Doña Juana y su Área Adyacente de NARVAEZ¹⁴, Este trabajo junto con el Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental del complejo volcánico Doña Juana - Cascabel, Cerro Juanoy y su área de influencia¹⁵. son estudios que brindan un direccionamiento en cuanto a la información físico-biótica y socioeconómica del área de estudio, que facilita de alguna manera, identificar la problemática presente en la zona, y para este estudio, un aporte principalmente con el cambio de cobertura vegetal y uso de suelo, teniendo en cuenta la problemática ambiental y el manejo de los recursos naturales.

Otro estudio de importancia es el Plan Básico de Manejo 2008-2012 del Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana Cascabel elaborado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial¹⁶ este plan cuenta con una caracterización y descripción detallada de cada uno de los componentes de este territorio, por eso la importancia de este estudio, además que el área de investigación se encuentra inmersa dentro de la zona que se desarrolla este plan de manejo.

¹¹Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Atlas de Páramos de Colombia. Bogotá D.C. 2007

¹² Ministerio del ambiente vivienda y desarrollo territorial: Unidad administrativa especial del sistema de PNN. Dirección territorial sur- andina. Informe de gestión cuarto trimestre. 2008

¹³ANGULO PRATOLONGO, Enrique. Las zonas de amortiguamiento: Espacios para la conservación y la concertación. 2007. Disponible en: <http://www.infoecologia.com/Biodiversidad/bio2007/amortiguamiento.htm>.

¹⁴NARVAEZ, Germán. Estudio Geográfico del Volcán Doña Juana y su área adyacente. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1998.

¹⁵CORPONARIÑO. CRC. CORPOAMAZONÍA. Plan de ordenamiento y manejo ambiental del complejo volcánico Doña Juana, cerro Juanoy y su área de influencia. Bogotá. 2003.

¹⁶MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Unidad administrativa especial del sistema de Parques Nacionales Naturales. dirección territorial sur andina. Plan básico de manejo 2008-2012 programa Parque Nacional Natural complejo volcánico Doña Juana Cascabel. La Cruz Nariño 2007

Así mismo se cuenta con el plan de contingencia por amenaza volcánica del P.N.N.¹⁷, este es de utilidad para el desarrollo de la investigación, ya que en él se establecen las áreas de riesgo y mayor vulnerabilidad, además cuenta con la información básica y necesaria de esta zona.

Hay dos estudios relacionados a la temática que se desarrolló en este proyecto, estos son: el análisis temporal de la cobertura vegetal en el páramo Bordoncillo, cuenca alta del río Pasto, mediante imágenes de satélite. Período 1989 – 2008 y el análisis multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas en la microcuenca las minas del corregimiento de La Laguna, municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Aunque estos estudios son de diferentes zonas y el análisis de cobertura se lo hace en una cuenca hidrográfica, sirvieron de referencia puesto que el proceso metodológico es similar al de este estudio.

Además se ve la necesidad de referenciar los planes y esquemas de ordenamiento territorial de los municipios presentes en el área de estudio, como es el caso del municipio de la Cruz (Nariño) en el cual se establece que los suelos de este municipio se utilizan para la agricultura y la ganadería, sin seguir pautas ecológicas y técnicas que permitan la conservación de los suelos¹⁸, por eso se ve un desequilibrio ecosistémico que conlleva al deterioro del territorio y puede causar la pérdida de los bienes y servicios ambientales que este ecosistema presta a los habitantes de este municipio. En el caso del municipio del Tablón de Gómez, se encuentra que el uso de suelo está clasificado así: suelo urbano, suelo rural y de expansión urbana; al interior de estas clases se encuentran las siguientes categorías: suburbano y de protección, regido según la ley 388 de 1997¹⁹, de esta manera con la elaboración de esta investigación se pretende que se corrobore la información ahí registrada, con el fin de identificar los cambios presentados en los últimos años y la afectación que estos presentan sobre la cobertura vegetal del municipio, claro está lo que corresponda la área de estudio.

También es necesario tener en cuenta el Estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño²⁰, éste es de gran importancia y brindó un aporte significativo en el desarrollo de esta investigación, puesto que gracias a él se pudo identificar el problema del cambio de la cobertura vegetal y uso de suelo, ya que este estudio analiza el estado actual de los páramos del Departamento y por eso la relación existente con la investigación de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo, que se va a desarrollar en la zona norte del departamento de Nariño y la zona sur del departamento del Cauca.

Igualmente, para la zona de estudio se tiene los planes de ordenación y manejo de las cuencas de los ríos Mayo²¹ y Juanambu²² elaborados con el apoyo de Corponariño, los cuales están elaborados mediante los lineamientos de la guía técnica del IDEAM, en la primera parte se encuentra el marco referencial del plan, haciendo una reseña de los principios de la ordenación de cuencas, seguido del proceso metodológico, posteriormente siguen las fases de resultados de las actividades de la fase de aprestamiento, la cual crea una estructura orgánica de las cuencas en mención y finalmente se encuentra la fase de caracterización y diagnóstico de los componentes

¹⁷ MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Unidad administrativa especial del sistema de Parques Nacionales Naturales. Dirección territorial surandina. Plan de contingencia por amenaza volcánica del P.N.N. 2010.

¹⁸ ALCALDÍA MUNICIPIO DE LA CRUZ. Plan de ordenamiento territorial. Pág. 55. 2000-2008

¹⁹ ALCALDÍA MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ. Esquema de ordenamiento territorial. Pag.VII-78. Agosto 2003.

²⁰ CORPONARIÑO. UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Plan de acción en la biodiversidad para el departamento de Nariño. Pasto. 2009

²¹ CORPONARIÑO. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río Mayo. Pasto. 2011.

²² CORPONARIÑO, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Plan de ordenamiento y mantenimiento cuenca hidrográfica río Juanambu. Pasto. 2011.

biofísico y socioeconómico, donde también se encuentran los problemas y la realidad de los pobladores de estas cuencas.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo de la investigación se tienen en cuenta los siguientes conceptos, los cuales permiten comprender la dinámica espacial de los procesos que se van a estudiar, teniendo en cuenta las definiciones de algunos autores para posteriormente analizarlos y definir los más pertinentes para la investigación.

4.3.1 El páramo. Según lo establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, “el páramo es un Ecosistema de alta montaña, ubicado entre el límite superior del bosque andino y el límite inferior de los glaciares o nieves perpetuas, en el cual domina una vegetación herbácea y de pajonales, frecuentemente frailejones donde pueden haber formaciones de bosques bajos y arbustivos y presentar humedales como los ríos, quebradas, arroyos, turberas, pantanos, lagos y lagunas.

Comprende tres franjas en orden ascendente:

- Subpáramo o páramo bajo: Franja inferior del páramo que sigue a la franja ocupada por la vegetación arbórea del bosque andino de la región. Se caracteriza por el predominio de chuscales, vegetación arbustiva y de bosques bajos altoandinos.
- Páramo propiamente dicho: Franja intermedia del páramo caracterizada principalmente por vegetación dominante de pajonales y diferentes especies de frailejones.
- Superpáramo o páramo alto: Franja superior del páramo caracterizada por poca cobertura vegetal y diferentes grados de superficie de suelo desnudo”²³.

Para RANGEL²⁴, el páramo es una región de vida, donde se alberga un tipo de vegetación que es propia de esta zona, la cual contribuye al almacenamiento y distribución del agua, y por esta razón también son zonas con alta humedad y merecen ser conservadas.

MENA y ZEGARRA²⁵, definen el páramo como un ecosistema tropical de montaña que, generalmente, se desarrolla por encima del área del bosque y tiene su límite en las nieves perpetuas, sin embargo, analizando las características del páramo, se tiene que hay numerosas y diversas definiciones y clasificaciones que existen sobre este ecosistema; además, la variedad de conceptos sobre el páramo se realizan teniendo en cuenta varios criterios, como el tipo de vegetación, los elementos climáticos, las variables de latitud, altitud, humedad, estado de conservación, ocupación, etc. Esto, tiene como resultado que la caracterización del páramo sea un tema que se encuentre en permanente discusión, dada la alta heterogeneidad ambiental y sociocultural que se encuentra en estas zonas.

Los páramos, atendiendo a las contradicciones de la sociedad colonial, se fueron paulatinamente convirtiendo en territorios de conflicto²⁶, desde esa época hasta la actualidad; la colonización de altura con fines de obtener más espacio para generar mayor

²³ COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Resolución 0769. Bogotá. 2002. p. 2-3.

²⁴ RANGEL, CH. O. Diversidad Biótica III. La Región de Vida Paramuna. Bogotá, Colombia. 2000. p.168

²⁵ HOFSTEDE, Robert, MENA, Patricio y ZEGARRA, Pool. Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de Páramos. Quito. 2003.

²⁶ REYES Z. Pedro, et al. El Páramo: Ecosistema de alta montaña Edición original: Fundación Ecosistemas Andinos. Gobernación de Boyacá. 1996.

producción de cultivos e implementación del pastoreo y la ganadería, en consecuencia, de esto no solo se deriva la destrucción de las selvas andinas y altoandinas, sino que se penetró en el subpáramo, provocando un fuerte impacto ambiental, caracterizado por el sometimiento de la mano de obra indígena y campesina modificando los ecosistemas desde entonces, y en la actualidad.

Por esta intervención en el ecosistema de páramo, con fines de ampliar la frontera agrícola, para el cultivo de papa principalmente, sin dejar de lado los cultivos ilícitos como la amapola y también la introducción de especies ganaderas, se habla de un páramo antrópico, el cual paulatinamente ha ido perdiendo los escenarios naturales, que son de difícil restauración y regeneración, en el que además se pierden de manera significativa los bienes y servicios ambientales que éste presta a la comunidad; por eso la necesidad de generar procesos que permitan establecer un equilibrio ecosistémico en las zonas de páramo.

4.3.2 La selva altoandina. Este ecosistema estratégico de alta montaña, según Parques Nacionales Naturales está ubicado entre 2.800 y 3.200 metros de altitud, límite que varía en cien o doscientos metros por las condiciones locales (vientos, humedad), pero CLEEF²⁷, dice que se encuentra situado a 2900 y 3800 m.s.n.m. La selva altoandina es un ambiente supremamente húmedo, permitiendo que sobre las ramas de los árboles crezca una abundante variedad de epífitas como quiches, orquídeas, musgos y líquenes que los cubren por completo²⁸.

Por las condiciones físicas de la selva altoandina, esta presenta una baja productividad y ha sido destruida en su mayor parte, para dar paso al pastoreo de ganado vacuno, ovino y a algunos cultivos, en donde los campesinos se apoderan de este bosque, buscando una subsistencia económica, y esto ha llevado consigo la desintegración de este ecosistema estratégico; además las quemadas periódicas llevadas a cabo para favorecer el rebrote de los pastos impiden la recolonización del bosque, la cual es muy lenta dadas las condiciones limitantes de temperatura²⁹.

En la zona de estudio, la selva altoandina que en algunas partes alcanza los 3.600 m.s.n.m., se encuentra con un grado de intervención más alto en el flanco occidental, especialmente en los municipios del Tablón de Gómez, La Cruz y San Pablo, no obstante en los ecosistemas de páramo, la intervención humana aún se encuentra en niveles tolerables y reducidos, aspecto importante a tener en cuenta para destinar estas áreas a fines de protección y conservación³⁰.

4.3.3 Cobertura vegetal y uso del suelo. Los conceptos de páramo y selva altoandina, están directamente relacionados con la cobertura vegetal y uso del suelo que según el Geoinstituto³¹, la cobertura vegetal es definida como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre,

²⁷ CLEEF, A.M. La vegetación de los páramos de la Cordillera Oriental de Colombia. Ecología. Tropical 1. Bogotá, 1981. p. 39-47.

²⁸ Parques Nacionales Naturales de Colombia. Bosque andino o niebla. Disponible en internet: <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.201203>

²⁹ *Ibíd.*

³⁰ Plan de Desarrollo del departamento de Nariño. La fuerza del cambio continua-Nariño territorio para crear. Primera parte. Diagnóstico. Dimensión ambiental. Pasto. 2004

³¹ GEOINSTITUTOS. Artículo: la cobertura vegetal en la cuenca del canal de Panamá. Disponible en internet: http://www.geoinstitutos.com/art_03_cober2.asp

comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. Otra definición³² menciona que la cobertura vegetal, es la expresión integral de la interacción entre los factores bióticos y abióticos sobre un espacio determinado, es decir, es el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos biológicos, vegetales característicos, los cuales conforman unidades estructurales y funcionales.

El suelo es un bien heterogéneo, fino e inamovible, aunque sustituible bajo ciertas condiciones, y por eso ciertos terrenos o lugares son más deseables que otros; quién vigila su uso y su control, influye sobre el comportamiento de la población que habita en los alrededores y que vive de él;³³ modificando la cobertura vegetal por medio de vegetación inducida y de esta manera hay un cambio en el uso del suelo, para el cual este no es apto.

Las actividades desarrolladas para el cambio en la cobertura vegetal del suelo, están relacionadas directamente con la quema, la tala, el pastoreo y la adecuación del terreno para la implementación de procesos agrícolas, causando así un deterioro en los ecosistemas y consigo la afectación de las especies faunísticas y florísticas de la zona.

Teniendo claros los conceptos explicados anteriormente, los cuales fueron la base para el desarrollo del trabajo de investigación, también es pertinente saber que se utilizó la adaptación para Colombia de la metodología de CorineLandCover³⁴, para la elaboración de los mapas de cobertura vegetal, que tiene como objetivo la captura de información de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos, mediante la interpretación de imágenes satélites. Más adelante en la metodología se describe detalladamente esta clasificación.

4.3.4 La frontera agrícola. La ampliación de la frontera agrícola a manos de campesinos colonizadores o colonos, fue una respuesta de la población ante la falta de acceso a la tierra. Sin embargo, la ampliación de la frontera agrícola estuvo a su vez, condicionada por grupos económicos y políticos que pretendían canalizar nuevos recursos de áreas despobladas. La ampliación no conllevó una distribución equitativa de las nuevas tierras; por el contrario, varios de los espacios colonizados cayeron en manos de los terratenientes, una vez fueron acondicionados para la producción por los campesinos.

FAJARDO³⁵, afirma que las políticas y modelos económicos desarrollados por el Estado Colombiano, han contribuido al incremento de áreas agropecuarias, en más de un 30% para la incorporación de nuevas tierras a la producción. En su mayoría corresponden a actividades ganaderas, las cuales hacen complejo el panorama para la producción agrícola, llevando consigo la desaparición de la vegetación. Este proceso resulta más fácil de precisar y evaluar como forma de deterioro de las comunidades naturales, ya que el paisaje cambia radicalmente. Los desmontes ocasionados por el ser humano con fines de

³² BANCO DE LA REPUBLICA. Biblioteca virtual. Biblioteca Luis Ángel Arango. Bogotá. Disponible en internet: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/biologia/biolo35.htm>

³³ GRAIZBORD, Boris. Elementos para el ordenamiento territorial: uso del suelo y recursos. Colegio de México A.C. distrito federal México. 2002

³⁴ 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.

³⁵ FAJARDO, Nelson. Revista espacio crítico. En: Colombia entre la unidad y la fragmentación. Diciembre 2006.

ampliar la frontera agrícola, es la principal actividad del desequilibrio ecológico de los ecosistemas paramunos. RANGEL³⁶.

Para CAMPAÑA³⁷, los factores que han acelerado el proceso de degradación de los recursos naturales en ecosistemas de alta montaña, se explican por la deforestación o el desmonte con fines agrícolas, la cual ha sido una constante en la historia del país y aún configura espacios rurales en áreas de bosque húmedo tropical. La concentración de tierras de mejor vocación agrícola y pecuaria, principalmente, en la región Andina y valles interandinos ha impulsado la migración de población desde los valles fértiles hacia las zonas con suelos poco aptos para el desarrollo de actividades agropecuarias, además de la transformación del paisaje selvático y la parcelación de la propiedad de las áreas baldías. RODRÍGUEZ³⁸.

Los habitantes cercanos de esta área, transforman estos ecosistemas, para la implementación de la ganadería y cultivos, convirtiéndose en colonizadores de estas zonas, siendo esta la única manera de subsistir, ya que son personas de muy bajos recursos económicos y no cuentan con el apoyo del gobierno, además los problemas para ellos no cesan, porque tienen dificultades para el transporte de los productos y además problemas sociales; la falta del ordenamiento territorial es el principal causante de esta colonización y por ende de la ampliación de la frontera agrícola.

4.3.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los sistemas de información geográfica son una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de obtener información de planificación y gestión.

En la actualidad son herramientas necesarias para superar la visión sectorial y consolidar una comprensión integral del territorio, mediante la interacción de las dimensiones ambiental, cultural, económica, social, espacial, etc. que ha ido tomando más peso con el paso del tiempo ya que tienen un papel muy importante en la representación y análisis de la información geográfica y por esto los SIG tienen una aplicación muy diversa, porque esta herramienta permite de una manera integradora encontrar y facilitar soluciones a los problemas.

Los sistemas de información geográficos, conocidos también como SIG, tienen varias utilidades, como la elaboración y actualización de cartografía base, además brindan información instantánea y actualizada, la cual facilita el análisis de la información y con esto contribuye a la elaboración de un diagnóstico bien sea biofísico o socioeconómico, además que la información obtenida es de fácil manipulación y los datos obtenidos son de alta calidad y confiabilidad y lo más importante que las personas del común es decir la población en general puede consultar los resultados obtenidos de cada investigación.

³⁶ RANGEL, Op cit. p. 785-786.

³⁷ CAMPAÑA, Samuel. Programa nacional de ordenación y manejo de cuencas. Ministerio de agricultura. Santiago de Chile. Marzo 2002. P.2.

³⁸ RODRÍGUEZ, Miguel. Director Corpoboyacá. Señalo que...

Otro aspecto importante es la aplicación de los sistemas de información geográfica los más sobresalientes son en lo relacionado a catastro, territorio, planificación urbana, gestión de recursos naturales, gestión de servicios, estudios de impacto ambiental, estudios forenses y estudios multitemporales de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal.

Los sistemas de información geográfica permiten responder preguntas tales como ¿en dónde está? ¿Cómo se encuentra? ¿Cómo ha cambiado? ¿Cuál es el patrón que sigue? ¿Qué pasaría si? Entre otras.

Los sistemas de información geográfica representan varios tipos de datos los cuales contienen información tal como vías carreteras ríos, cabeceras municipales, centro poblados, cobertura del suelo entre otros, partiendo de esta representación estos datos se los almacena en dos grupos los cuales son los datos tipo vector y los datos tipo raster.

Para la digitalización de la información que se quiere representar se utilizan tres elementos geométricos, como los puntos que se utilizan para las entidades geográficas que mejor pueden ser expresadas por un único punto de referencia, es decir, la ubicación de algo, por ejemplo: las ubicaciones de los pozos, picos de elevaciones o puntos de interés; estos transmiten la menor cantidad de información y no son posibles las mediciones. También se pueden utilizar para representar zonas a una escala pequeña. Por ejemplo, las ciudades en un mapa del mundo estarán representadas por puntos en lugar de polígonos.

Las líneas unidimensionales o polilíneas se las utiliza para representar rasgos lineales como ríos, caminos, carreteras, rastros, líneas topográficas o curvas de nivel, la información que las polilíneas generan son la medición de la distancia de los elementos lineales.

Y por último se tiene los polígonos que se utilizan para representar elementos geográficos que cubren un área particular de la superficie de la tierra. Estos representan lagos, límites de parques naturales, edificios, provincias, usos del suelo. Los polígonos transmiten la mayor cantidad de información en archivos con datos vectoriales y en ellos se pueden medir el perímetro y el área.

Cuando la información resultante es precisa, se procede hacer el análisis de los resultados obtenidos con el fin de tomar medidas correspondientes para cada caso de estudio.

4.3.6 Sensores remotos. Son un instrumento que permiten adquirir información de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales (satélites) sin tener un contacto directo con ella, gracias al análisis e interpretación de la energía reflejada de los diversos componentes que conforman la superficie terrestre³⁹; este término fue ideado a principios de los 60 para designar cualquier medio de observación

³⁹CENTRO DE DATOS PARA LA CONSERVACIÓN. Sensores remotos. Disponible en internet: http://cdc.lamolina.edu.pe/Area_Trabajo/sensores.htm

remota, si bien se comenzó aplicando a la fotografía aérea, principal sensor de aquel momento, en la actualidad lo más utilizado son las imágenes satelitales.

Entre La Tierra y el sensor existe una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar o de un haz energético artificial, emisión propia. A su vez, es necesario que ese haz energético recibido por el sensor sea transmitido a la tierra para que la señal pueda interpretarse y almacenarse⁴⁰; es decir, esta interacción se tiene los siguientes pasos: se tiene el mundo real, seguido por un sensor, de donde se obtiene las imágenes que contienen datos, los cuales se procesan y analizan para la extracción de la información y por último se crean las bases de datos espaciales.

Se denomina banda a la porción de radiación electromagnética que presenta un comportamiento similar. Las siguientes bandas espectrales son las más frecuentes empleadas en teledetección: Espectro visible, infrarrojo medio y micro ondas

Hay bandas del espectro que permiten distinguir mejor a cada elemento de su entorno, para este estudio las bandas utilizadas en las imágenes LandSat fueron la combinación 4, 5 y 3 y para las imágenes Aster se utilizó la combinación 3, 2 y 1, las cuales son las más próximas a lo que el ojo humano puede percibir en realidad.

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 éste adquiere imágenes de la misma porción de superficie.

Estos tipos de resolución determinan la utilidad de una imagen satelital, por ejemplo para estudios como este multitemporales es recomendado utilizar imágenes donde sea visible la cobertura del suelo y la resolución espacial aproximada de 30 metros, tales como imágenes ikonos, alos, landsat, aster entre otras. Que para este caso de estudio se emplearon las dos últimas.

⁴⁰GDSIG. Ciampagna & Asociados - grupo para el desarrollo de los sistemas de información geográfica. Disponible en internet: <http://www.gdsig.com.ar/?q=imagenes-satelitales>

4.3.7 La imagen satelital. es la unión de matrices de celdas llamadas pixeles, formadas por un numero de filas y columnas, donde cada una de estas celdas representa un área geográfica indivisible, determinando así el detalle espacial mínimo que se puede distinguir dentro de la imagen; el tamaño de la superficie que puede ser representada, es decir el tamaño del pixel, varía dependiendo del satélite y de los sensores que tomen la imagen; cada pixel contiene un valor numérico, que representa en promedio la cantidad de energía solar que esa superficie refleja, como la energía que se refleja depende de lo que hay sobre ella como cultivos, suelo desnudo o asfalto, los sensores ubicados en los satélites captan distintos niveles y calidades de energía, que luego pasan a ser distintos colores en una imagen ya formada⁴¹.

Además, se define como la representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada por la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra y que es procesada para entregar información sobre las características de la zona representada⁴²; también se las define como imágenes tomadas por un satélite meteorológico que revelan información como el flujo del vapor de agua, el movimiento de los sistemas frontales y el desarrollo de un sistema tropical; las imágenes pueden ser tomadas de manera "visible" en las horas de luz del día o también usando IR o rayos infrarrojos que revelan la temperatura de las nubes y que pueden hacerse de día o de noche⁴³.

También se puede decir que una imagen satelital es el producto obtenido por un sensor instalado a bordo de un satélite artificial mediante la captación de la radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo celeste, producto que posteriormente se transmite a estaciones terrenas para su visualización, procesamiento y análisis⁴⁴.

Existen diferentes tipos de imágenes satelitales, dependiendo del tipo de sensor y de la finalidad de captación con la que fue construido; desde las primeras cámaras fotográficas montadas en satélites en la década de los '60 hasta los más sofisticados y sensibles sensores hiperspectrales del día de hoy, existe una muy amplia gama de tipos de imágenes satelitales que hoy se utilizan en las más diversas áreas, dependiendo de su resolución espacial así como de la información espectral que poseen.

La aplicación de las imágenes de satélite es muy amplia, se la utiliza desde el espionaje militar, el monitoreo del cambio climático, monitoreo de incendios e inundaciones, seguimiento de huracanes y tifones, evaluaciones multispectrales de vegetación, desarrollo y planificación urbano y rural, planificación y administración de uso de suelos, infraestructura - servicios públicos, recursos naturales, forestales, petróleo, minería, investigación ambiental, cuencas hidrológicas, planos de inundación, vegetación, clasificación de cultivos, negocios o geografía empresarial, bienes y raíces, turismo, seguimiento de vehículos, espionaje industrial, respuestas rápidas a desastres naturales / emergencias, estimación de superficies de cosecha, etapa de crecimiento en que se

⁴¹ SCAN TERRA. Consultora. Disponible en internet: http://www.scanterra.com.ar/conozca_mas.html

⁴³CALAS. Susana. Imágenes satelitales para monitoreo de desastres y otras aplicaciones. Facultad de Ingeniería, Postgrado de Redes y Telecomunicaciones. Universidad Central de Venezuela. Disponible en internet: http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No7/Susana%20Calas%5Cimagenes_satelitales.htm

⁴⁴TELEDET. Tutorial de percepción remota. ¿Qué es una imagen satelital? Disponible en internet <http://www.teledet.com.uy/imagen-satelital.htm>

encuentra el cultivo, evaluación de enfermedades de los cultivos, estudios geológicos de acuerdo con la conformación del terreno, tomando imágenes satelitales periódicas se evalúa cómo evoluciona una inundación o un incendio, erosión hídrica y eólica, contaminación de los cursos de aguas, entre otros.

Las imágenes satelitales son tomadas por diferentes canales, cada uno de ellas para analizar bajo diferentes puntos de vista la misma situación; en estos se tiene el espectro visible que representa la cantidad de luz que es reflejada hacia el espacio por las nubes o la superficie de la tierra; el agua y la tierra son normalmente oscuras, mientras que las nubes y la nieve se presentan brillantes; sin embargo, en estas imágenes del espectro visible es difícil discernir entre nubes altas y bajas, para esto son útiles las imágenes de satélite en el infrarrojo. Las imágenes en el espectro visible no se pueden obtener en ausencia de luz solar.

Hay muchos programas para el análisis y procesamiento de las imágenes de satélite en los que se tiene ERDAS, ARCGIS, ARCVIEW, EMVI entre otros; los que se utilizaron para esta investigación son los dos primeros. Para la adquisición de las imágenes de satélite, existen páginas en internet como la de la NASA, Global Land Cover Facility (GLCF), donde se las puede descargar gratis o en algunos casos hay que comprarlas, dependiendo de la ubicación y del año que se la quiere. Estas imágenes se las puede descargar utilizando códigos de PATH y ROW o coordenadas en la base de datos de la página de internet.

4.3.8 Análisis Multitemporal. Es el estudio de una zona determinada, a partir de imágenes de satélite, mediante tomas hechas en tiempos diferentes, pudiendo variar al tiempo entre una toma y otra, horas, días, meses, etc. con el fin de analizar una o muchas variables a través del tiempo.

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 tomar la medida respectiva 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 utilizar la metodología de Corine Land Cover, por su consistencia y confiabilidad en su estructuración y contenido.

4.4 MARCO LEGAL

Las diferentes leyes y resoluciones de orden nacional que sirvieron para direccionar de manera legal esta investigación se presentan a continuación, de las cuales se hace una descripción y la relación que presentaron con el desarrollo del presente trabajo.

Constitución Política de 1991 Artículos 79 y 80. Mediante los cuales se plantea el derecho a gozar de un ambiente sano, la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo y en las funciones del Estado para planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, su conservación, restauración o sustitución para finalmente garantizar el desarrollo sostenible.

Estos artículos fueron importantes en el desarrollo de la investigación, puesto que en ésta se identificó los factores que están influyendo en la ampliación de la frontera agrícola, para tomar medidas de control y mitigación y así poder tener un ambiente sano.

Ley 99 de 1993. Por la cual se plantean los principios generales ambientales, donde relaciona las zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos que serán objeto de protección especial; además formula que las políticas ambientales tendrán en cuenta los procesos de investigación científica y que el manejo ambiental del país será democrático, participativo y descentralizado.

También es elemental mencionar el artículo 5 numeral 19, el cual hace referencia a la administración de las áreas que integran el Sistema de Parques Nacionales Naturales, velar por la protección del patrimonio natural y la diversidad biótica de la Nación, así como por la conservación de las áreas de especial importancia ecosistémica. Esto permitió en el desarrollo de la investigación, reconocer las interacciones espaciales entre el área del Parque Nacional y su zona más próxima, para la identificación de los factores antrópicos y naturales que están influyendo en la ampliación de la frontera agrícola en los ecosistemas estratégicos, como son el páramo y la selva altoandina, trabajando de la mano con la comunidad en la búsqueda de soluciones a esta problemática planteada en la zona de estudio.

Ley 388 de 1997. Artículo 8, numeral 12 los cuales plantean identificar y caracterizar los ecosistemas de importancia ambiental del municipio, de común acuerdo con la autoridad ambiental de la respectiva jurisdicción, para su protección y manejo adecuado. Artículo 14 numeral 3. Que tiene como principio la delimitación de las áreas de conservación y protección de los recursos naturales, paisajísticos, geográficos y ambientales.

Como el área de estudio presenta cambios de cobertura vegetal y según la legislación esta zona tiene que estar protegida, por medio de la investigación se pretende la implementación y articulación a los esquemas de ordenamiento territorial.

Decreto 879 de 1998. El Ministerio de Desarrollo Económico, reglamenta las disposiciones referentes al ordenamiento del territorio municipal y distrital y a los planes de ordenamiento territorial, mediante el cual se reglamenta la Ley 388 de 1997.

Resolución 769 de 2002. El Ministerio del Medio Ambiente, dicta disposiciones para contribuir a la conservación, protección y sostenibilidad de los páramos, ya que estos son ecosistemas de alta fragilidad e importancia para la regulación hídrica, además por su contribución al equilibrio ecosistémico, ya que alberga especies de flora y fauna endémicas, además del sometimiento de estos ecosistemas a diferentes actividades antrópicas que los degradan; en este sentido, esta investigación se enmarcó dentro de este lineamiento, en cuanto a la identificación de los factores que contribuyen al cambio de cobertura vegetal, para posteriormente establecer las posibles soluciones a las alteraciones causadas por el ser humano sobre este ecosistema.

Resolución 839 de 2003. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, mediante la cual se establecen los términos de referencia para la elaboración del Estudio sobre el Estado Actual de Páramos y del Plan de Manejo Ambiental de los mismos.

Los resultados obtenidos en el desarrollo de esta investigación, posteriormente servirán para ser implementados en la actualización y elaboración del plan de manejo ambiental del complejo volcánico Doña Juana - Cascabel.

Resolución 485 de 2007. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, mediante la cual se declara, reserva y alindera el Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana – Cascabel, lo que permite identificar las zonas que hacen parte del Parque Nacional Natural, teniendo claros sus límites, para así poder verificar el área de protección y reserva, que hacen parte del este trabajo de investigación, además, de ver que zona del parque presenta algún tipo de alteración o cambio.

Resolución 68 de 2009. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante la cual se adopta el Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Complejo Volcánico Doña Juana-Cascabel. Se tuvo en cuenta esta resolución ya que gracias a ésta se pueden verificar las diferentes zonas que se han establecido en el sector del área de estudio, así como las acciones encaminadas al adecuado manejo del Parque Nacional y a las estrategias de interacción con su zona de amortiguamiento; sirviendo este como base para el desarrollo de la investigación, para identificar las causas y efectos de la problemática presente en la zona, para que posteriormente esta entidad se encargue del fortalecimiento de estudios que busquen el manejo adecuado de los recursos naturales.

5. METODOLOGÍA

5.1 FASE 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA YDIAGNÓSTICO

5.1.1 Revisión bibliográfica. La revisión bibliográfica es un proceso que se realizó durante los primeros seis meses de ejecución del proyecto simultáneamente durante el desarrollo de otras fases y sus actividades.

La primera fase permitió el reconocimiento de la zona de estudio a partir de la revisión detallada de fuentes secundarias que se adquirió y dispuso, como los esquemas de ordenamiento territorial de los municipios que hacen parte de la zona de estudio. Se consultaron trabajos, tesis, investigaciones, planes de manejo, planes de desarrollo, cartografía, entre otros que se han realizado en esta área, con el fin de hacer recolección, evaluación, selección y síntesis de los contenidos documentales. Esta revisión bibliográfica permitió el conocimiento de algunas referencias y conceptos de autores que posteriormente facilitaron la incorporación al proceso de análisis de la información.

5.1.2 Realización del diagnóstico físico biótico y socioeconómico. Para la elaboración del diagnóstico se realizó un acercamiento al área de estudio; en cada uno de los municipios se visitó a los directores de las UMATAS y en algunos casos al alcalde o personero, con el fin de recolectar información secundaria de estudios que se hayan realizado para la zona con respecto a aspectos físico bióticos y socioeconómicos; para el resguardo indígena de Aponte, se visitó al Gobernador Hernando Chindoy.

Durante la elaboración del diagnóstico físico biótico y socioeconómico se logró un reconocimiento preliminar del tipo de coberturas de la zona de estudio que posteriormente fueron de gran ayuda en el procesamiento y análisis de aerofotografías y la clasificación de las imágenes satelitales.

Los componentes físico biótico y socioeconómico del diagnóstico, se estructuraron de la siguiente manera: el físico biótico se constituyó por la geología descriptiva con sus respectivas unidades geológicas, las cuales fueron tomadas en gran porcentaje de INGEOMINAS 2003⁴⁵; la geomorfología, que está compuesta por el modelado del relieve; la climatología que consta de un análisis climático de las variables como precipitación, viento, temperatura, humedad relativa, brillo solar, evaporación y nubosidad, que fueron retomados del estudio del Estado del Arte de la Información Biofísica y Socioeconómica de los Páramos de Nariño⁴⁶. Además, a este capítulo se suma la descripción de los

⁴⁵ INGEOMINAS. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero Ambiental y Nuclear. Reconocimiento geológico regional de las planchas 411 LA CRUZ, 412 SAN JUAN DE VILLALOBOS, 430 MOCOA, 431 PIAMONTE, 448 MONOPAMBA, 449 ORITO, 465 CHURUYACO. Departamentos de Caquetá, Cauca, Huila, Nariño y Putumayo. Escala 1:100.000. Bogotá, 2003

⁴⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, CORPONARIÑO, CRC, CORPOAMAZONIA E IDEAM, Plan de ordenamiento y manejo ambiental del complejo volcánico Doña Juana, cerro Juanoy y su área de influencia, tomo II 2003, Citado por. UNIVERSIDAD DE NARIÑO, CORPONARIÑO.

suelos, que se encuentra compuesta por los principales ecosistemas encontrados en la zona de estudio conjuntamente con las asociaciones de los suelos.

El componente socioeconómico está compuesto por el uso del suelo que se tomó principalmente de los esquemas de ordenamiento territorial municipales; las actividades productivas tomadas de los consolidados agropecuarios de los años 2009, 2010 y la demografía consultada en los censos de los años de 1973, 1985, 1993 y 2005.

5.2 FASE 2: PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE AEROFOTOGRAFÍAS, IMÁGENES SATELITALES, RADAR Y ELABORACIÓN DE LEYENDAS DE LOS MAPAS DE COBERTURA VEGETAL.

5.2.1. Análisis de aerofotografías. La fotointerpretación es un proceso que permite tener un acercamiento más preciso que las imágenes satelitales de la zona de estudio, a fin de reconocer y ubicar parcialmente el relieve, formaciones vegetales, cobertura del suelo, entre otros, por medio de la estereoscopia.

Para este estudio en particular se adquirió tres vuelos de aerofotografías en formato digital escaneada fotográficamente con resolución de quince (15) micrones en formato TIFF JP del año de 1995, las cuales, para este sector donde se encuentra la zona de estudio son las más actuales que existen.

Los tres vuelos de fotografías aéreas son:

Cuadro No. 1 Vuelos de las fotografías aéreas

No. VUELO	C-2569	C-2570	C-2568
No. FOTO	133 a 143	159 a 165	084 a 096
FECHA	09 - FEB - 1995	09 - FEB - 1995	14 - ENE - 1995
CANTIDAD	11	7	13

Fuente: esta investigación.

A cada uno de los tres vuelos de fotografías se les realizó:

Identificación de principales ríos, Identificación de principales divisorias de aguas y delimitación de áreas de bosque natural denso, páramo, subpáramo, cuerpos de agua y frontera agrícola.

Esta fotointerpretación fue esencial para ser utilizada en completar la información de las imágenes en los casos en que se presentaron nubosidad y sombras.

estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño. Tomo2. Pasto, 2006. p. 44.

El procesamiento de productos como las aerofotografías, imágenes satelitales, entre otros, fueron actividades que durante el desarrollo de la investigación, permitieron lograr cartografiar de una forma precisa el tipo de cobertura vegetal existente en la zona de estudio y observar los cambios a los cuales se ha estado sometiendo los diferentes tipos de cobertura vegetal en los últimos 22 años.

El procesamiento y análisis de las imágenes de satélite y de radar se realizó en los programas ArcGIS 9.3, ERDAS 8.2 (Geographic Imaging Made Simple) y ERDAS 2011.

5.2.2 Elaboración del mapa topográfico. El primer producto a generar fue el Mapa Topográfico para el cual se tuvo como base principal el Modelo de Elevación Digital (DEM) de la NASA que se encuentra disponible al público gratuitamente vía internet en la página de esta misma entidad.

En primera instancia se procedió a realizar el corte del modelo de elevación digital del área de interés de la zona de estudio para posteriormente ser procesada, haciéndole correcciones con las herramientas Fill, Sink y Skin de ArcGIS con el fin de identificar, visualizar y eliminar los sumideros erróneos que existan.

Se generaron curvas de nivel cada 100 metros las cuales se utilizaron en la base topográfica como curvas índice cada 500 metros y curvas intermedias cada 100 metros; dado que estas curvas se crean de forma quebrada, se procedió a realizar un leve suavizado con la herramienta Smoot de ArcGIS.

La mapificación de la red de drenaje de igual forma que las curvas de nivel, se realizó con el corte del modelo de elevación digital del área de estudio, creando archivos de flujos de dirección y acumulación. Cabe resaltar que la generación de una red de drenaje a partir de un modelo de elevación digital para zonas donde el relieve tiene pendientes bajas, dicha red tiene tendencia a representar errores hacia las zonas planas. En particular, para la zona de este estudio no aplicó esta tendencia, puesto que el terreno presenta pendientes bastante pronunciadas.

De la red hidrográfica generada se utilizaron los órdenes de drenaje de valor 4, 5, 6, 7, 8 y 9, los cuales fueron editados mediante el Cuadro de atributos para la asignación de los nombres de los ríos y las quebradas y la eliminación de los demás órdenes.

El área de estudio se determinó de acuerdo al cubrimiento del Complejo Volcánico Doña Juana – Cascabel (C.V.D.J-C) y Cerro Machete de Doña Juana, frontera agrícola representada hacia el occidente del Complejo Volcánico y Cerro Machete de Doña Juana y el límite occidental del P.N.N. CVDJ-C.

La representación del Resguardo Indígena de Aponte, Límite occidental del P.N.N. CVDJ-C, Límite Municipal y Departamental, las vías, cuerpos de agua y toponimia se realizaron con revisión de información secundaria y copias heliográficas tomadas a planchas topográficas adquiridas al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) de escala 1:25.000

Cuadro 2: Planchas adquiridas

No. PLANCHA	CANTIDAD
387-III-D	1
387-IV-C	1
411-I-B-D-C	3
411-II-A-C	2
411-III-A-B-C-D	4

Fuente: Esta investigación

Además se utilizaron tres planchas de escala 1:100.000 correspondientes a la 430 Mocoa, 411La Cruz y 387 Bolívar.

5.2.3 Procesamiento de imágenes. Páginas de internet tienen disponible al público visualizaciones previas de las imágenes satelitales, que permiten identificar las características principales (localización y Nubosidad) para efectuar la posterior descarga. Las bandas que contiene cada imagen están en función del tipo de satélite; las cuales, se descargan una a una para luego realizar un proceso llamado importación de bandas.

Para la realización del estudio multitemporal de cobertura vegetal, se adquirieron cinco imágenes satelitales considerando la menor presencia de nubes y la distribución de fechas de toma, de la siguiente manera:

Las imágenes de 1989, 2002 y 2005, se las descargó de la página *Global Land Cover Facility*, extensión *ESDI*; la imagen de 1995 se la compró al Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN) Cotopaxi, Ecuador y la imagen del 2011, se la descargó de la página de la NASA creando una cuenta de usuario. Aunque la imagen del año de 2005 no se la utilizó para la generación de un mapa de coberturas, ésta se la empleó como soporte visual de las otras imágenes para el sector oriental del área de estudio, puesto que esta imagen es la única que no presenta nubes hacia esta zona, pero que a desventaja de las demás imágenes, se encuentra bandeada, consecuencia de un problema en el sensor del satélite, ocurrido en el año de 2002.

La rectificación que se realizó a las imágenes, es un proceso que consiste en proyectar los datos de un plano, de acuerdo con un sistema de proyección cartográfica. La asignación de coordenadas de mapa a una imagen se conoce como georeferenciación y que para este caso se utilizó las coordenadas planas Magna Colombia Oeste, debido a

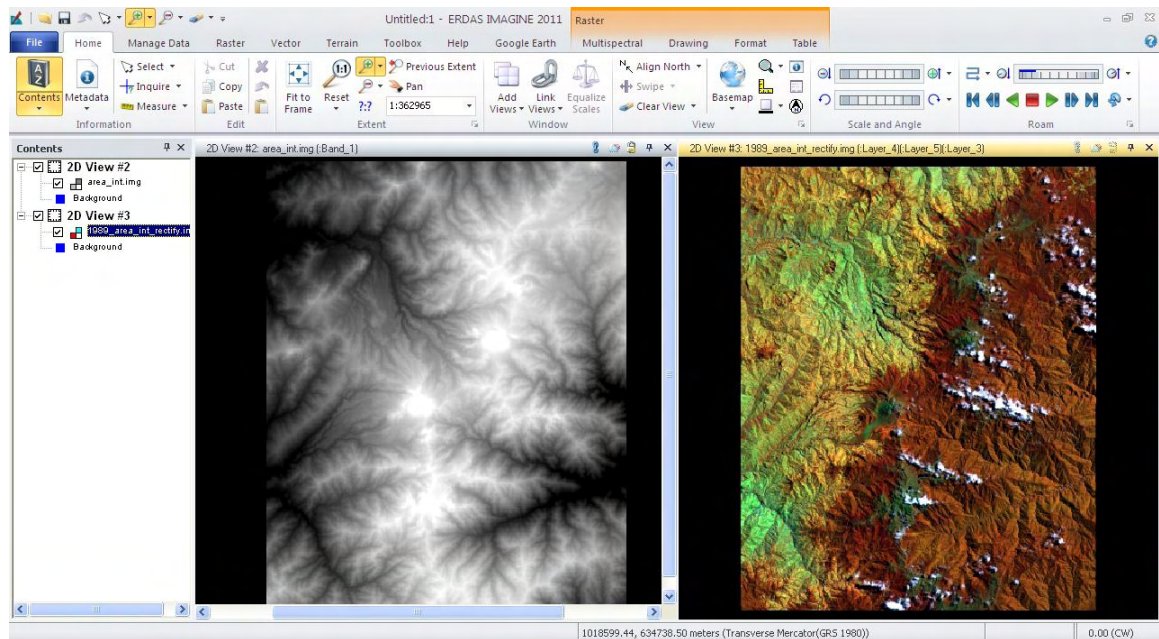
que todos los sistemas de proyección cartográfica están asociados con coordenadas de mapa, la rectificación incluye la georeferenciación.

Se realizó un proceso llamado ortorectificación, que consistió en remover la distorsión geométrica presente en las imágenes ocasionadas por la orientación del sensor satelital y los errores sistemáticos asociados con la imagen. Este proceso se realizó a la imagen Áster del año 2011, puesto que esta imagen a pesar de tener una mayor resolución que las imágenes LandSat, presentó distorsión del relieve por tener diferencias mínimas en la orientación del sensor con respecto a LandSat; como resultado, se obtuvo una homogenización de las imágenes satelitales a ser procesadas.

A continuación se explica el procedimiento que se siguió para el procesamiento de las imágenes para la rectificación del corrimiento entre imágenes.

5.2.3.1 Corrección de corrimiento entre imágenes. Esta corrección se realizó en el programa ERDAS, y consistió en convertir todas las imágenes LandSat a un solo tipo de resolución con la herramienta "Spatial / Resample Pixel Size". Para este caso, se utilizó el Modelo de Elevación Digital con resolución de 30,56 metros y se homogenizaron las imágenes a la resolución de dicho modelo como se muestra en la figura 4.

Figura 4: Conversión de cada una de las imágenes a resolución de 30,56 metros



Fuente: Esta Investigación

Posteriormente de la conversión de resolución, se procedió a hacer el empate de las imágenes a una sola de ellas mismas; es decir, que cuando se sobreponga una imagen de ellas sobre otra, no exista ningún corrimiento. Este procedimiento es importante ya que

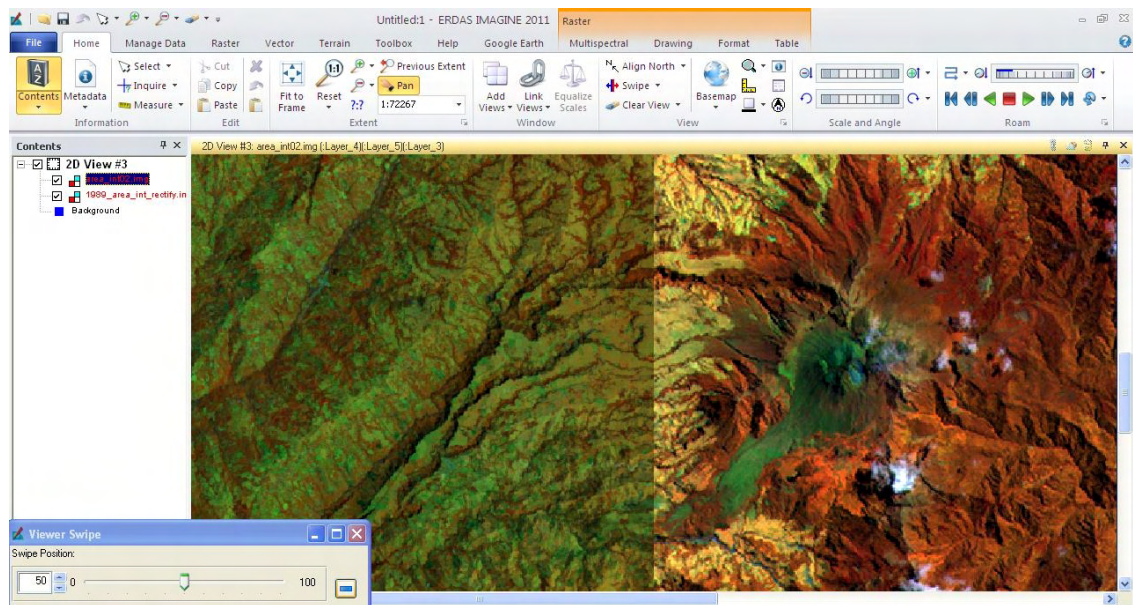
de lo contrario, al realizar los mapas de cambios de cobertura vegetal, se generarán errores en el avance o retroceso de las coberturas.

Este proceso se realizó con la herramienta “AutoSync Workstation” creando un nuevo proyecto y la imagen de referencia que se utilizó para emparejar las demás imágenes, fue la imagen Landsat 2002 y se dejó la misma proyección de esta imagen para las demás.

Se tomó un punto de control de terreno (GCP) a nivel de píxel y se dejó que el software automáticamente tome los demás puntos de control en común, luego se eliminaron los puntos que presentaban el mayor valor de error con el fin de disminuir el (RMS) que en el programa es el indicador del margen de error.

Como resultado se obtuvo un empate en el cual ya no se observó ningún tipo de corrimiento entre las imágenes Landsat. Este resultado se puede apreciar como ejemplo en la figura 5, donde se muestra una sobre-posición de imágenes en el sector del volcán Doña Juana; a la izquierda la imagen de referencia (Landsat 2002) y a la derecha la imagen emparejada (Landsat 1989).

Figura 5: Empate de imágenes



Fuente: Esta investigación

5.2.3.2 Corrección radiométrica y topográfica. Es esencial para la realización de estudios multitemporales de cobertura del suelo, aplicar a las imágenes, otros procesos como: mejoramientos radiométricos y mejoramientos topográficos además de los mejoramientos espectrales.

A continuación se describe el procedimiento de realización de la corrección radiométrica y topográfica a las imágenes LandSat; más adelante se describirá el proceso para la imagen áster 2011 ya que para ésta el tratamiento es diferente.

El proceso de mejoramientos radiométricos y topográficos que se realizó, consistió en hacer correcciones en la incidencia de la atmósfera sobre la imagen al momento de la toma, ya que el satélite lo que hace, es captar la radiancia de la vegetación con influencia de la misma atmósfera, el relieve, la posición del sol etc. Estos mejoramientos establecen una homogenización en las características de luminosidad, sombras, relieve, entre otros, de la imagen a nivel de pixel y las características de radiancia y reflectancia. Estas dos últimas son las que se denominan la Corrección Radiométrica.

Además de los anteriores ajustes, se hizo un mejoramiento atmosférico que consiste en eliminar las partículas que se encuentran suspendidas en la atmósfera por la niebla del vapor de agua. Estas influyen en la señal grabada a la hora de la toma de la imagen, variando las condiciones de iluminación, haciendo que la interpretación sobre éstas varíe.

El objetivo de la corrección radiométrica y atmosférica es convertir los niveles digitales de la imagen de satélite que van en un rango de 0 a 255, a valores de reflectividad, de tal manera que sean lo más parecidos a la realidad del momento de captura de la imagen por satélite. Para esta corrección, se instaló en el programa ERDAS el módulo de ATCOR, mediante el cual se realizaron las correcciones atmosféricas y topográficas

Es indispensable que las correcciones que se realicen a las imágenes en un estudio multitemporal, no solamente sean atmosféricas sino también topográficas; por lo cual, se utilizó "ATCOR2 Derive Terrain Files" del módulo "ATCOR" para realizar las correcciones topográficas. Esta herramienta calcula la pendiente, la elevación, y otras variables con las cuales se genera mapas de pendientes, aspectos y sombras indispensables para la corrección topográfica. Para el proceso anteriormente mencionado se utilizó el modelo de elevación digital (DEM), las imágenes LandSat y los metadatos de estas mismas.

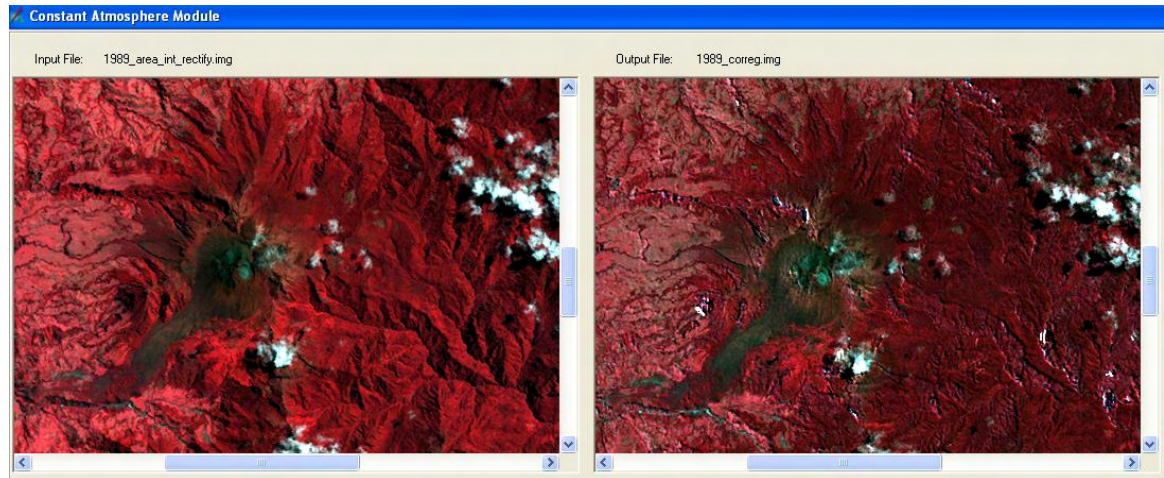
Luego de haber creado estos mapas de pendientes, aspecto y sombras, se procedió a desplegar la herramienta "ATCOR3 Workstation" del módulo ATCOR donde se creó un nuevo proyecto para la corrección de bruma. Para este proceso se utilizó algunos datos de los metadatos de las imágenes, el DEM y las imágenes homogenizadas a resolución de 30.56 metros

Posteriormente 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. Cuando la imagen contiene nubes, en algunos casos solamente se nota un ligero cambio en los bordes de estas mismas. En consecuencia, la presencia de bruma y/o neblina para estas imágenes es bastante baja, dado que, atmosféricamente se encuentra la conformación de nubes como tal y no se observa neblina o bruma. Por lo anterior, la evidencia de este proceso en las imágenes tratadas es muy mínima.

Realizado el anterior proceso, se habilita automáticamente en el programa (Atmospheric Correction); esta herramienta hace la corrección atmosférica y topográfica, la cual da como resultado una imagen precisa, clara, plana y sin sombras como lo muestra la figura

6. A la izquierda, la imagen LandSat 1989 sin procesar y a la derecha la misma imagen corregida.

Figura 6: Corrección atmosférica



Fuente: Esta Investigación

Con ATCOR se convirtieron los valores de radiancia de las imágenes a valores de reflectividad aparente; se eliminó los efectos de iluminación atmosférica y solar para hacer una comparación multitemporal precisa a las imágenes de satélite. Este módulo de ATCOR también permitió mejorar los resultados de la detección de cambios y mejorar la identificación de los algoritmos de clasificación.

3.2.3.3 Corrección radiométrica y topográfica para imágenes Aster. La corrección radiométrica y topográfica para imágenes ASTER tiene muchas similitudes a las correcciones de las imágenes LandSat, sin embargo, existen diferencias que se describen a continuación.

La imagen ASTER del año 2011 tiene una resolución espacial de 15 m y para efecto, fue necesario homogenizar la resolución de 15 m a la resolución de las tres imágenes LandSat que es de 30.56 m al igual que el modelo de elevación digital (DEM). Esta homogenización se realiza para obtener mayor precisión en la clasificación de coberturas, aunque refleje desventajas como la pérdida de resolución para la imagen ASTER.

Para 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. No se empleó un módulo como el de ATCOR para la corrección de reflectividad, sino que se utilizó la ecuación planteada por

WOOSTER⁴⁷ para el cálculo de la reflectancia planetaria, donde el producto de la reflectancia es expresado en unidades de porcentaje de reflectancia (0–100%). Todos los valores para el cálculo, se encuentran incluidos en el archivo de cabecera de la imagen y se utilizaron en la siguiente fórmula:

$$RTOA = (\rho \cdot L_{rad} \cdot d^2 / ESUN_i \cdot \cos(z))$$

Dónde: RTOA= reflectancia planetaria

$\rho = 3,14159$

L_{rad} = radiancia espectral (radiación registrada en el sensor)

$ESUN_i$ = radiancia exoatmosférica de cada banda.

Y la relación existente entre la respuesta espectral de las cubiertas para cada banda con la radiancia espectral solar extraterrestre, calculada por Thome⁴⁸.

z = ángulo zenital solar (obtenido del archivo de cabecera de la imagen ASTER)

d = distancia del sol a la tierra, calculada mediante la siguiente fórmula Achard y D'Souza

$d = (1 - 0,1672 \cdot \cos(\text{RADIANS}(0,9856 \cdot (\text{Julian Day} - 4)))$

Cuadro3: Cálculo de distancia tierra – sol para proceso de imagen Aster 2011

Fecha de toma de la Imagen	Día Juliano (JD)	Distancia Tierra - Sol (d) (En Unidades Astronómicas)
22 – Julio – 2011	204	1,345116

Fuente: Esta investigación.

5.2.4 Clasificación de cobertura vegetal de las imágenes satelitales. La clasificación de las imágenes satelitales se la realizó en el programa ERDAS; este proceso básicamente consiste en agrupar los píxeles en un número finito de clases individuales o de categorías de datos, con base en los niveles digitales de los datos de la imagen, con el fin de identificar las diferentes clases y/o tipos de cobertura.

Con la herramienta “Classifier”, primero se realizó una clasificación no supervisada, creando una capa temática, que permitió al Software que identifique patrones estadísticos en los datos sin usar datos de verdad del terreno. Si un píxel satisface cierto criterio, entonces el píxel es asignado a la clase que corresponda a este.

⁴⁷WOOSTER, M.J. In orbit calibration of the ATSR-1 1.6 mm channel using high resolution data from the JERS-1. 1996.

⁴⁸THOME. K., F. Palluconi, T. Takashima and K. Masuda. Atmospheric correction of ASTER. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 1998.

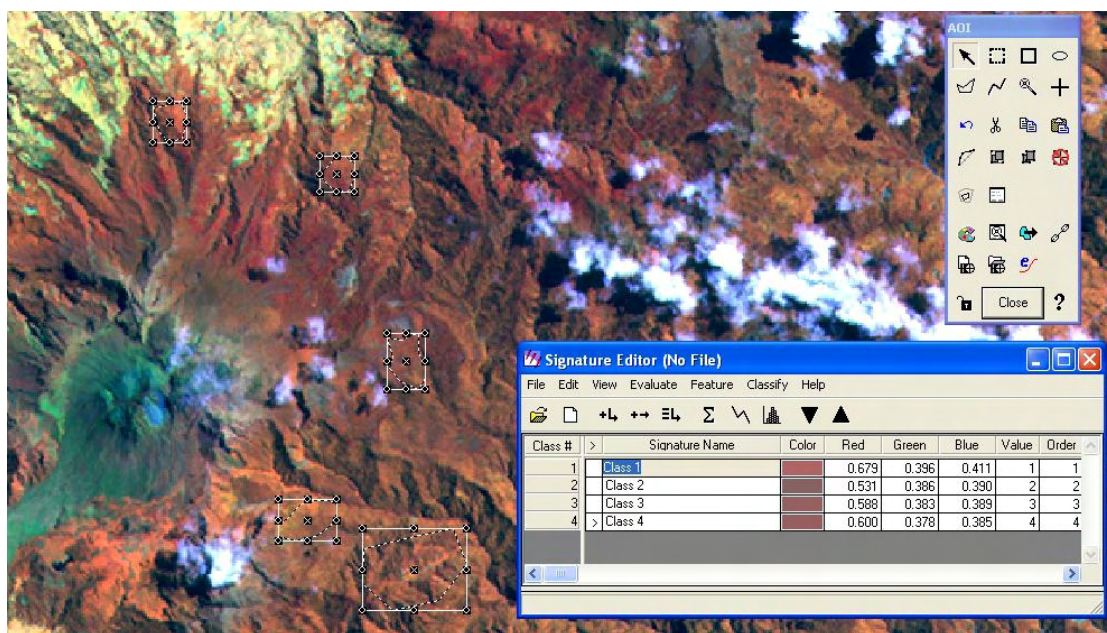
Esta clasificación se realizó con el fin de evaluar las clases individuales de la capa temática raster generada y probar la exactitud de la clasificación no supervisada.

Luego se procedió a la realización de la clasificación supervisada en definitiva para ser aplicada a todas las imágenes a procesar, puesto que ésta clasificación es más controlada que la clasificación no supervisada.

Ésta clasificación como su nombre lo indica, hay que corroborar en campo la información obtenida y corregir los datos dudosos al igual que los faltantes que resulten por carencia de información; principalmente por nubes y sombra.

En la figura 7, se indica la zona del volcán Doña Juna y cerro Tajumbina donde se evidencia el muestreo que se toma para la cobertura de bosque natural denso, para que posteriormente el software genere polígonos que abarcan los niveles digitales que se están incluyendo como referencia dentro de las muestras, reconociendo de forma preliminar las áreas que corresponden a este tipo de cobertura vegetal.

Figura 7: Muestreo digital de la cobertura vegetal sobre la imagen satelital

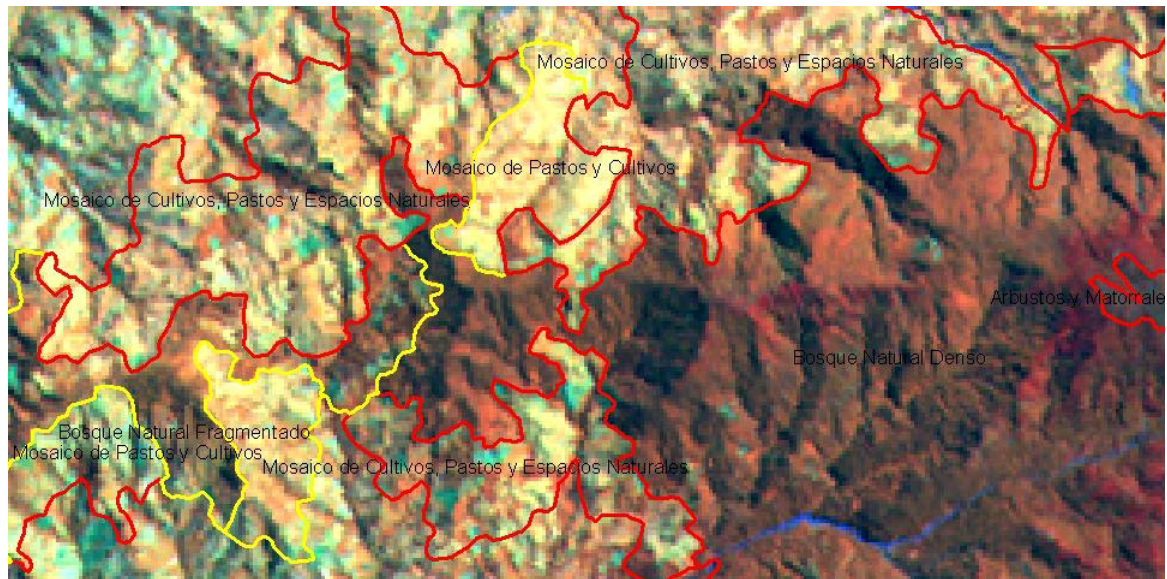


Fuente: Esta investigación.

Luego de hacer este muestreo digital, se generaron polígonos para cada tipo de cobertura y se realizó edición directa por sobre-posición de polígonos sobre la imagen satelital; por lo cual, su descripción de edición se la aborda más adelante.

En la figura 8 se muestra el resultado de la edición de polígonos de cobertura vegetal en sobre-posición con la imagen satelital, en el sector de Providencia, Gavilla Alta y Gavilla Baja en Municipio del Tablón de Gómez.

Figura 8: Resultado de edición de polígonos sobre la imagen satelital



Fuente: Esta Investigación

5.2.5 Adaptación de la metodología de clasificación Corine Land Cover a este estudio

5.2.5.1 Adaptación de la nomenclatura. Después de obtener la clasificación en ERDAS, para la elaboración de los mapas de cobertura vegetal, se procedió a cambiar de formato la imagen resultante, es decir, se la pasó de formato raster a vector para ser editada en Arcgis.

Para este proyecto se utilizó la nomenclatura de cobertura utilizada en el programa europeo Corine Land Cover a partir de los siguientes indicios:

- Las unidades de esta nomenclatura deben poder ser distinguidos con los productos de sensores remotos que se utilizaron (Imágenes Lansat y Aster).
- Los diferentes ítems designan unidades de territorio con unas dimensiones mínimas con este sensor, por lo cual, se fijó como superficie mínima de mapeo 10 has. y una anchura mínima de 50 m. en elementos de pequeño grosor.

Aunque la metodología de Corine Land Cover establece como unidad mínima de mapeo 25 has y en elementos lineales 50 m para escalas de 1:100.000; debido a que en esta

investigación el área de estudio es de 46484 has, se utilizó la escala de 1:50.000 y se designaron las dimensiones mínimas de mapeo mencionadas anteriormente para tener una mejor visualización e interpretación de las coberturas y los cambios ocurridos en las mismas.

5.2.6 Leyenda de los mapas de coberturas vegetales. La delimitación de las diferentes unidades expuestas en la leyenda de los mapas de uso y cobertura vegetal del suelo se realizó teniendo en cuenta los criterios definidos en el documento “CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena – Cauca. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000. 2007”⁴⁹.

A continuación se presenta las categorías con sus niveles y subniveles utilizados para la elaboración de los mapas de cobertura:

Cuadro4: Leyenda mapas de cobertura vegetal

LEYENDA DE COBERTURA VEGETAL ADAPTADA DE LA METODOLOGIA CORINE LAND COVER
1. TERRITORÍOS AGRICOLAS
1.1 Pastos
1.1.1 Pastos limpios
1.2 Áreas agrícolas heterogéneas
1.2.2 Mosaico de pastos y cultivos
1.2.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
1.2.4 Mosaico de cultivos y espacios naturales
2. BOSQUES Y AREAS SEMI NATURALES
2.1 Bosques
2.1.1 Bosque natural denso
2.1.2 Bosque natural fragmentado
2.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
2.2.1 Arbustos y matorrales
2.2.2 Vegetación de páramo
2.2.3 Vegetación de Subpáramo
2.2.4 Vegetación rupícola
2.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
2.3.1 Afloramientos rocosos
3. SUPERFICIES DE AGUA
3.1 Aguas continentales
3.1.1 Lagunas, lagos y ciénagas naturales

⁴⁹ CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM. op cit. p. 48 - 90

Fuente: Esta investigación

La interpretación de los diferentes tipos de cobertura vegetal sobre las imágenes satelitales se realizó directamente en pantalla utilizando software ArcGIS 9.3 que permitió delinear y editar los diferentes polígonos de coberturas.

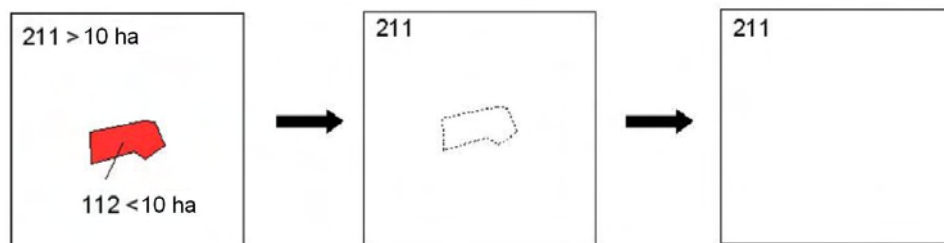
Para este proceso de delimitación y edición, se tuvo en cuenta algunas reglas de generalización básica que permitieron decidir sobre algunos polígonos que no cumplían ciertos criterios del área mínima de mapeo.

Durante la clasificación puede ocurrir que algunos polígonos se encuentren rodeados por una unidad mayor en forma individual o que formen parte de un grupo de unidades que no reúnen los requisitos de mapeo, se aplicaron criterios de generalización para agregar estas coberturas de área reducida a las coberturas vecinas que sí cumplen el tamaño mínimo de mapeo requerido.

A continuación se presenta las reglas de generalización que se utilizó en la interpretación sobre los polígonos para los mapas de cobertura del suelo.

- Si una unidad (<10 has) se encuentra rodeada por una sola unidad de tamaño mayor a 10 has, la unidad pequeña se agrega a la unidad grande. Ver figura 9.

Figura 9: Caso donde se encuentra un polígono pequeño dentro de un polígono grande
112 <10 has 211 >10 has

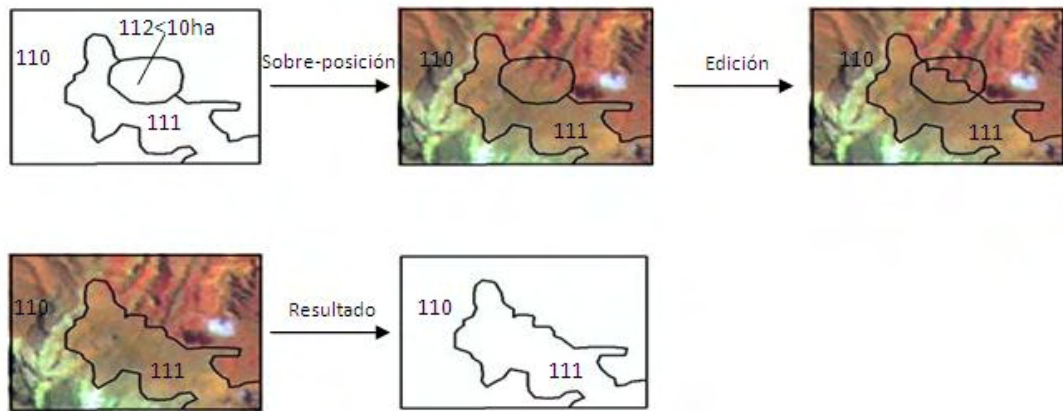


Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007⁵⁰.

- Si la unidad (<10 has) se encuentra rodeada por 2 o más unidades mayores a 10 has, la unidad menor es agregada o dividida proporcionalmente con las unidades vecinas. Este tipo de agregación está en función del tipo de cobertura de la unidad pequeña y de las unidades vecinas. Para la edición de estos casos de polígonos se realizó sobre-posición de estos mismos sobre la imagen satelital a clasificar.

⁵⁰ Ibid. p. 23

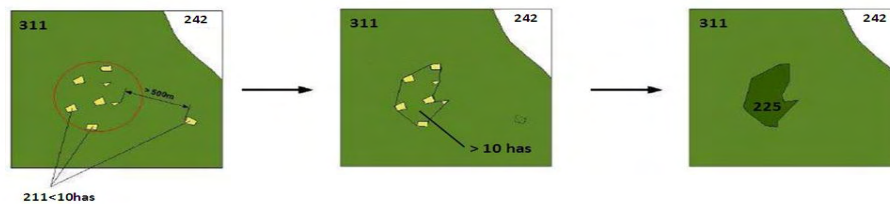
Figura 10: Caso donde se encuentra un polígono pequeño dentro de dos polígonos grandes. Si $110 > 10$ has; $111 > 10$ has, entonces $112 / 110, 111$.



Fuente: Esta Investigación

- Si una unidad grande de bosque natural denso mayor a 10 has (311), presenta un conjunto de pequeñas áreas de deforestación y/o cultivos menores a 10 has (211), puede constituir una clase, para lo cual es necesario considerar la densidad de las intervenciones. Si es inferior al 5% se mantiene la clasificación de bosque natural denso (311); cuando se encuentra entre el 5% y el 30% se delimita como bosque natural fragmentado Figura 11 y en el caso de hallarse entre el 30% y el 70% se delimita como una zona de mosaicos

Figura 11: Delimitación de bosque natural fragmentado

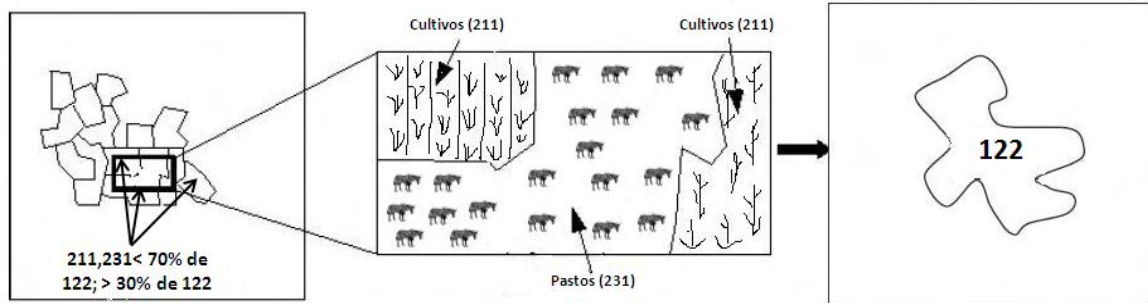


Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007⁵¹.

- La delimitación de mosaico de pastos y cultivos (figura 12) es una mezcla de tierras agrícolas y pastos destinados a la ganadería donde ninguna de las dos unidades debe ser mayor del 70% ó menor del 30% del mosaico delimitado (122).

⁵¹CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM. Op cit. p.30

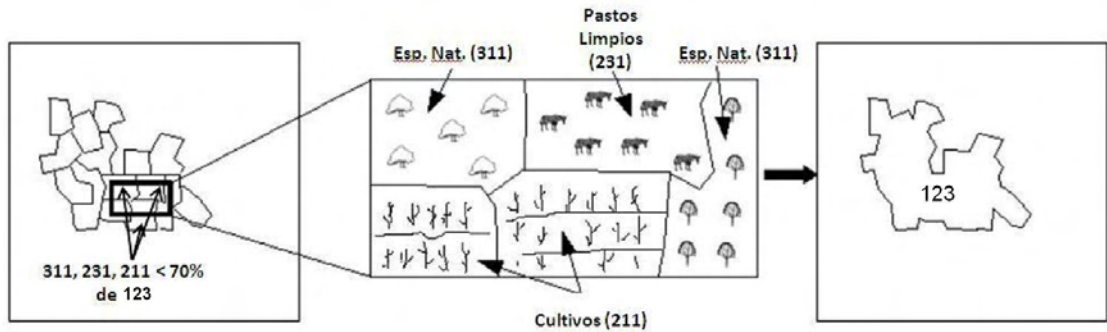
Figura 12: Delimitación de mosaico de pastos y cultivos



Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007

- Delimitación del mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales es una mezcla de tierras agrícolas con presencia de pequeñas áreas naturales o semi-naturales y pastos sin que ninguna de las unidades sea mayor al 70% del área del mosaico delimitado (122).

Figura 13: Delimitación de Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales

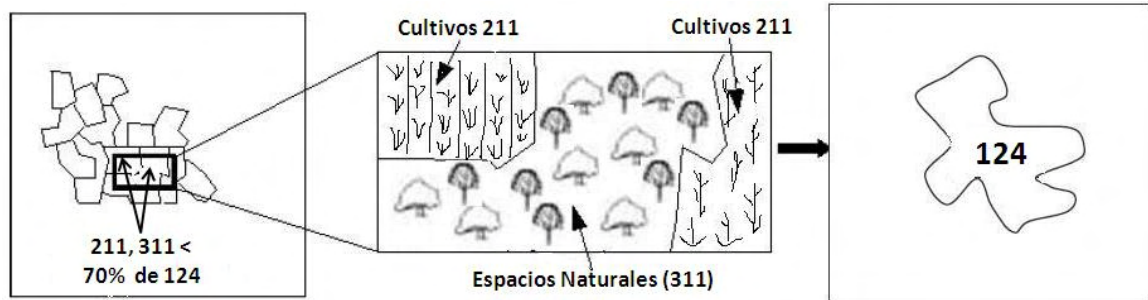


Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007⁵²

- La unidad de mosaico de cultivos y espacios naturales (figura 14), es una mezcla de tierras agrícolas (211) y espacios naturales (311), donde ninguna de estas dos unidades debe ser mayor al 70% del área total del mosaico delimitado (124).

⁵² Ibid. p. 31

Figura 14: Delimitación de mosaico de cultivos y espacios naturales



Fuente: CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007⁵³

5.2.7. Elaboración de los mapas de cambios de cobertura vegetal. La elaboración de los mapas de cambios de cobertura vegetal se hizo a partir del cruce de polígonos de cobertura vegetal, de cada año; es decir, se cruzaron las coberturas de los años 1989-1995, 1995-2002, 2002-2011 y 1989-2011 con la herramienta *intersect*, del programa ArcGis.

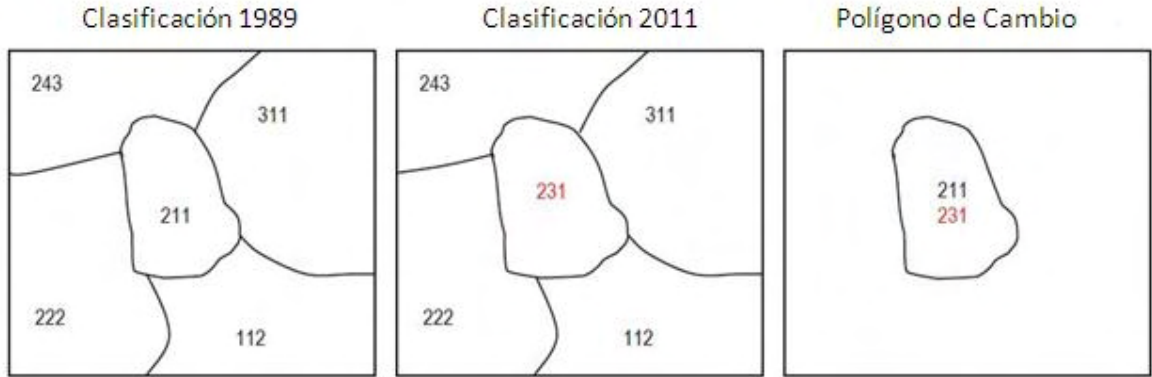
Para definir la unidad mínima de mapeo de los mapas de cambio de cobertura vegetal hay que tener en cuenta la unidad mínima de mapeo de los mapas de cobertura vegetal que es 10 has y la raíz cuadrada de esta es la unidad es 3.2has, que es la unidad mínima de mapeo para los mapas de cambio de cobertura vegetal.

Luego de que el software genero automáticamente los polígonos de cambio de cobertura vegetal, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios y situaciones tomados de la metodología de Corine Land Cover

- Situación donde un polígono de cobertura 211 del año de 1989 pasa a ser un tipo de cobertura 231 para el año de 2011, manteniendo su misma área. Como resultado para el mapa de cambios solamente aparece la unidad que cambió indicando que paso de ser una cobertura de 211 a una 231 como se muestra en la siguiente figura:

⁵³ Ibid. p. 31

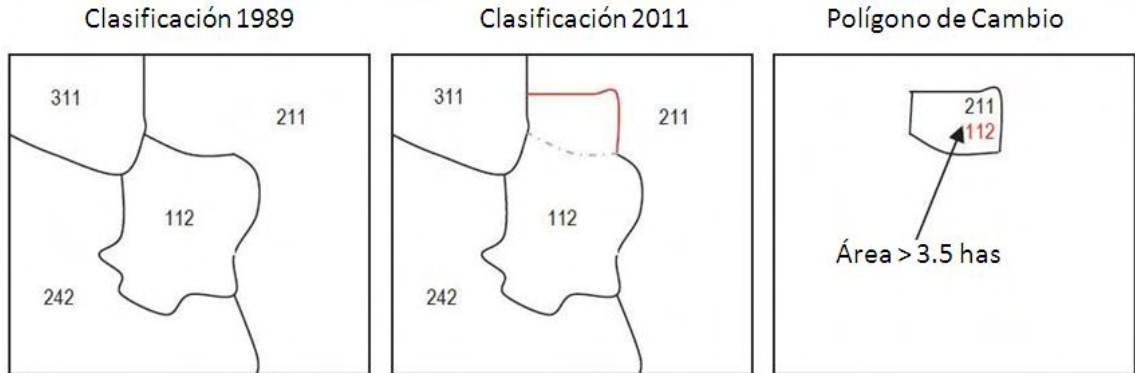
Figura 15: Situación de cambio de un tipo de cobertura completo a otro



Fuente: Corine Land Cover updating for the year 2000⁵⁴

- Situación donde un polígono de cobertura 112 del año de 1989, incrementa su área de cobertura para el año de 2011, mostrando disminución en el área de cobertura 211. Como resultado en el mapa de cambios solo aparece el área del incremento de la unidad que está cambiando de 211 a 112 como se ilustra en la siguiente figura:

Figura 16: Situación de cambio de un polígono por incremento de área



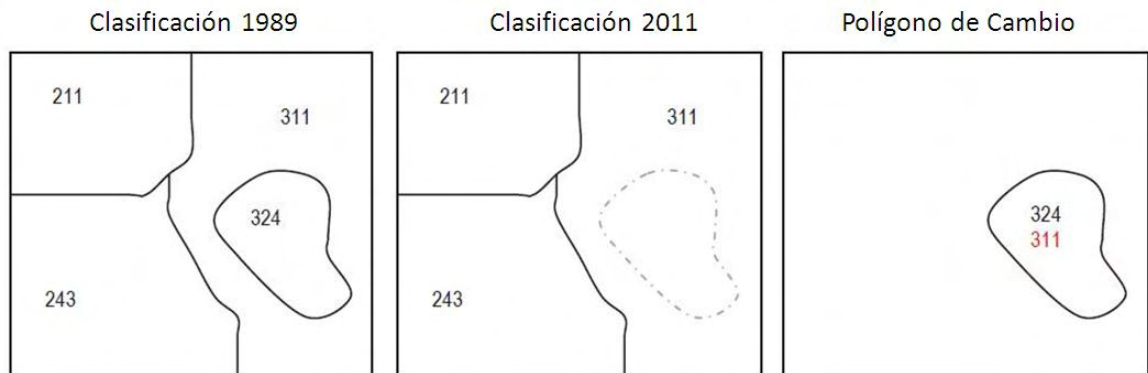
Fuente: Corine Land Cover updating for the year 2000⁵⁵

⁵⁴ EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL JOINT RESEARCH CENTRE. Institute for Environment and Sustainability. European Environment Agency. CORINE Land Cover updating for the year 2000, image 2000 and CLC2000 products and methods. 2000. p. 99

⁵⁵ Ibid. p. 97

- Situación donde un polígono (324) del año de 1989, para el año de 2011 desaparece y pasa a ser del mismo tipo de cobertura del que se encontraba rodeado (311). Como resultado; aunque el polígono haya desaparecido, en el mapa de cambios de cobertura aparece el área del polígono que cambio, indicando que pasó de ser un tipo de cobertura 324 a un tipo de cobertura 311 como se muestra en la siguiente figura.

Figura 17: Situación de cambio donde un polígono desaparece



Fuente: CORINE Land Cover updating for the year 2000⁵⁶

- Situación donde en un polígono grande (243) del año de 1989 ocurre un cambio para el año de 2011 y aparece un polígono mas pequeño (311) dentro de la cobertura (243). Como resultado, en el mapa de cambios solo aparece el área del nuevo polígono que está indicando el cambio de cobertura de tipo (243) a (311) como se muestra en la siguiente figura:

Figura 18: Situación donde aparece otra cobertura dentro de una unidad de cobertura vegetal más grande



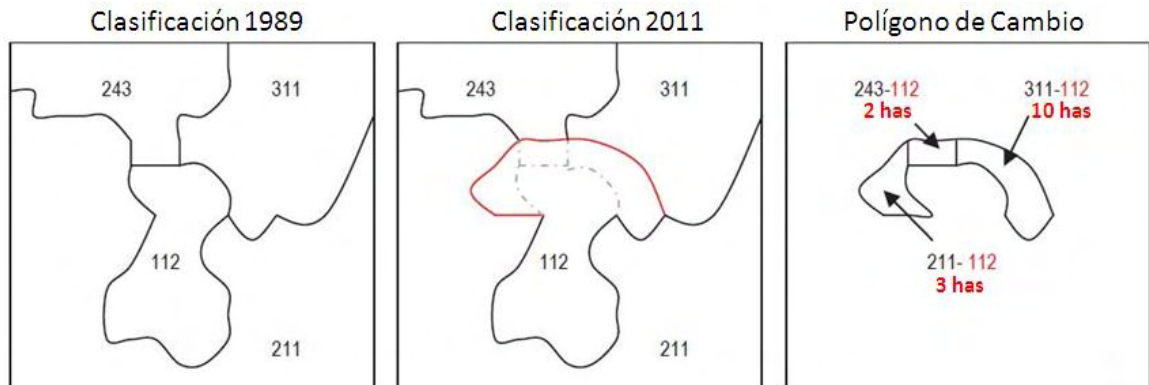
Fuente: Corine Land Cover updating for the year 2000⁵⁷

⁵⁶ Ibid. p. 97

⁵⁷ Ibid. p. 37

- Situación donde el aumento total de un polígono (> 3,5 has) puede incluir varios cambios elementales inmediatos, algunos de ellos más pequeños que 3,5 has. En la figura No.20 se muestra el incremento de un polígono sobre varias unidades. Como resultado en el mapa de cambios solo aparecen las unidades que están contribuyendo al incremento del cambio.

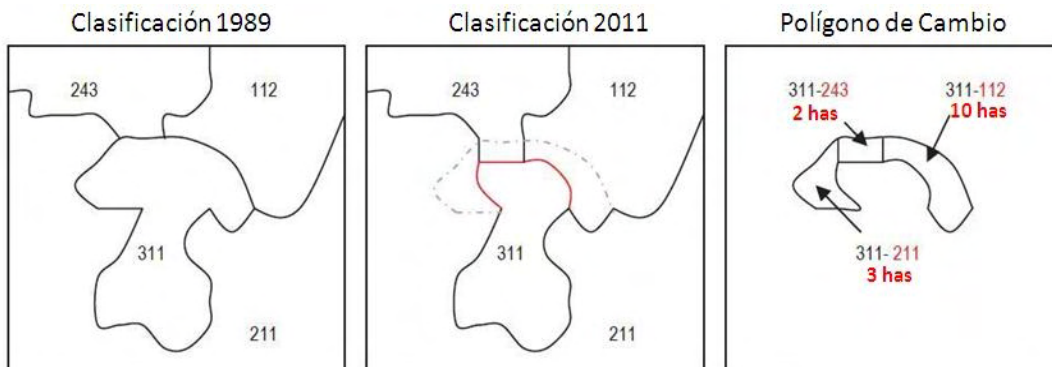
Figura 19: Situación de incremento de una cobertura sobre varias.



Fuente: Corine Land Cover updating for the year 2000⁵⁸

- Situación donde el decrecimiento total de un polígono (> 3,5 has) puede incluir varios cambios elementales inmediatos, algunos de ellos pueden ser más pequeños que 3,5 has. En la figura 20 se muestra la disminución de un polígono, generando un incremento a varias unidades; como resultado, en el mapa de cambios solo aparecen las unidades que están contribuyendo a la disminución del cambio.

Figura 20: Situación de disminución de un polígono por incremento de varios



⁵⁸ Ibid. p. 98

Fuente: Corine Land Cover updating for the year 2000⁵⁹

Para el diseño y presentación de los mapas, se implementó el estándar de lineamientos para la impresión de salidas cartográficas (mapas) de acuerdo a la temática que se manejó, tamaño de papel, escala de la representación y la simbología. El documento Estándar Salidas Gráficas y Publicaciones Cartográficas 2010⁶⁰, cubre las dependencias del nivel territorial local y central, las cuales aplican al lineamiento para la impresión de mapas oficiales de las áreas misionales de PNN.

5.3 FASE 3: TRABAJO DE CAMPO

El objetivo del trabajo de campo fue comprobar la correspondencia de las unidades de cobertura del suelo con las unidades reales en campo y realizar entrevistas a personas claves con el fin de determinar los factores que han o están incidiendo en el cambio de la cobertura vegetal y su uso.

Estas unidades fueron identificadas previamente por el procesamiento y la interpretación de las imágenes satelitales.

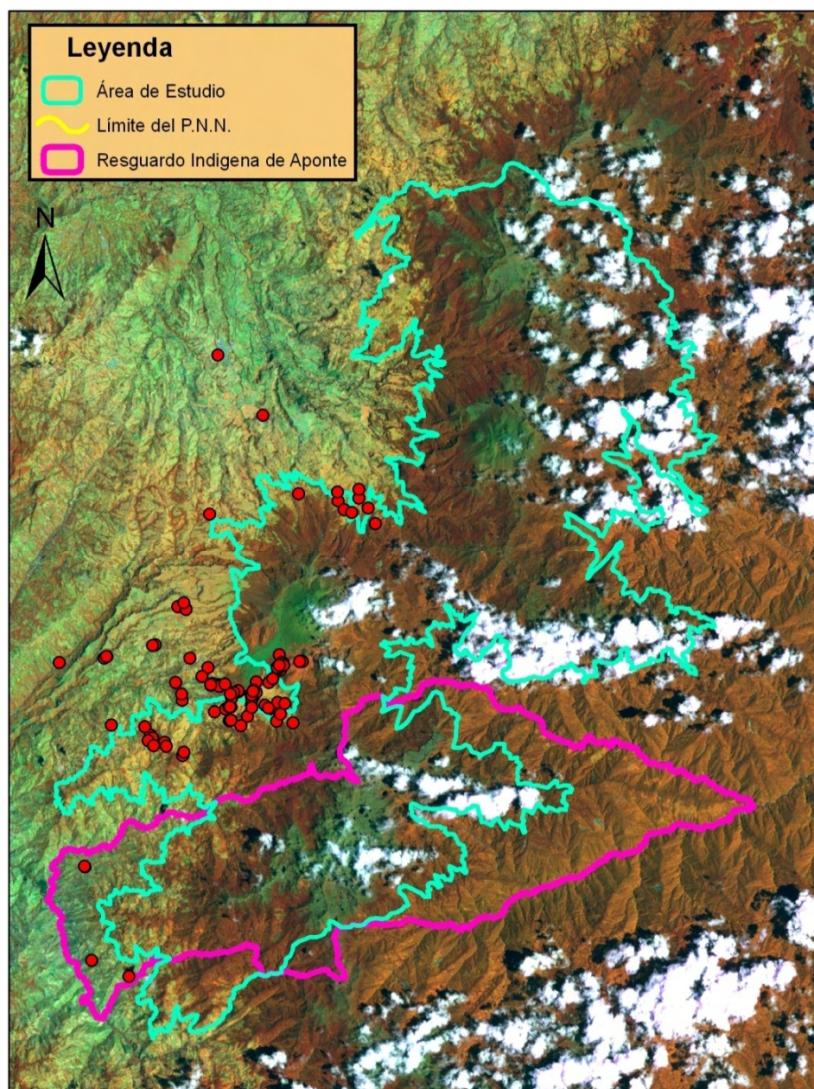
5.3.1 Recorridos por la zona de estudio. Posteriormente se hizo una comparación entre imágenes para identificar los sectores donde es más notorio el cambio, para realizar visitas de campo, donde se verificó el tipo de cobertura actual y se realizaron entrevistas a personas de cada sector visitado.

Durante los recorridos en campo se realizó toma de puntos GPS para visualización y verificación de los diferentes tipos de cobertura. Un significativo número de puntos GPS los tomó el personal del equipo técnico de PNN CVDJ-C los cuales se los ha incluido en la Figura 21 ya que con éstos se tienen registros fotográficos que complementaron la identificación de las coberturas durante el análisis de la información.

⁵⁹ Ibid. p. 98

⁶⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA. Estándar salidas gráficas y publicaciones cartográficas. Formato preliminar al documento. 2010.132 p.

Figura 21: Puntos GPS en sectores estratégicos en los recorridos de trabajo de campo



Fuente: Esta Investigación

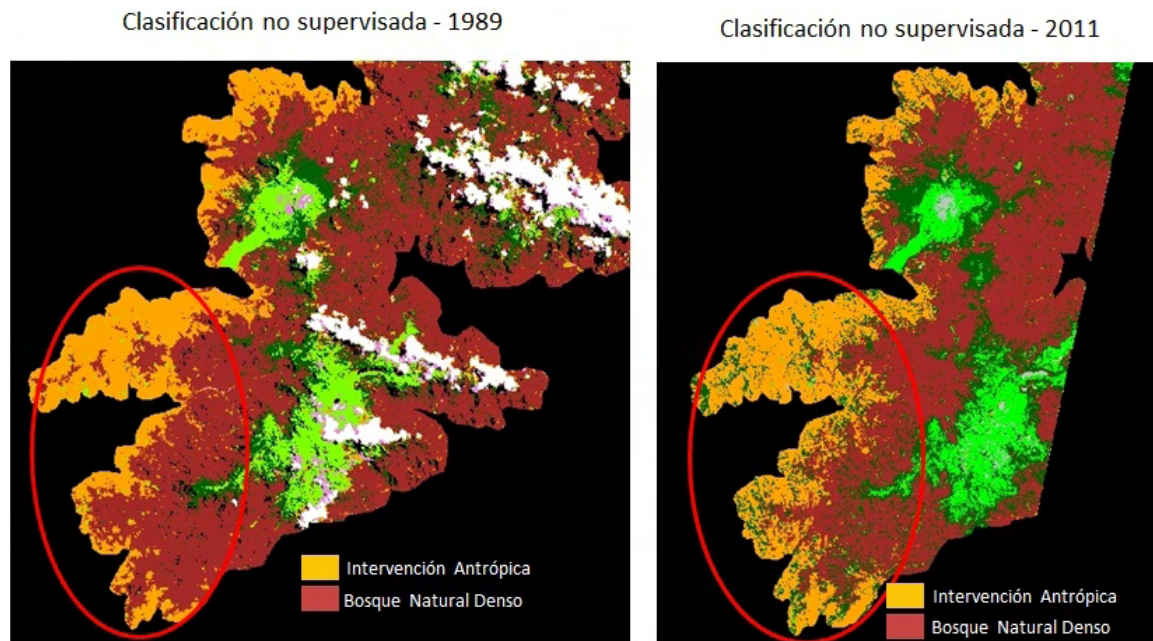
5.3.2 Entrevistas. Estas se desarrollaron en toda la zona de estudio, principalmente en las áreas donde era más evidente la intervención antrópica. Para el desarrollo de estas entrevistas se mantuvo una conversación con los habitantes de la zona de manera informal; donde a lo largo de la charla se hicieron preguntas como: ¿desde hace cuánto tiempo vive en la zona?, ¿Cuál es su actividad económica actual?, ¿Cómo era la zona donde vive hace 20 años?, ¿Por qué talaban los bosques?, ¿se ha mirado la influencia de cultivos ilícitos en la zona?, ¿lo han invitado a algunas charlas de conservación?, ¿ha llegado gente de otros lugares o se han ido los habitantes de la zona?, ¿Qué cambios ha mirado en la cobertura vegetal?, entre otras. A partir de las respuestas obtenidas, se

obtuvieron conclusiones y se determinaron algunos de los factores que influyeron en el cambio de la cobertura vegetal.

5.3.3 Identificación de sectores estratégicos. La identificación de sectores estratégicos se logró a partir del pre-procesamiento y análisis de las imágenes satelitales. Esta actividad tuvo lugar en la clasificación no supervisada generada por el software, ya que fue mediante esta clasificación donde se logró identificar los lugares más críticos con respecto al cambio de cobertura.

Establecidos estos lugares, se determinó al municipio de El Tablón de Gómez, conjuntamente con el resguardo indígena de Aponte, las zonas más intervenidas antrópicamente y seguido con un bajo porcentaje al municipio de La Cruz; este hecho se puede apreciar en la ilustración de la figura 22

Figura 22 Identificación de zonas más intervenidas



Fuente: Esta investigación

5.4 FASE 4: ANÁLISIS Y SISTEMATIZACIÓN

5.4.1 Filtración y análisis de información secundaria. Estas actividades corresponden al filtrado que se realizó a la información secundaria para la elaboración del diagnóstico principalmente, el cual se lo sistematizo en dos componentes: físico-biótico y socioeconómico.

5.4.1.1 Componente socioeconómico. Para la sistematización de las actividades productivas, se tuvo en cuenta los consolidados agropecuarios y productivos de los años de 2009 y 2010, se analizaron los valores totales de cosechas en toneladas de los productos que se producen por encima de los 2700 m.s.n.m., haciendo una comparación entre los tres municipios del departamento de Nariño, con el fin de identificar las principales actividades agropecuarias en estos. Cabe aclarar que este análisis no se lo hizo para los municipios del Cauca porque dentro de la zona de estudio estos dos municipios que son Bolívar y Santa Rosa no presentan ningún tipo de intervención y por lo tanto no hay actividad productiva.

Para al análisis demográfico, se tomaron los censos de los años de 1975, 1985, 1993 y 2005 con los cuales se hizo el análisis de crecimiento demográfico y ver la relación existente con el cambio de la cobertura vegetal. Con el último censo se hizo una comparación del nivel de educación existente en los cinco municipios. Los subcomponentes que integran este capítulo se encuentran descritos en el numeral de la realización del diagnóstico físico biótico y socioeconómico en la fase 1 de la metodología

5.4.1.2 Componente físico-biótico. La estructuración y análisis de esta información se basó principalmente en documentaciones de otros estudios recientes que fueron implementadas y adaptadas a esta investigación. Se describieron las principales unidades de geología, geomorfología, climatología y suelos descritos en el numeral de la realización del diagnóstico físico biótico y socioeconómico en la fase 1 de la metodología.

5.4.2 Elaboración y diseño de mapas. La elaboración de los mapas se realizó con los shapfiles que se generaron durante la investigación; los límites del resguardo indígena de Aponte y del PNN CVDJ-C, fueron suministrados por Parques Nacionales Naturales, los cuales fue necesario realizarles edición de topología para mayor precisión.

Para el diseño de los mapas se utilizó la mancheta de orientación vertical para escala de 1:50.000 propuesta en el documento: estándar salidas gráficas y publicaciones cartográficas⁶¹. A esta mancheta fue necesario realizarle algunos cambios en la presentación, debido a los requerimientos que implicaban los productos cartográficos que se generaron.

5.4.3 Filtración y análisis de información primaria. Esta información la conforman las memorias explicativas de los mapas de cobertura vegetal y de cambios de cobertura.

Las memorias de los mapas de cobertura se encuentran conformadas con una descripción semi-detallada acerca de cada tipo de cobertura vegetal que se encontró en la zona de estudio de acuerdo a la adaptación de la metodología de Corine Land Cover propuesta en el estudio del Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena – Cauca, 2007⁶². La descripción de las coberturas se encuentran incluida en el capítulo 7, subcapítulo de Categorías de Cobertura Vegetal

⁶¹ Ibid.

⁶² CORMAGDALENA. IGAC. IDEAM. Op. cit. p. 48-90.

La descripción de la información que contienen los mapas de cobertura, se construyó haciendo un barrido de norte a sur por cada uno de los municipios, localizando cada tipo de cobertura con referencia municipal, altura sobre el nivel del mar, cercanía a veredas ubicación de cuencas y área unitaria de cada tipo de cobertura. Esta información se complementó con Cuadros y gráficas que facilitan la interpretación de los valores de las áreas de cada cobertura para cada año.

La información descrita en las memorias explicativas de los mapas de cambios, se encuentra estructurada de igual forma que la de los mapas de cobertura; de igual manera, se hace un barrido de norte a sur, localizando las unidades de cambio en cada municipio, la altura sobre el nivel del mar, cuencas entre las que se encuentran e identificando su respectiva área que representa cada uno de los cambios.

Esta información se encuentra acompañada con gráficas y Cuadros utilizando los valores de cambios entre coberturas y entre los períodos de análisis. Puesto que la identificación y descripción de los factores de cambio de cobertura vegetal son un objetivo de esta investigación, dichos factores se encuentran en las memorias explicativas de los mapas de cambios, para cada uno los cuatro períodos analizados y cada unidad de cambio ocurrido en la zona de estudio.

Como resultado de toda esta investigación, se obtuvo un documento técnico, sólido en la información consignada y doce productos cartográficos correspondientes a los mapas.

6. DIAGNÓSTICO

En este capítulo denominado diagnóstico, se hizo una división según las características físico-bióticas y socioeconómicas del área de estudio, esto con el propósito de hacer un acercamiento en las características de estos dos subcapítulos, los cuales se describen a continuación.

6.1 DIAGNÓSTICO FÍSICO BIÓTICO

En este subcapítulo se encontrará una descripción de las características físico-bióticas de la zona de estudio, las cuales fueron consultadas en estudios relacionados con la localización del área y las variables a caracterizar, por lo cual, se tomó gran parte de la información presentada en el estudio “estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño”⁶³ y la memoria explicativa de la plancha geológica 411 La Cruz, del estudio de INGEOMINAS⁶⁴.

6.1.1 Geología Descriptiva. Para adentrarse al contexto de la formación geológica del Complejo Volcánico Doña Juana (CVDJ), es preciso remitirnos al origen de la cordillera de los Andes, ramal centro-oriental al sur de Colombia, donde el plegamiento de las rocas sedimentarias y actividad volcánica, son producto de la subducción de la placa oceánica del Pacífico (Nazca) y la placa continental sudamericana que se originó durante el período Cretácico, mediante el proceso de tectónica de placas.

De acuerdo al POMA del Complejo Volcánico Doña Juana y Cerro Juanoy 2003, el “CVDJ y su área de influencia hacen parte del llamado Macizo Colombiano, también conocido como el Nudo de Almaguer, conformado por un intrincado conjunto montañoso. Geológicamente presenta afloramientos de rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias, que se extienden desde el Precámbrico hasta el Cuaternario, asociados a una alta complejidad estructural del sistema de fallamiento Cauca-Romeral”⁶⁵.

La existencia de dos volcanes activos en la zona de estudio como el Doña Juana y Ánimas, se encuentra estrechamente relacionada con grandes depósitos piroclásticos que han rellenado los valles de los ríos Mayo, Tajumbina y Chorrillo, éste último afluente del río Juanambú.

⁶³ UNIVERSIDAD DE NARIÑO. CORPONARIÑO. Op cit. Tomo2. 276 p.

⁶⁴ INGEOMINAS. Reconocimiento geológico regional de las planchas. 411 La Cruz, 412 San Juan de Villalobos, 430 Mocoa, 431 Piamonte, 448 Monopamba, 449 orito, 465 Churuyaco. Departamentos de Caquetá, Cauca, Huila, Nariño y Putumayo. Memoria explicativa. Bogotá D.C. 2003

⁶⁵ MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. CORPONARIÑO. CRC. CORPOAMAZONIA E IDEAM. plan de ordenamiento y manejo ambiental del complejo volcánico Doña Juana, cerró Juanoy y su área de influencia. Tomo II. Bogotá. 2003. p.1

Por otro lado, NARVÁEZ cita a STEIMLE Vorgelegt Uwe, quien dice que "...aparentemente el Volcán Doña Juana y sus vecinos surgieron hace 2 y 2.5 millones de años en el Plioceno, entre materiales de origen Precámbrico, Paleozoico y Cretácico..."⁶⁶; donde éste sistema de volcanes denominado Complejo Volcánico Doña Juana, es condicionado bajo el principal sistema de fallas como lo es el de Romeral para esta zona, siguiendo una dirección suroeste – noreste, y que además existen otros lineamientos perpendiculares en la dirección opuesta.

En una forma generalizada, el estudio del ESTADO DEL ARTE DE LA INFORMACIÓN BIOÍSCA Y SOCIOECONÓMICA DE LOS PÁRAMOS DE NARIÑO⁶⁷ describe que:

al nor-oriente del departamento de Nariño, el CVDJ, hace parte del terreno geológico de Cajamarca que está limitado hacia el norte por el sistema de fallas de Romeral y hacia el oriente por el sistema de fallas del occidente del Río Magdalena, INGEOMINAS 1983. Estratigráficamente está compuesto por intercalaciones de sedimentitas políticas, semíticas y calcáreas con derrames básicos; volcanoclásticas básicas metamorizadas en facies esquistos verde a anfíbolita.

Para el área de estudio que contiene un importante corredor de páramos, INGEOMINAS 1980, hacia el norte y occidente se localizan rocas volcánicas del Terciario Cuaternario conformadas por lavas de composición andesítica en o cerca de focos volcánicos; localmente lavas vítreas e intercalaciones de aglomerado volcánico y pumita, los cuales han sido originados posiblemente por flujos piroclásticos. La segunda formación de mayor extensión en este complejo de páramos es la correspondiente al complejo migmatítico de Nariño localizado hacia el sur; lo que corresponde a los cerros Machete de Doña Juana y Juanoy. INGEOMINAS 1980 concluye que esta formación consta de migmatitas con estructura homófona, astromática, schlieren y nebulítica, originadas por metasomatismos potásico de antiguas rocas metasedimentarias y metavolcánicas; Este proceso migmatizante es característico mundialmente del Proterozoico⁶⁸.

A continuación se mostrará de forma general las diferentes unidades geológicas que se encuentran presentes dentro del área de estudio y se observan en la figura 23. La mayor parte de esta información, ha sido tomada de la memoria explicativa del mapa geológico de La Cruz, plancha 411 INGEOMINAS⁶⁹ y de la transposición del área de estudio sobre el mapa topográfico y geológico de esta misma zona.

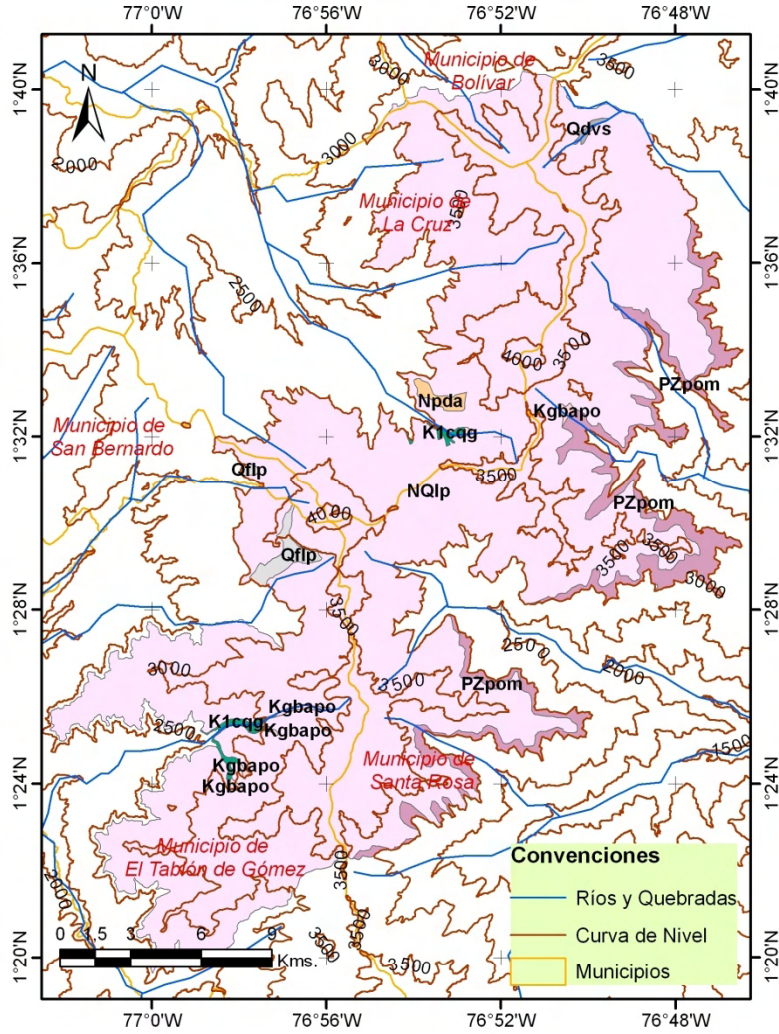
⁶⁶NARVAEZ, Germán. Estudio geográfico del volcán Doña Juana y su área adyacente. Bogotá DC, 1998. p.36.

⁶⁷ UNIVERSIDAD DE NARIÑO, CORPONARIÑO. Op. cit.

⁶⁸ Ibid. p. 40 y 41.

⁶⁹ INGEOMINAS. Op.cit., 264 p.

Figura 23: Mapa geológico del área de estudio



Periodos	Rocas Ígneas	R. Metamórficas	R. Sedimentarias
Cuaternario			■ Qdvs Depósitos Volcano-sedimentarios ■ Qflp Flujos de Lodo y Flujos Piroclásticos
Neógeno	■ NQlp Lavas y Piroclastos ■ Npda Pórfidos Dacíticos Andecíticos		
Cretácico	■ Kgbapo Gabros Aponte		■ K1cqq Complejo Quebradagrande
Paleozoico		■ PZpom Metamorfitas Pompeya	

Fuente: Esta investigación

6.1.1.1 Depósitos volcanosedimentarios (Qdvs). Estos depósitos pertenecen a la era del Cenozoico, al período del cuaternario y se encuentran en una pequeña proporción al norte de la zona de estudio, en el municipio de Santa Rosa (Cauca) cubriendo un área aproximada de 0.43 Kms²; equivalentes al 0.09% de la zona de estudio. Aunque la memoria explicativa no hace alusión de este depósito de acuerdo a la localización en la plancha 411, estos depósitos están "...conformados por un material areno arcilloso, de color blanco, con gran contenido de fragmentos volcánicos, feldespatos, cuarzo, minerales máficos, y cantos graníticos retrabajados. Es común encontrar intercalaciones de arenas tobáceas, con laminación inclinada suave, tobas riolíticas, gravas con guijarros ígneos y metamórficos, pumitas y cenizas de color gris, con fenocristales de cuarzo, feldespatos y anfíboles; minerales pesados y biotita, plagioclasaepidotizada y anfíboles..."⁷⁰.

6.1.1.2 Flujos de lodo y flujos piroclásticos (Qflp). Esta unidad geológica es originaria de la era del Cenozoico, del período Cuaternario y está conformada por rocas de origen volcánico y volcanosedimentarios.

Esta unidad se encuentra localizada en el flanco sur-occidental del Volcán Doña Juana, cubriendo un área aproximada de 2.94 Kms², representando el 0,62% del área de estudio

Estos depósitos en toda su extensión desarrolla una morfología plana, ligeramente inclinada hacia el SW, principalmente en el área en donde se sitúa el corregimiento de Las Mesas, pero a medida que se acerca al Volcán Doña Juana, ésta inclinación es más pronunciada.

Estos depósitos están conformados por "...acumulaciones muy potentes de más de 100mts de espesor, de intercalaciones de flujos de lodo, flujos hiperconcentrados, flujos de escombros y flujos piroclásticos y caídas de ceniza; todo el conjunto tiene color gris dominante y por lo regular están poco consolidados, dan lugar a una morfología plana con taludes muy verticales en los bordes; son fácilmente erosionables y de ellos se extrae material para construcción, principalmente arena y triturado..."⁷¹.

6.1.1.3 Lavas y piroclastos (NQlp). Estas lavas y Piroclastos pertenecen a la era del Cenozoico, al período del Neógeno. Son Rocas Ígneas, que para la zona de estudio, es la que se encuentra en mayor porcentaje a todas las demás unidades, cubriendo un área de 426.7 Kms². Esta unidad geológica pone en evidencia clara la influencia que ha tenido el Complejo Volcánico Doña Juana, en la conformación de los suelos del área de estudio, puesto que estos depósitos de NQlp están representando el 91.17% en el área de estudio.

Lavas y Piroclastos es la denominación que agrupa una gran cantidad de depósitos volcanosedimentarios, tanto flujos de lava como lahares y depósitos piroclásticos de flujo y caída, desarrollan una morfología irregular, generalmente ondulada y cuando

⁷⁰ Ibid., p. 149.

⁷¹ Ibid., p. 144.

hay abundancia de material piroclástico se suaviza la topografía; recubren diferentes tipos de rocas desde el Proterozoico hasta depósitos del Holoceno.

Gran parte de esta unidad está conformada por depósitos piroclásticos de flujo y caída que generalmente se presentan en avanzado estado de meteorización, que generan suelos arcillosos de color pardo, gris y blanco de diversas tonalidades; algunos de los depósitos piroclásticos tienen posiblemente composición riolítica y desarrollan material caolínico. Las lavas son de composición fundamentalmente andesítica, de color gris con diferentes tonalidades, textura afanítica y porfirítica⁷².

6.1.1.4 Pórfidos dacíticos – andesíticos (Npda). Son de la era del Cenozoico del período Neógeno y se derivan de las rocas ígneas. Se encuentran localizados entre la cuenca alta del Río Tajumbina y Quebrada Las Ánimas afluente del Río Mayo, al suroccidente del Volcán Ánimas. El porcentaje de cobertura dentro del área de estudio es de 0,26%, equivalentes a 1.26 Kms².

Esta unidad de Pórfidos Dacíticos – Andesíticos, que conforman stocks, desarrollan un relieve fuerte y forman cerros aislados que sobresalen decenas de metros con respecto al nivel circundante.

La gran mayoría de estos cuerpos están constituidos por rocas de composición dacítica, color gris con tonalidades verdes, textura porfirítica con abundantes fenocristales de plagioclasa de hasta 1 cm de longitud mayor, cuarzo y minerales máficos principalmente hornblenda, ocasionalmente biota y localmente pirita⁷³.

6.1.1.5 Metamorfitas pompeya (PZpom). Esta unidad pertenece a la era del Paleozoico y son del conjunto de rocas metamórficas. Se encuentran localizadas en el municipio de Santa Rosa (Cauca), bordeando el occidente del área de estudio, ocupando un sector de 29,01 Kms². Representando el 6,19% de la zona.

Metamorfitas Pompeya describe una secuencia de rocas metamórficas, principalmente esquistos; esta unidad está cubierta por flujos de lava y depósitos piroclásticos, por lo que las exposiciones sólo se encuentran en los cauces de los drenajes más profundos del área

Las rocas que constituyen la unidad tienen una mayor resistencia a la erosión, por consiguiente generan relieve que resalta en el terreno y forman escarpes de difícil acceso.

Las Metamorfitas Pompeya agrupan esquistos cuarzomíceos y esquistos cuarzosericíticos, de grano medio a fino muy fino, colores verde y gris, textura lepidoblástica esporádicamente bandas nematoblásticas a granoblásticas; están constituidos por cuarzo (70%) micas (20%) y plagioclasa (10%)⁷⁴.

⁷² Ibid., p. 141.

⁷³ Ibid., p. 140.

⁷⁴ Ibid., p. 61.

6.1.1.6 Complejo quebradagrande (k1cqq). Esta unidad pertenece a las Rocas Sedimentarias y se encuentra en la cuenca alta del Río Tajumbina, ocupando un área de 1.15 Kms² equivalente al 0.38% de la zona de estudio.

Esta formación se encuentra descrita en el estudio de la Universidad de Nariño, Corponariño⁷⁵, el cual cita a BOTERO 1963 quien define que:

“En el Departamento de Antioquia, se localiza en cercanías de la población de La Estrella, un conjunto de rocas volcánicas de composición intermedia a básica y rocas sedimentarias de edad Mesozoica. Esta descripción de Botero fue utilizada por INGEOMINAS & Geoestudios 2000 donde reportan estar constituidas por areniscas, grauvacas, limolitas, chert, brechas, tobas, basaltos amigdalares y almohadillados”⁷⁶.

6.1.1.7 Gabros aponte (Kgbapo). La caracterización de esta unidad, el estudio de la Universidad de Nariño, Corponariño 2006⁷⁷, citan a INGEOMINAS & Geoestudios 2000a, quienes asignaron este nombre y describen que “...estos depósitos corresponden a la era del Mesozoico al período del Cretácico. Pertenecen al conjunto de rocas ígneas y se encuentra expuesto en las cuencas altas de los ríos Aponte, Tajumbina y Platayaco...”.

Se encuentra presente con una extensión de 1.16 Kms², identificando el 0.24% dentro del área de estudio y su composición está conformada por “...gabros y dioritas de color negro y verde, textura fanerítica fina a media; mineralógicamente constan de plagioclasa, piroxeno, epidota y hornblenda...”⁷⁸.

6.1.2 Geomorfología. En el caso de las áreas montañosas, las geoformas juegan un papel muy importante puesto que el relieve no solamente influye o condiciona a los ecosistemas, sino que también influencia a las actividades humanas en diferentes formas.

La formación de estos sistemas montañosos para la zona de estudio, según el IDEAM 2003 “está conformada por aquellos espacios que fueron afectados directa o indirectamente por el hielo durante la última glaciación, los cuales generalmente se encuentran por encima de los 3000 m.s.n.m., aproximadamente”⁷⁹.

El estudio del estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño (2006), ha realizado una clasificación geomorfológica de los páramos de Nariño, que para este caso se tomará las unidades y conceptos que estén direccionados solamente hacia el CVDJ.

6.1.2.1 Modelado volcánico y glaciar reciente. Este tipo de geoformas se encuentran en los páramos de Doña Juana y Ánimas, y se caracterizan por agrupar

⁷⁵Ibid., p. 103.

⁷⁶Ibid., p. 103.

⁷⁷Ibid., p. 109.

⁷⁸Ibid., p. 109.

⁷⁹MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. CORPONARIÑO. CRC. CORPOAMAZONIA E IDEAM. Op. cit., p.40.

un variado conjunto de geoformas ligadas a depósitos y materiales generados en erupciones volcánicas, muchas de ellas de edad Holocénica. De manera simultánea, se hacen evidentes las formas derivadas de la acción modeladora de los glaciares y que se originaron en el Pleistoceno Superior, dando como resultado el surgimiento de valles, circos y depósitos glaciares especialmente en zonas con alturas superiores a los 3400 m.s.n.m.⁸⁰

6.1.2.2 Modelado volcánico y glaciar sub-reciente a antiguo y denudacional reciente.

Este conjunto de geoformas se encuentra presente para el cerro Petacas y se caracteriza por "...agrupar geoformas relacionadas con depósitos y materiales generados por erupciones volcánicas de edad Pleistocénica, las cuales fueron modeladas por la acción erosiva de los glaciares y que posteriormente fueron disectadas en diversos grados por efectos de las corrientes hídricas que se desarrollaron..."⁸¹.

Para la zona norte de Nariño, el estudio de la Universidad de Nariño, Corponariño⁸² ha elaborado una caracterización geomorfológica de todo el corredor de páramos, desde el Petacas hasta el cerro Juanoy; donde describe la existencia de tres elementos que condicionan el comportamiento geomorfológico del área.

- Condiciones climáticas pasadas que modelaron el relieve y que se relacionan directamente con el efecto modelador que la última glaciación produjo sobre las cumbres de las montañas donde se acumuló el hielo.
- Actividad volcánica (pasada y actual) que ha construido un relieve particular a partir de erupciones volcánicas especialmente en el páramo de Doña Juana y el Ánimas.
- Litología y tectónica (características geológicas) que se ve reflejada en una gran variedad de formaciones que han estructurado un relieve caracterizado por fuertes pendientes, suelos superficiales, procesos erosivos dinámicos y estrechos cañones.

El estudio del IDEAM 2003, ha clasificado las geoformas considerando las relaciones jerárquicas existentes entre éstas, su génesis y dinámica⁸³.

De lo anterior, el siguiente cuadro representa las características de las unidades geomorfológicas de la zona de estudio e involucra el cerro Juanoy.

⁸⁰Ibid., p. 39 y 40.

⁸¹Ibid., p. 40.

⁸²UNIVERSIDAD DE NARIÑO. CORPONARIÑO., Op. cit.

⁸³Ibid., p. 44

Cuadro 5: Características de las unidades geomorfológicas

Geosistema	Sistema Morfogénico	Unidad	Procesos Morfodinámicos	Localización
Estructural	Vertientes en rocas metamórficas	Afloramiento de esquistos	Desprendimiento de bloques y escurrimiento concentrado	S y W del cerro Juanoy
Glaciar heredado	Valles y escarpes	Escarpes y valles	Escurrimiento difuso y concentrado muy lento	Parte alta de los cerros Petacas, Juanoy y el páramo Machete de Doña Juana
		Morrenas laterales		
		Morrenas de fondo		
Volcánico	Estratovolcán	Complejo de domos dacíticos	Escurrimiento difuso y concentrado con desprendimientos de roca	Cumbre de Doña Juana y Ánimas
		Borde caldérico		Flancos W, N y E del volcán Doña Juana y flancos N y W del volcán Ánimas
		Edificio volcánico actual		
		Flujo de lava cordada		
		Flujo de lava blocosa		
		Flujos de lava y piroclastos sin diferenciar		
		Campos de ceniza		W del complejo volcánico Doña Juana
	Escarpes en lavas antiguas	NW y W del volcán Ánimas y Petacas y W del volcán Doña Juana		
	Flujos ignimbríticos	Relictos de terrazas ignimbríticas	Escurrimiento difuso y concentrado y reptación	W del complejo volcánico Doña Juana
		Terrazas ignimbríticas		
Cañones	Cañones en flujos ignimbríticos o piroclásticos	Escurrimiento difuso y concentrado	W del volcán Doña Juana y Ánimas	

Fuente: IDEAM 2003 Tomado de Universidad de Nariño, Corponariño. 2006.

De acuerdo a la información que presenta el Cuadro No. 5; la caracterización de cada uno de los geosistemas presentados a continuación, se describen en el estudio de la Universidad de Nariño, Corponariño⁸⁴, el cual en las tres situaciones cita al IDEAM 2003 de la siguiente manera:

- **Geosistema glaciar heredado.** De acuerdo al IDEAM 2003, esta macrounidad incluye “los sistemas morfogénicos que fueron afectados por las acciones glaciares y glaciales directas o indirectas, es decir las áreas ubicadas por encima de los 3000 m.s.n.m. (+/- 200 m) que estuvieron ocupadas por el hielo durante la última glaciación. Posteriormente a la máxima extensión del hielo durante la última glaciación (hace aproximadamente 35000 A.P.), se inició el retiro paulatino de las masas de hielo dejando geofomas propias de la dinámica glaciar con circos, valles en U, morrenas etc.” Estas geofomas mencionadas anteriormente se pueden identificar principalmente en el cerro Petacas, volcán Doña Juana, Machete de Doña Juana y cerro Juanoy.
- **Geosistema volcánico.** A este geosistema corresponden los volcanes activos de Doña Juana y Ánimas, así como estructuras volcánicas antiguas cuya probabilidad de reactivación se considera casi nula y que están integradas por los cerros Petacas y Juanoy. Estas últimas se encuentran muy erosionadas por la acción del hielo y la escorrentía. En relación con los estratovolcanes, al IDEAM 2003, incluye: los domos; bordes caldericos; edificios volcánicos de Las Ánimas y Doña Juana; cráteres actuales y sub-recientes; y flujos proximales de lava cordada, blocosa, brechítica e

⁸⁴ Ibid. p. 45 y 46.

indiferenciada. Estas geofomas se encuentran rodeando el volcán Doña Juana y concentradas hacia el occidente del volcán Ánimas.

Respecto a los flujos ignimbríticos, geomorfológicamente se encuentran asociados a mesetas con vertientes de pendientes largas y suaves en dirección noreste. Teniendo en cuenta el criterio de grado de disección, se han propuesto las siguientes unidades: relictos de terraza ignimbrítica denominada así por sus características de fuerte disección y cuya formación litológica corresponde con flujos ignimbríticos antiguos; terrazas ignimbríticas de igual composición que la anterior pero menos disectada y mejor estado de conservación morfológica.

- **Geosistema estructural.** Es definido por el IDEAM 2003, como una porción de territorio donde el modelado del relieve es predominante de tipo estructural (tectónica y litología) debido a que está asociado a las manifestaciones de fallamiento regional, predominantemente norte-sur.

Para la zona de páramos, únicamente se identifica el sistema de vertientes en rocas metamórficas (afloramientos de esquistos), el cual se extiende hacia el sur por los flancos del cerro Juanoy. Esta unidad corresponde a afloramientos de macizos rocosos altamente triturados según los planos de esquistosidad, lo cual genera caída de rocas en vertientes⁸⁵.

Por otro lado, en el estudio de NARVAEZ⁸⁶, cita a STEIMLE 1989 quien divide la evolución geológica del Volcán Doña Juana en cuatro etapas muy importantes así.

Primera etapa: la actividad en la región del Doña Juana empieza en el Plioceno medio, hace 2 a 2.5 millones de años. Esta etapa se caracterizó por erupciones efusivas altamente fluidas y flujos de lava básica (variando de tipo basalto a lava andesítica).

Segunda etapa: extrusión de domos de lava andesítica y viscosa, formando diferentes conos volcánicos en el área del Volcán Doña Juana. Erupciones explosivas de rocas piroclásticas medianamente ácidas, que formaron grandes extensiones de ignimbritas que cubrieron inmensas áreas, con antelación a la formación de estratovolcanes como el Doña Juana. Estos eventos sucedieron en el Pleistoceno temprano hace 1.5 millones de años; como un estratovolcán joven, el Doña Juana pudo tener una altura de 4800 a 5000 m.s.n.m.

Tercera etapa: durante un largo período de reposo en el Pleistoceno, la red de drenaje establecida disecta profundamente la plataforma de Ignimbrita bajando hasta el nivel del basamento metamórfico.

Cuarta etapa: Steimle para esta cuarta etapa propone tres fases para dar explicación al estado actual del volcán.

- Fase de caldera I: el aumento del magma rico en gas y SiO₂ altamente viscoso, conjuntamente con el incremento de presión sobre las rocas del techo hace 4500 años llevo a exceder la presión del gas y del material y causó una erupción explosiva de

⁸⁵ Ibid., p. 45 y 46.

⁸⁶ NARVAEZ, Op. cit. 120 p.

magnitud cataclísmica. El flanco nor-oriental del Doña Juana fue destruido, produciendo una caldera en forma de herradura de 4 Kms. de ancho. Los grandes flujos volcano-clásticos descendieron por el norte, rellenando la antigua red de drenaje.

- Fase Post-caldera I: después de la extrusión de domos, la lava viscosa formó un cono en el cráter colapsado. Sin embargo debido a la inestabilidad gravitacional, los flancos de este cono se fracturaban repetidamente y crearon flujos calientes de roca.
- Fase caldera II: en algún punto en el tiempo entre hace 4500 años y 1897 fecha de la última reactivación, un evento de magnitud comparable al de la Fase Caldera I destruyó esta vez el flanco sur-occidental y condujo a la formación del actual cráter sub-reciente (relictual). Los productos de este flujo fueron hacia el valle del Río Resina, y posteriormente al Juanambú. Esta estructura está abierta hacia el sur-oriental y sus dimensiones interiores son de 2 x 3 Kms.
- Fase Post-caldera II: nuevamente un complejo de domos de lava extruyen desde el interior de este gran cráter, formando el actual cono central. Entre 1897 y 1906 el Doña Juana se reactivó y su explosión más violenta ocurrió el 13 de noviembre de 1899 muriendo cerca de 60 personas por caída de rocas incandescentes. Posteriormente en 1936 un temblor causó un gran deslizamiento en el flanco occidental del volcán muriendo otras 18 personas. Su estado hasta ahora ha variado de moderada actividad fumarólica hasta 1989 y posteriormente con solfataras⁸⁷.

6.1.3 Climatología. El estudio del estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño⁸⁸, toma el concepto de Eslava 1993, quien define el clima como "...el estado medio de la atmosfera representado por el conjunto de elementos y fenómenos meteorológicos referidos a un período determinado y suficientemente largo, sus variaciones y el desarrollo normal del tiempo en el transcurso del año en un área determinada, es decir, el clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y las evoluciones del tiempo en una porción determinada del espacio...".

Uno de los condicionantes para caracterizar el clima en el área de estudio, es la escasa información que hay; partiendo de que, en Colombia la mayor parte de la red de estaciones hidroclimáticas conjuntamente con las bases de datos son administradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), entidad encargada del seguimiento de los estudios y el clima de nuestro país. Aunque la cobertura de la red es suficientemente densa para hacer estudios de magnitud nacional y regional, ésta se encuentra limitada para estudios puntuales como lo es el del Complejo Volcánico Doña Juana (zona de páramos).

En Colombia y especialmente en el departamento de Nariño existen muy pocas estaciones ubicadas en áreas de páramo, de las cuales, una de ellas es el caso de la estación pluviométrica de Chiles ubicada a 3100 m.s.n.m. en el municipio de Cumbal y la

⁸⁷ Ibid., p. 38 – 40.

⁸⁸ UNIVERSIDAD DE NARIÑO, CORPONARIÑO. Op. cit., p. 24.

estación climatológica de El Paraíso que se encuentra a una altura de 3120 m.s.n.m. en el municipio de Túquerres.

Para esta descripción climática del área de estudio y teniendo en cuenta la ausencia de estaciones para éstas zonas, no es posible hacer una caracterización lo suficientemente detallada, por consiguiente, será más bien algo generalizada.

Una pequeña parte de la información que se dará a continuación ha sido basada en el Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental (POMA) del Complejo Volcánico Doña Juana, cerro Juanoy y su Área de Influencia 2003⁸⁹ y gran parte se ha tomado del estudio del Estado del Arte de la Información Biofísica y Socioeconómica de los Páramos de Nariño⁹⁰.

La localización del área de estudio, al igual que la mayoría de los páramos del mundo se encuentra en una posición latitudinal ecuatorial. Esto implica que climatológicamente estas áreas se encuentran influenciadas directamente con una radiación solar constante durante todo el año. Esta radiación solar recibida durante todo el año va a condicionar el comportamiento de variables atmosféricas como el viento, la presión atmosférica, la temperatura, la humedad, la evaporación y la precipitación.

De lo anterior es necesario resaltar el importante papel que juega la zona de convergencia intertropical (ZCIT) en la distribución espacial y temporal de las lluvias en el CVDJ. El estudio de la Universidad de Nariño y Corponariño 2006⁹¹, menciona a Eslava 1994, quien describe que la (ZCIT), "...es una zona de la atmosfera en la que confluyen dos masas de aire con baja presión relativa. Esta zona, y las masas de aire que confluyen en ella, se desplaza con respecto al ecuador, siguiendo el movimiento aparente del sol con un retraso de 5 a 6 semanas y una amplitud latitudinal media, aproximada, de 20° en África, 30° en Asia y 20° en América...".

El CVDJ se encuentra influenciado principalmente por los vientos alisios del S-E, de manera que cuando la zona de confluencia intertropical se encuentra desplazada hacia el norte del ecuador, es cuando se muestran los mayores valores de velocidad entre los meses de Julio y Septiembre. Estas masas de aire por ser superficiales, recogen una cantidad de humedad significativa al pasar sobre la amazonia colombiana y ecuatoriana, descargándola sobre la vertiente oriental de la cordillera centro-oriental, generando precipitaciones que pueden alcanzar valores de 5000 mm anuales en el piedemonte andino amazónico. Cuando estas mismas masas de aire alcanzan a cruzar los umbrales de las cimas de la cordillera centro-oriental, pasan hacia el flanco occidental del de la cordillera siendo unas masas de aire frías pero secas como se lo muestra en la figura 24.

⁸⁹ CORPONARIÑO, CRC, CORPOAMAZONIA E IDEAM. Op. Cit.

⁹⁰ UNIVERSIDAD DE NARIÑO, CORPONARIÑO, Op cit., p. 24 - 39

⁹¹ Ibid., p. 26.

Figura 24: Circulación atmosférica y distribución de lluvias en el complejo volcánico Doña Juana.



Fuente: Narváez 2006 y Universidad de Nariño, Corponariño 2006.

De lo anterior se puede concluir que la vertiente oriental del CVDJ es más húmeda que la occidental; razón que se explica por la influencia amazónica que existe sobre esta vertiente.

Por otro lado, en la vertiente andino pacífica sucede un fenómeno muy similar a la vertiente oriental; donde las masas de aire provenientes del pacífico descargan gran parte de su humedad al chocar contra el flanco occidental de la cordillera occidental. Esta humedad crea zonas de precipitación que pueden alcanzar valores de hasta 8000 mm anuales.

De igual forma como sucede la dinámica entre las masas de aire y la cordillera centro-oriental, así es el comportamiento de las masas de aire del pacífico con la cordillera occidental. Estas dan como resultado una zona de condiciones atmosféricas secas entre las dos cordilleras. Por este fenómeno, dicha zona es denominada como el valle seco del Patía.

Este fenómeno producto de la relación entre relieve, circulación del aire y distribución de precipitación, demuestra la afirmación de Hofstede et al 2003⁹² al describir que en las vertientes de las cordilleras de sotavento (lado protegido del viento) las precipitaciones son menores que en las de barlovento (lado expuesto al viento). En barlovento, las corrientes de aire se elevan al chocar contra la montaña, se enfrían y se condensan, lo que da como resultado abundante nubosidad y precipitación. Estos fenómenos son los que condicionan las vertientes húmedas y vertientes secas.

⁹² HOFSTEDE, Robert. SEGARA, Pool y MENA VÁSCONEZ, Patricio. (Editores). Los páramos del mundo. Proyecto atlas mundial de los páramos. Global PeatlandInitiative/NC-IUCN/Eco Ciencia. Quito, 2003. Citado por CORPONARIÑO, UNIVERSIDAD DE NARIÑO. estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño. Tomo2, Pasto 2006. p. 27.

El Cuadro 6 que se presenta a continuación, contiene las estaciones climatológicas y pluviométricas más cercanas a la zona de estudio; dado que la disponibilidad de estaciones para la zona de estudio es muy limitada, es a partir de estas que se hará un acercamiento a las descripciones generales que permitan dar indicios acerca del comportamiento climático del CVDJ.

Cuadro 6: Estaciones climatológicas y pluviométricas más cercanas a la zona de estudio

Información	Nombre Estaciones								
	Los Milagros	San Bernardo	Santa Rosa	Cascabel	Presa Hidromayo	La Unión	Hidromayo Campamento	La Cruz	Aponte
Código	5202502	5204503	4401010	4401016	5203002	5203003	5203006	5203009	5204005
Tipo	CO	CO	PG	PG	PM	PM	PM	PM	PM
Municipio	Bolívar	San Bernardo	Santa Rosa	Santa Rosa	Colón	La Unión	Colón	La Cruz	El Tablón
Departamento	Cauca	Nariño	Cauca	Cauca	Nariño	Nariño	Nariño	Nariño	Nariño
Corriente	Sambingo	Juanambú	Caquetá	Cascabel	Mayo	Mayo	Mayo	Mayo	Juanambú
Latitud	2°11'	1°33'	1°42'	1°26'	1°39'	1°35'	1°40'	1°36'	1°24'
Longitud	76°45'	77°01'	76°34'	76°38'	77°00'	77°09'	77°01'	76°58'	77°02'
Altura	1946	2305	1767	740	1770	2021	1820	2575	1800
Período	1986 2005	1986 2005	1987 2005	1998 2005	1987 2005	1987 2005	1987 2005	1987 2005	1987 2005

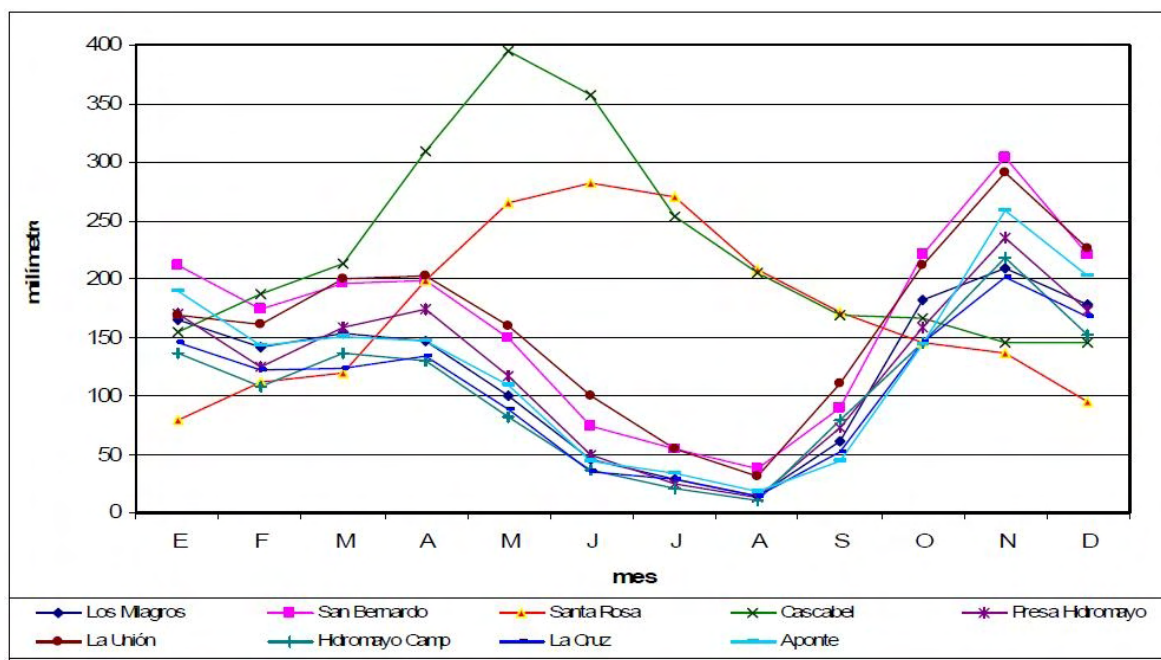
Fuente: Universidad de Nariño, Corponariño. (2006)

6.1.3.1 Precipitación. Tomando la variable de precipitación total de las nueve estaciones de referencia, el comportamiento durante los doce meses del año se puede observar en la Figura 25. En esta se muestra un régimen pluviométrico bimodal, con dos períodos secos y dos períodos lluviosos durante el año. Aunque tanto los períodos lluviosos como los secos no tienen la misma intensidad, el segundo período de lluvias que se extiende entre los meses de octubre y diciembre es más intenso que el que se presenta entre los meses de marzo y mayo. Por otro lado, la época seca de mitad del año que está dada entre julio y septiembre, es más extensa y fuerte que la presente en el mes de febrero. Este régimen bimodal evidencia la influencia de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) en la región. De esta manera, cuando la ZCIT se desplaza hacia el norte, produce en la región el primer período lluvioso del año; luego, al desplazarse nuevamente hacia el sur, condiciona el segundo período lluvioso a finales del año.

Además se observan dos estaciones con un régimen monomodal, mostrando un solo período de lluvias muy fuerte en el año y otro período con disminución significativa. Estas estaciones corresponden a las de Santa Rosa y Cascabel, ubicadas sobre la vertiente oriental de la cordillera centro-oriental, en la Bota Cauca. Dicho período de lluvias fuerte se presenta entre los meses de abril y agosto, mientras que el período de menor precipitación se desarrolla en los meses de noviembre hasta febrero. Para esta zona, así como la ZCIT permite el desarrollo de lluvias, existe un fenómeno de convección orográfica que condiciona el establecimiento de un período lluvioso más intenso debido al choque de los vientos alisios del sureste contra el flanco oriental de la cordillera. Estos vientos recogen humedad de la región amazónica y al chocar contra la cordillera se ven forzados a ascender. Estas masas de aire con gran contenido de humedad se condensan debido a la disminución de temperatura con la altura y generan un cinturón de nubes de lluvia en toda la vertiente oriental, lo cual

hace que esta zona sea mayormente más húmeda que la presente en el frente de sotavento del lado occidental de la cordillera⁹³.

Figura 25: Precipitación total mensual en zonas de influencia del complejo volcánico Doña Juana - Cascabel



Fuente: IDEAM 2006 tomado de. Universidad de Nariño, Corponariño. (2006).

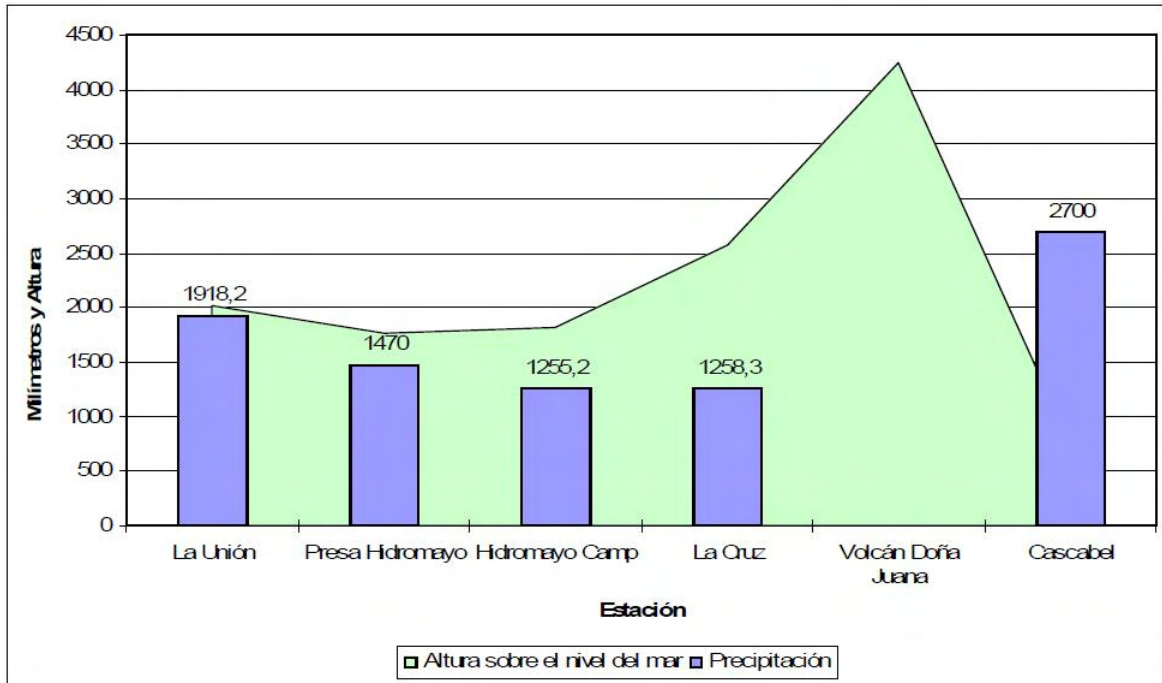
La figura 26 muestra la variación espacial de la precipitación en función de la circulación de los vientos y pone en evidencia clara que el lado oriental del complejo volcánico es más húmedo que el lado occidental del mismo; dado que, la influencia de las masas cálidas y secas provenientes del valle seco del Patía que ascienden por los cañones de los ríos Mayo y Juanambú, van depositando la escasa humedad que han recogido en su trayecto y aunque la humedad del aire tiende a aumentar con la altura, no se muestra así.

Mientras que en el sector oriental del CVDJ (barlovento – Bota Caucana) la precipitación alcanza los 2700 mm anuales en la estación de Cascabel, en el costado de sotavento la precipitación se disminuye a un poco menos de la mitad que en barlovento (1258 mm anuales en La Cruz)⁹⁴.

⁹³ UNIVERSIDAD DE NARIÑO. CORPONARIÑO. Op. cit., p. 29 y 30.

⁹⁴ Ibid., p. 31.

Figura 26: Variación espacial de la precipitación total anual entre el valle de río Mayo y el Cascabel



Fuente: IDEAM 2006. Tomado de. Universidad de Nariño, Corponariño (2006)

En conclusión, para el CVDJ se puede decir que las áreas más lluviosas se presentan hacia el flanco oriental, influenciado por los vientos alisios con humedad proveniente de la amazonia; y el flanco occidental del complejo, muestra diversos valores registrando las áreas más secas en La Cruz (1258 mm), Hidromayo Campamento (1255 mm) y Presa Hidromayo (1470 mm).

6.1.3.2 Viento. Debido que para la zona de estudio no se posee registros de velocidad y dirección del viento, en general se puede concluir que, los vientos predominantes en el flanco oriental del complejo volcánico son los vientos alisios del sureste; los cuales, en los meses de julio y septiembre es cuando más fuerza cobran trasportando humedad de la región amazónica, generando cinturones de nubes orográficas en la vertiente oriental del CVDJ. Aunque estos vientos son superficiales y cuando logran cruzar la divisoria de aguas su contenido de humedad es bastante reducido, es por esta razón que no determinan la ocurrencia de lluvias en este sector, aunque la distribución de humedad en sotavento si se ve afectada.

Por el flanco occidental del complejo volcánico existen dos corrientes de aire que son influenciadas y direccionadas por el relieve que pertenecen a las de los ríos Mayo y Juanambú. Estas masas de aire que se desplazan son cálidas y secas que condicionan los corredores de estos cañones a una tendencia seca.

Estas corrientes de acuerdo a Narváez 1998⁹⁵, “configuran en los cañones un efecto chimenea el cual condiciona las características de tendencia seca a lo largo de los cañones de los ríos Mayo y Juanambú”.

6.1.3.3 Temperatura. Las condiciones de temperatura en el CVDJ son muy similares en toda la zona de estudio, de acuerdo a la descripción que hace NARVAEZ 1998⁹⁶ donde concluye que para el Volcán Doña Juana, en las áreas superiores a los 2900 y 3000 m.s.n.m., “...las condiciones de frío son extremas en las noches de época seca especialmente entre Junio y Agosto, debido a que la radiación solar que existe en el día, es emitida totalmente por la noche disminuyendo la temperatura del suelo. Es además un cinturón de condensación de los vientos alisios y las corrientes que ascienden por los flancos del volcán...”.

Por otro lado el estudio de La Universidad de Nariño, Corponariño 2006⁹⁷, cita al IGAC 1986, quien establece dos áreas climáticas.

“La primera área que se encuentra distribuida altitudinalmente entre los 3600 y los 4200 m.s.n.m. con temperaturas que fluctúan entre los 6°C y 8°C, mientras que la segunda área se ubica entre los 3200 y 3600 m.s.n.m., con temperaturas que oscilan entre los 6°C y 10°C correspondiendo principalmente a las zonas de transición denominadas subpáramo”.

Además, como se mencionó anteriormente, la información de estaciones para el área de estudio es muy poca por lo que el estudio de la Universidad de Nariño, Corponariño 2006⁹⁸ utilizó las estaciones de Los Milagros y San Bernardo para caracterizar de una forma muy general el comportamiento de esta variable en la zona norte y occidental de los páramos del nororiente de Nariño, así que se tomara estas referencias de estaciones para hacer un acercamiento al comportamiento de algunas variables, puesto el CVDJ involucra estas áreas de páramo.

El estudio realizado por la Universidad de Nariño, Corponariño 2006⁹⁹, cita al IDEAM 2003, el cual afirma que “...el gradiente de térmico aproximado para esta zona del departamento es de 0.53° C por cada 100mts. Lo cual indica que hay una fuerte influencia de los procesos convectivos que generan condensación del aire, de manera que, el gradiente no es tan elevado en la zona así que los procesos de condensación del aire permiten conservar una parte del calor (calor latente) motivo por el cual a medida que se asciende la temperatura no disminuye de manera significativa sino pausadamente...”.

En la figura 27 se puede observar que la oscilación anual de la temperatura es baja, su variación es de 1.5° C durante el año para las dos estaciones de referencia, y además no se observa un régimen bien definido para las dos estaciones.

⁹⁵ NARVAEZ. Op. cit., p. 46.

⁹⁶ Ibid., p. 46

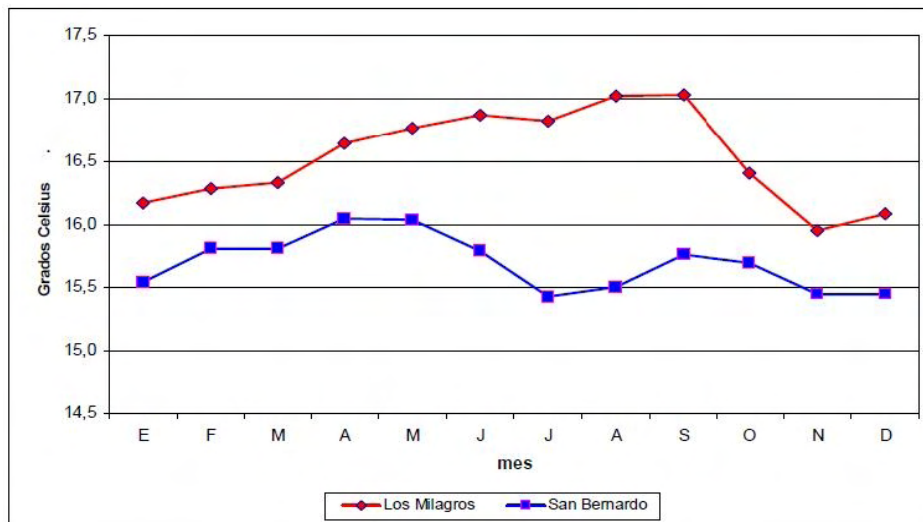
⁹⁷ UNIVERSIDAD DE NARIÑO. CORPONARIÑO. 2006. Op. cit., p28.

⁹⁸ Ibid., p. 34.

⁹⁹ Ibid., p. 34.

Para la estación de San Bernardo las temperaturas medias con mayor valor han sido registradas para los meses de Abril y Mayo mientras que para la estación de Los Milagros son en Agosto y Septiembre; los meses relativamente más fríos se destacan en Julio, Noviembre y Diciembre para la estación de San Bernardo y para la de Los Milagros se muestran en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero. Este comportamiento poco constante se encuentra mediado por el régimen de las temperaturas máximas y mínimas durante el año.

Figura 27: Temperatura media mensual en la zona de influencia del complejo volcánico Doña Juana - Cascabel



FUENTE: IDEAM 2006. Tomado de. Universidad de Nariño, Corponariño. (2006)

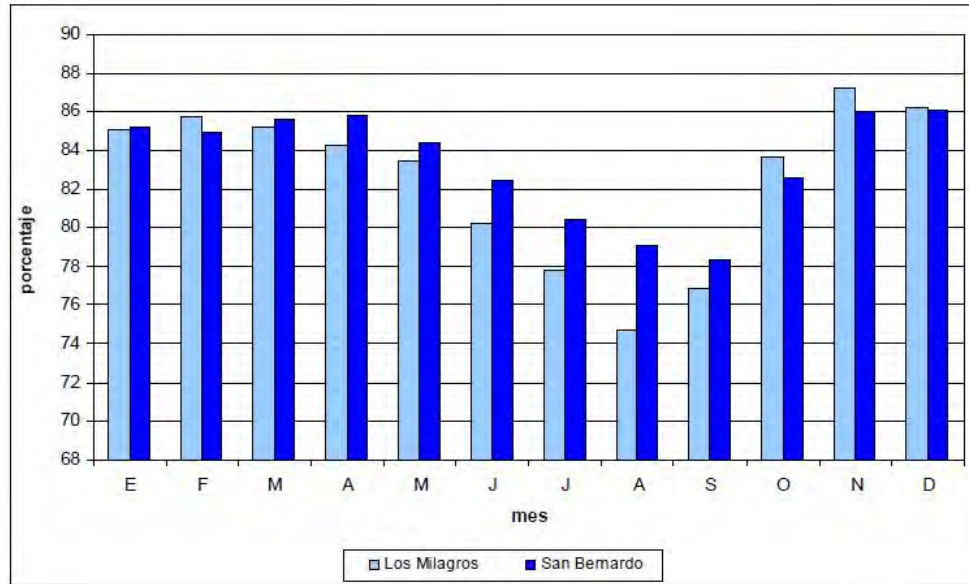
6.1.3.4 Humedad Relativa. Según el estudio anteriormente mencionado, "...la distribución anual de la humedad del aire es bastante similar a la que presenta la precipitación, aunque es más notoria la época seca que se presenta entre los meses de Julio y septiembre, lo cual estos valores oscilan entre 82% y 78% para la estación de San Bernardo, y 78% y 74% para la estación de Los Milagros; así como el período más húmedo se extiende en los meses de Noviembre y Diciembre. Lo mencionado anteriormente lo podemos observar en la figura No.28 con las dos estaciones de referencia...".

Se puede concluir que hacia el occidente del complejo volcánico el aire es ligeramente más húmedo (83.4%) que hacia el norte (82.5%); además es muy probable que hacia la zona de influencia oriental del Complejo, la humedad podría oscilar entre el 88% y el 92% debido a las condiciones atmosféricas planteadas anteriormente.

Por otro lado las características de humedad de la cuenca alta del río Juanambú así también como las del río Mayo, son algo mayores a la existente en la cuenca alta del río Sambingo (Límite norte del área de estudio), donde la humedad relativa disminuye

significativamente en época seca, debido quizás a la fuerte influencia de las masas de aire cálidas y secas del valle del río Patía.

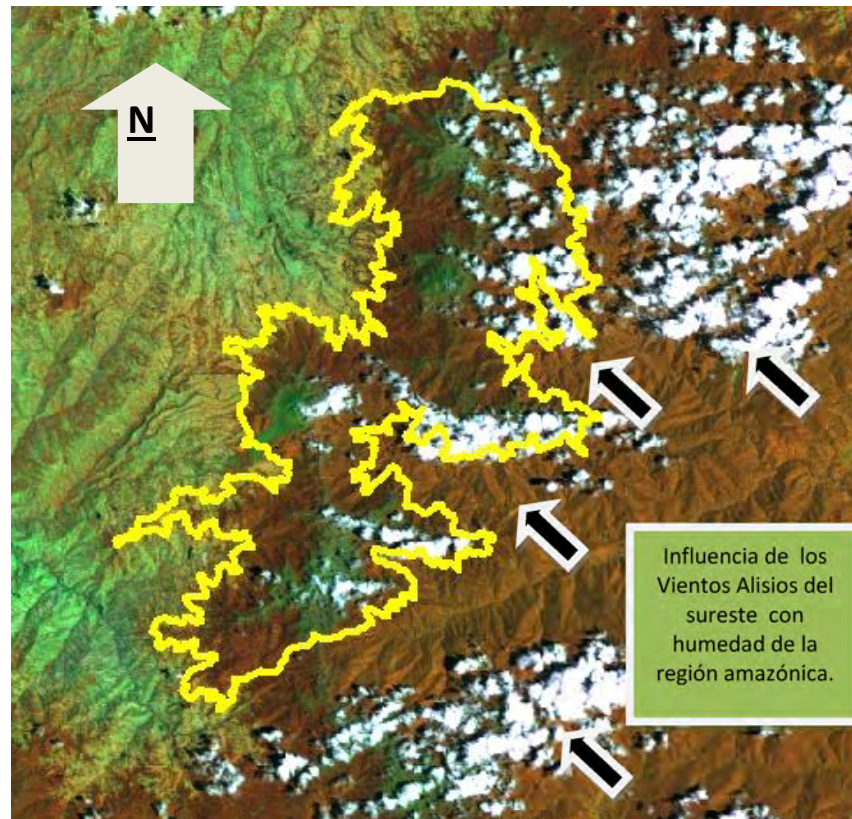
Figura 28: Humedad relativa en la zona de influencia del complejo volcánico Doña Juana – Cascabel



Fuente: IDEAM 2006 Citado por Universidad de Nariño, Corponariño. 2006

Hacia el flanco oriental del complejo volcánico la humedad del aire, es de suponer que sea significativamente mayor; si bien se sabe que este flanco es influenciado por las masas de aire húmedas de la región amazónica y por no disponer de registros de esta variable para este sector, la figura 29 permite observar los cinturones nubosos hacia el oriente del área de estudio (línea de color amarillo), donde es de suponer que por encima de los 3000 m.s.n.m. el aire permanezca saturado de humedad durante la mayor parte del tiempo, originando alta frecuencia de nieblas propias de los páramos húmedos.

Figura No 29: Influencia de masas de aire húmedas en el sector oriental de la zona de estudio



Fuente: Este estudio. Imagen Landsat Path9 Row59. 2002

6.1.3.5 Brillo Solar. De acuerdo al estudio de la Universidad de Nariño, Corponariño 2006¹⁰⁰, el comportamiento del brillo solar se muestra inverso a la precipitación total mensual y la humedad relativa, pues existen dos temporadas de mayor insolación directa que se presentan entre los meses de Febrero a Abril y Octubre a Noviembre.

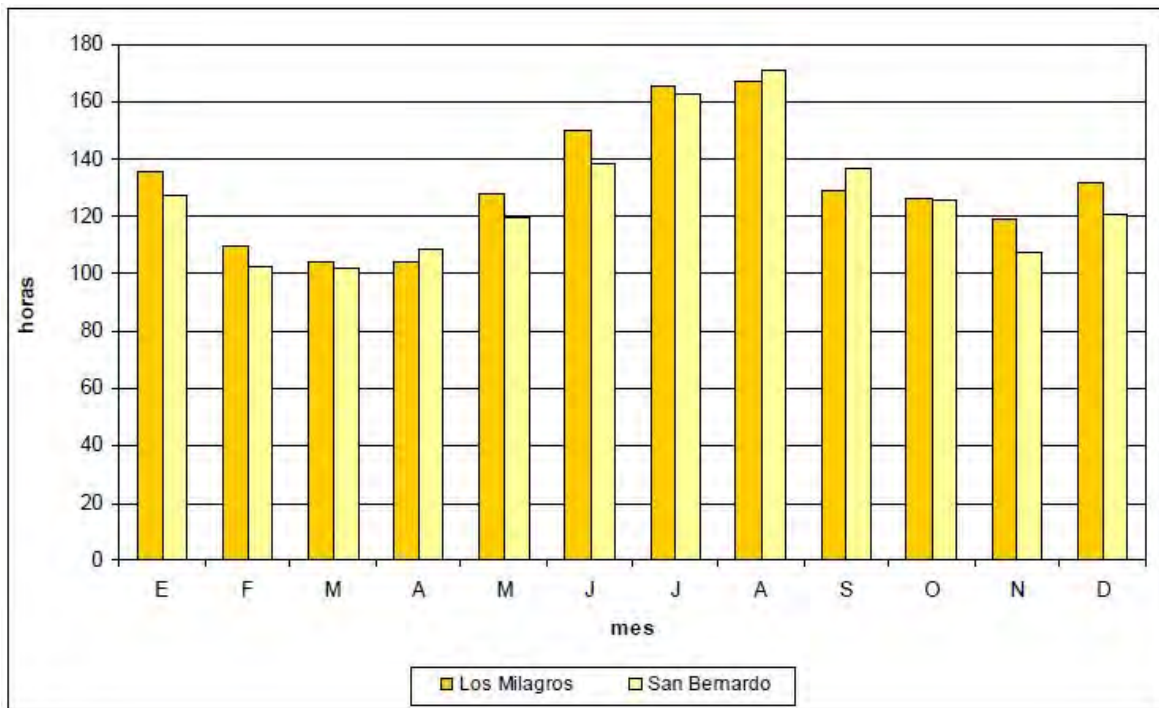
Por alguna razón no existe concordancia entre el comportamiento de la variable Brillo Solar y las temperaturas máximas y esto se puede deber a que en los meses de mayor insolación también se presentan fuertes vientos durante el día que generan un efecto de refrigeración en el aire.

En la figura 30 se puede observar que para la estación de Los Milagros los meses donde se registró los mayores valores de insolación en horas fueron Julio con 164 horas y agosto con 165 horas y los de menor insolación Marzo y Abril con 104 horas aproximadamente; Para la estación de San Bernardo los meses con mayor insolación

¹⁰⁰ Ibid., p. 37 y 38.

fueron en los meses de Julio con 162 horas y Agosto con 170 horas y los de menor insolación fueron Febrero y Marzo con 102 horas aproximadamente.

Figura 30: Brillo solar en la zona de influencia del complejo volcánico Doña Juana - Cascabel



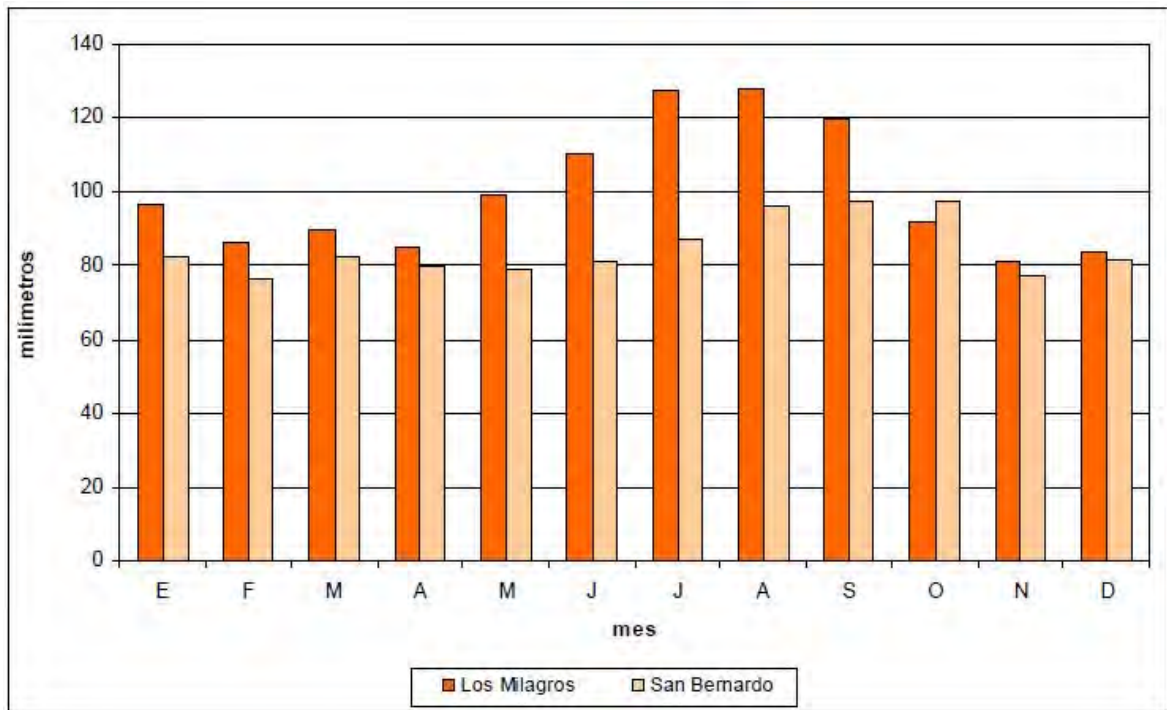
Fuente: IDEAM 2006. Citado por Universidad de Nariño, Corponariño 2006

6.1.3.6 Evaporación. De acuerdo al estudio Universidad de Nariño, Corponariño 2006¹⁰¹, se puede observar en la figura 31 que "...mientras que en la estación de San Bernardo la evaporación tiene un máximo de 97.4 mm en septiembre y un mínimo de 76.7 mm. en febrero, (oscilación de 20.7mm.), en Los Milagros la oscilación de esta variable es mucho mayor, siendo de 47.2 mm la diferencia entre el mes con mayor evaporación (Agosto) y el de menor evaporación (Noviembre). Lo cual significa que en la estación de Los Milagros (zona de influencia norte del complejo volcánico) existen mayores posibilidades de presentar déficit hídricos que hacia las cuencas altas de los ríos Mayo y Juanambú; al realizar la comparación de las variables evaporación con los de precipitación, se encuentra que mientras en San Bernardo llueven 1929 mm. y se evaporan (en el tanque de evaporación no en la superficie del suelo) 1017 mm. en Los Milagros caen 1425 mm.de lluvia y se evaporan 1198 mm. En conclusión llueve más y se evapora menos agua en San Bernardo que en Los Milagros. Estas relaciones solo confirman que en el

¹⁰¹ Ibid., p. 38.

norte del complejo volcánico Doña Juana existe una mayor disposición climática a que esta zona sea afectada por condiciones de tendencia seca...”¹⁰².

Figura 31: Evaporación en la zona de influencia del complejo volcánico Doña Juana - Cascabel



Fuente: IDEAM 2006 Tomado de Universidad de Nariño, Corponariño 2006

5.1.3.7 Nubosidad. Este parámetro atmosférico posiblemente es el que menos variabilidad presenta, puesto que según el estudio de Universidad de Nariño, Corponariño 2006¹⁰³ “tanto para la estación de Los Milagros como para la de San Bernardo, la media de nubosidad durante el año es de seis octas. La mayor parte de los meses esta variable se mantiene con este valor y solamente para la estación de Los Milagros, la nubosidad desciende a cinco octas en los meses de agosto y septiembre”.

6.1.4 Hidrografía e Hidrología. Para la caracterización hidrográfica, el IDEAM 2003¹⁰⁴ hace una descripción generalizada, donde identifica al Macizo Colombiano como “...Estrella Orográfica Colombiana y Estrella Fluvial Colombiana. Esta última denominación la recibe porque en él se originan cinco de las arterias fluviales de mayor relevancia para el país: Magdalena, Caquetá, Cauca, Putumayo y Patía. Las cuencas de

¹⁰² Ibid., p. 38.

¹⁰³ Ibid., p. 38 y 39.

¹⁰⁴ IDEAM. Op cit., p. 43.

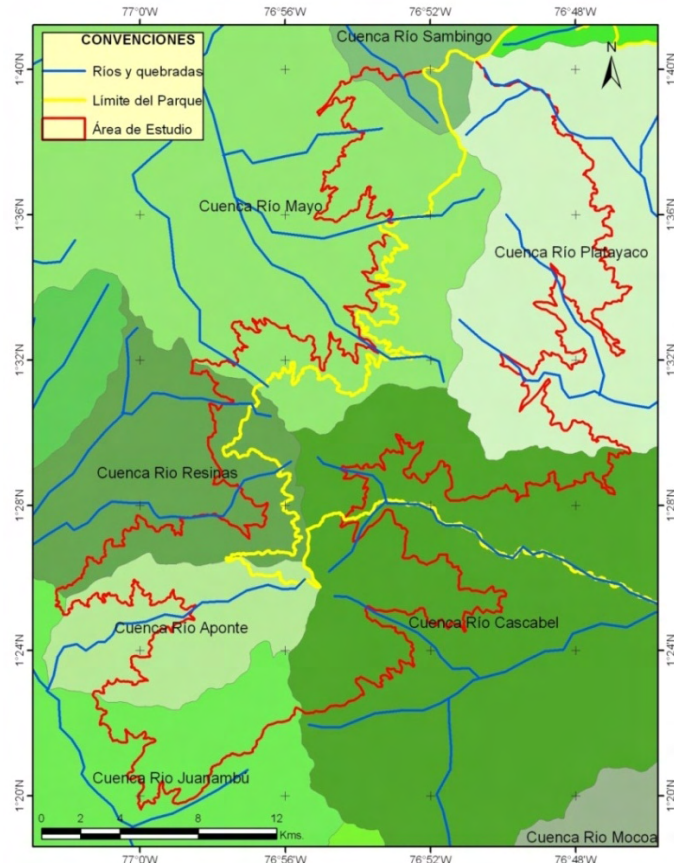
estas corrientes fluviales hacen parte de tres grandes sistemas hidrográficos: la vertiente del Atlántico, al norte; la vertiente del Pacífico, al occidente; y parte de la vertiente del Amazonas, al oriente del CVDJ (cuenca alta del río Cascabel)...”

Desde esta perspectiva, el Complejo Volcánico Doña Juana y su área de influencia se destaca en el Macizo Colombiano ya que en su interior se encuentran dos de los tres grandes sistemas hidrográficos mencionados, los cuales distribuyen sus aguas hacia el oriente, formando parte de la vertiente del Amazonas, y hacia el occidente, la vertiente del Pacífico.

Los volcanes Petacas, Las Ánimas, Doña Juana y cerro Machete de Doña Juana, establecen la línea divisoria que separa las cuencas de los ríos Patía y Caquetá. Hacia el occidente de esta línea se encuentra la cuenca del Patía, conformada por los ríos Mayo, Juanambú y San Jorge. Hacia el oriente, se localiza la cuenca alta del río Caquetá el cual forma parte de la gran cuenca del río Amazonas.

A continuación se presenta la sectorización hídrica en la figura 32, para el área de estudio y sus zonas de influencia.

Figura 32: Sectorización hídrica del complejo volcánico Doña Juana - Cascabel



Fuente: Esta investigación

En el Cuadro 7 se presenta información de las principales cuencas y sub-cuencas que se encuentran involucradas en la zona de estudio (El área del río Juanambú, no involucra la cuenca del río Pasto).

Cuadro 7: Dimensión de las cuencas en la zona de estudio

CUENCA	ÁREA (has)	SUB-CUENCA	ÁREA (has)	ÁREA DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO	RÍOS Y QUEBRADAS
Juanambú	126.917	Río Resinas	14.578	4560	Q. Aguacillas - Q. La Resina - Q. Peñas Blancas - Q. Estanquillo ó La florida - Q. Manzanillo - Q. Chorrillos - Q. Guayabal - Cñ Hueco Seco - Q. La vega - Q. El Flautal - Q. Sofía.
		Río Aponte	7.785	5354	Q. San Francisco - Q. Vulcanyaco - Q. El Campanario.
		Río San Bernardo	10.103		Q. Las Minas - Q. San Bernardo
		Río Juanambu		3818	Q. El Carrizal - Q. San Antonio - Q. Cuaracayaco
Mayo	45.985			10.665	Q. Peña Blanca - Q. El Arrayanal - Q. El Salado - Q. La Honda - Q. Agua Hedionda - Q. San Roque - Q. Las Ánimas - Río Tajumbina - Río Los Churos - Q. Los Burros - Q. de Mochingoy - Q. Sánchez - Q. Chorrillo - Q. Las Mariposas - Q. Jalisco - Q. Santa Ana
Caquetá	20.000.000	Río Platayaco	36.124	10,325	Q. Las Juntas - Río El Chunchullo - Q. La Guasca
		Río Cascabel	47.995	10.495	Q. Cristalina - Q. Quebradillas - Q. La Bermeja - Q. Río Blanco - Q. El Oso - Q. El Míster - Q. El Salado - Q. La Paitas - Q. La Gemela

Fuente: Esta investigación

6.1.5 Suelos. Colombia presenta una gran diversidad de suelos, esto se debe a la variedad de climas, geología, relieve y vegetación que cubre la superficie; los suelos dominantes en el territorio presentan limitaciones por su excesiva humedad, baja fertilidad y su localización en relieves escarpados de altas pendientes.

En la actualidad se presentan serios problemas de conservación producto de la tala indiscriminada, el sobre pastoreo, la contaminación y varios factores que aceleran la erosión y acidificación u oxidación de los suelos; de aquí parte la necesidad de la elaboración de planes de ordenamiento, con el fin de su conservación y manejo adecuado.

Las características de los suelos de la zona de estudio, se identifican por presentar pendientes fuertemente inclinadas, escarpadas, tienen alta saturación de aluminio, con tendencia a ser fuertemente ácidos, además tienen altos contenidos de carbono orgánico, alta capacidad catiónica de cambio, bajos contenidos de calcio, magnesio, fósforo y potasio, baja saturación de bases, alta retención de fosfatos, moderada a baja fertilidad y alta susceptibilidad a la erosión¹⁰⁵ lo cual hace difícil el desarrollo de actividades agropecuarias en la zona

Los suelos se clasifican teniendo en cuenta aspectos específicos, tales como sus componentes químicos, físicos y biológicos, interrelacionados al entorno ambiental, con aspectos climáticos, morfogenéticos y morfo-dinámicos¹⁰⁶.

A continuación se describe una clasificación de los diferentes tipos de suelos que se presentan en el CVDJ, que han sido tomadas del estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Nariño¹⁰⁷.

De acuerdo a la cartografía de zonificación de suelos de la plancha 411 La cruz, se identifican principalmente la predominancia de dos tipos de suelos representados con los símbolos cartográficos (MHA_g y MLA_f). Estos símbolos corresponden a paisaje de montaña de clima Muy Frío Húmedo Y Muy Húmedo y Frío Húmedo y Muy Húmedo, respectivamente.

Según el estudio del IGAC 2004¹⁰⁸, la mayor cobertura que se encuentra dentro de la zona de estudio corresponde a un tipo de relieve de paisaje de montaña.

6.1.5.1 Suelos de clima muy frío húmedo y muy húmedo. Conformado por coladas de lava, con litología de mantos de ceniza volcánica sobre andesitas.

Su caracterización principal de suelos está dada por ser suelos profundos a moderadamente profundos, texturas medias sobre moderadamente gruesas, bien drenados, fuertemente ácidos, fertilidad baja, alta saturación de aluminio y altos en materia orgánica.

- **Componente taxonómico de suelos acruoxic hapludands (perfil N-03).** Estos suelos ocupan la posición de laderas de coladas de lava, se han desarrollado a partir de la ceniza volcánica, que cubren rocas volcánicas andesíticas, se caracterizan por ser profundos, de texturas franco arenosa y arenosa franca y bien drenados.

¹⁰⁵ UNIVERSIDAD DE NARIÑO. CORPONARIÑO. Op. Cit., tomo 4 p. 27

¹⁰⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, CORPONARIÑO, CRC, CORPOAMAZONIA E IDEAM. Op cit., tomo II, p. 41-45

¹⁰⁷ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Nariño., tomo III. 2004.

¹⁰⁸ Ibid., p. 100.

El perfil modal muestra una secuencia de horizontales de tipo A / C / A / C. El horizonte Ap es grueso, de 52 cm de espesor, color negro, textura franco arenosa y estructura en bloques sub-angulares, fina y media, fuerte; el horizonte C, de color amarillo pardusco en mezcla con gris oscuro, textura arenosa y sin estructura. A partir de los 65 cm se presenta un horizonte Ab sepultado, de color negro con manchas rojo oscuro, textura arenosa franca y estructura en bloques sub-angulares, gruesos, débiles; posteriormente aparece un Cb sepultado, de color pardo amarillento claro, textura arenosa y sin estructura (suelta).

Con suelos de reacción fuerte y moderadamente acida, de alta capacidad catiónica de cambio, baja saturación de bases, bajos contenidos de calcio, magnesio y potasio, alta retención de fosfatos, altos contenidos de aluminio intercambiable y carbono orgánico y fertilidad baja.

Los principales limitantes para el uso y manejos son las pendientes escarpadas, los fuertes vientos, la ocurrencia de heladas, la susceptibilidad a la erosión, las bajas temperaturas, la alta saturación de aluminio y su baja fertilidad.

- **Componente taxonómico de suelos typic placudands (perfiles NA-03).** Esta inclusión no tiene un patrón de distribución bien definido, se los encuentra principalmente en las pendientes de forma plano-convexa, presentan un horizonte A grueso y uno o varios horizontes cementados. Son suelos moderadamente profundos, muy fuertemente ácidos con altos contenidos de carbono orgánico, alta capacidad catiónica de cambio, bajos contenidos de calcio, magnesio, fósforo y potasio baja fertilidad¹⁰⁹.

En determinados sectores no hay un desarrollo de suelos por ser de composición rocosa como la cima del volcán Doña Juana.

6.1.5.2. Suelos de clima frío húmedo y muy húmedo. Conformado por coladas de lava, con litología de mantos de ceniza volcánica sobre andesitas.

Su caracterización principal de suelos está dada por ser suelos profundos a moderadamente profundos, texturas medias sobre moderadamente gruesas, bien drenados, fuertemente ácidos, fertilidad baja, alta saturación de aluminio y altos en materia orgánica.

Sus componentes taxonómicos que aplican a la zona de estudio son el de suelo acruoxic hapludands (perfil N-03), descrito anteriormente y acruoxic placudands que es definido en el documento del IGAC 2004¹¹⁰ y que se describe a continuación.

- **Componente taxonómico de suelos acruoxic placudands (perfil NA-02).** Se localizan en la ladera media y baja de las coladas de lava. Los suelos son moderadamente profundos, limitados por un horizonte cementado, bien drenados y de texturas francas y franco arcillosas: se han desarrollado a partir de depósitos de ceniza volcánica sobre andesitas.

Los perfiles del suelo presentan una secuencia de horizontes de tipo A- AB-B-C. El horizonte A tiene más de 30 cm de espesor, color negro, textura franca y estructura migajosa y en bloques sub-angulares, fina y media, moderada; luego se presenta un horizonte transicional AB, de color negro, textura franca y estructura en bloques sub-angulares, media y gruesa, moderada. El horizonte Bw tiene color pardo amarillento

¹⁰⁹ Ibid., p. 102.

¹¹⁰ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Op cit.

oscuro, textura franco arcillosa y estructura en bloques sub-angulares, media y gruesa, moderada; a los 58 cm de profundidad se encuentra un horizonte cementado (plácico), de acumulación de hierro iluvial, de color rojo oscuro; que descansa sobre un horizonte Bw de alteración, color pardo amarillento y textura franco arenosa. Posteriormente el horizonte C, de colores pardo amarillento, con manchas rojo oscuras y texturas franco arcillosa y franca.

Químicamente son suelos extremadamente ácidos en superficie y muy fuertemente ácidos en profundidad, de alta capacidad catiónica de cambio, baja saturación de bases, altos contenidos de aluminio intercambiable, altos en carbono orgánico, bajos en calcio, magnesio, potasio y fósforo, además de su baja fertilidad. La alta saturación de aluminio, las fuertes pendientes y la baja fertilidad son los principales limitantes para el uso y manejo¹¹¹.

6.2 DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO

En este subcapítulo se desarrollaron temas como la división político administrativa, se hace un análisis de productividad basado en los consolidados agropecuarios, el uso de suelo actual y recomendado por los diferentes esquemas de ordenamiento territorial y también se hace un análisis poblacional, tomando como referente los censos de los años de 1993 y 2005.

6.2.1 División político administrativa. La zona de estudio está conformada por cinco (5) municipios, siete (7) corregimientos, dieciocho (18) veredas y un resguardo indígena; los municipios que están dentro de esta son La Cruz, San Bernardo y El Tablón de Gómez del Departamento de Nariño; Bolívar y Santa Rosa del Departamento del Cauca. En el Cuadro 8 se observa cada municipio con sus respectivos corregimientos y veredas.

¹¹¹ Ibid., p. 108.

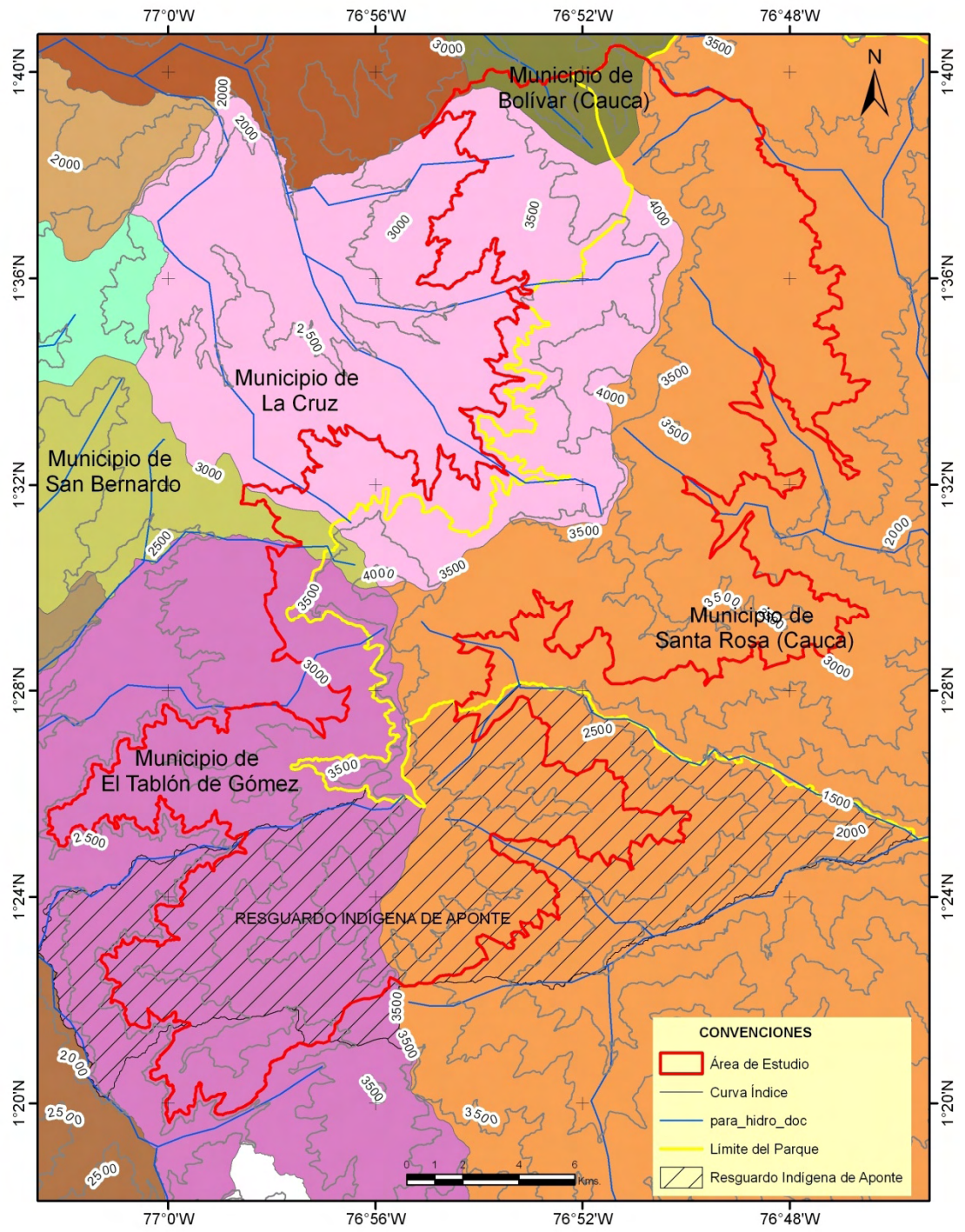
Cuadro8: División político administrativa

Municipio	Corregimiento	Vereda
LA CRUZ	La Estancia	Loma Larga
		Paramito
		Alto de Ledezma
	Tajumbina	La Palma
		La Ciénaga
	Escandoy	Las Animas
		El Troje
		Moncayo
		Escandoy
	Valdivia	San Gerardo
TABON DE GOMEZ	Las Mesas	El Silencio
		Valmaria
		María Inmaculada
		El Carmelo
		La florida
RESGUARDO INDIGENA DE APONTE		
SAN BERNARDO	La Vega	Peñas Blancas
BOLIVAR	Los Milagros	Montañitas
SANTA ROSA		La Esperanza

Fuente: Plan de manejo del PARQUE NACIONAL NATURAL CVDJ-C

De las 46484 has que hacen parte del área de la zona de estudio, al municipio de Santa Rosa le corresponde 20849 has, al municipio de Bolívar 1283 has, a La Cruz 10689 has, el de menor área es el municipio de San Bernardo con 506 has y finalmente el municipio de El Tablón de Gómez tiene 13145 has, en la siguiente figura se observa la división político administrativa de los municipios con la zona de estudio, ver figura 33.

Figura 33: División político administrativa



Fuente: Este estudio

6.2.2 Uso de Suelo. Se entiende como uso de suelo la utilización por parte de los seres humanos a cualquier territorio para su beneficio, es decir para la implementación de actividades de tipo económico o social, las cuales determinan las características del ambiente, encontrando las formas de ocupación del espacio superficial, sobresaliendo las actividades agropecuarias en la zona de estudio, y con mínima presencia se encuentran los asentamientos humanos en áreas rurales, la cual está constituida por terrenos no aptos para usos urbanos por razones de oportunidad o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas.¹¹²

“En el complejo volcánico Doña Juana, se encuentra vegetación natural, que de alguna u otra manera presenta diferentes grados de intervención, localizando mosaico de cultivos pastos y espacios naturales, suelos desnudos y asentamientos humanos”¹¹³. “El paisaje predominante en la zona de estudio es cercas vivas dividiendo predios dedicados a cultivos, pastos y la combinación de los dos frecuentemente; la ganadería extensiva, es evidente en las partes altas del Cerro Petacas entre los 2300 y 3200 m.s.n.m”¹¹⁴, lo cual genera grandes daños ecosistémicos y ambientales.

En general en uso de suelo en los municipios que corresponden al área de estudio es similar, se habla de conservación de los recursos naturales, y en algunos casos de extracción de la vegetación natural como lo es en el municipio de Bolívar Cauca¹¹⁵, y todos los municipios coinciden con el uso agropecuario y ganadero.

La ganadera, que es evidente por la gran cantidad de pastos que se observan en la zona, y que en algunas áreas se encuentra la presencia de cultivos, principalmente en sitios de microfundios; las partes donde es más evidente estas asociaciones es en el Corregimiento de Las Mesas, en el Municipio de El Tablón de Gómez.

Además el uso ganadero incluye la cría, levante, engorde de ganado vacuno, caballar y otras especies menores; encontrando la ganadería extensiva la cual corresponde a un proceso productivo caracterizado por una baja densidad de animales por unidad de superficie, limitada adopción de tecnología de manejo, tanto en los pastizales como en la fase productiva y también se tiene la explotación de especies menores.

En cuanto al uso agrícola que es una práctica de esta actividad en monocultivos y policultivos de carácter tradicional de subsistencia y otros productos considerados comerciales; y la agricultura comercial que se caracteriza por ser un sistema que tiene ciclos de producción por varios años, altos requerimientos tecnológicos y económicos, así como fines comerciales.

Últimamente la producción de los diferentes cultivos ha sido remplazada debido al deterioro de suelo, disminución de recurso hídrico, condiciones climáticas adversas, presencia de cultivos ilícitos, lo cual ha generado dependencia de productos y hábitos

¹¹² REPUBLICA DE COLOMBIA. Esquema de Ordenamiento Territorial. municipio de El Tablón de Gómez. 2001-2009. p. 81-109

¹¹³ MINISTERIO DEL AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Op. Cit., Tomo IV. p. 2

¹¹⁴ Ibid. p. 3

¹¹⁵ REPUBLICA DE COLOMBIA. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Alcaldía municipio de Bolívar Cauca. 2004-2012. p. 109

externos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de la población¹¹⁶; además, otro factor que está incidiendo al deterioro del recurso suelo es la potrerización de zonas de selva, mediante la tumba de árboles y la inexistencia de iniciativas de tecnificación para el hato ganadero, esta problemática ha generado, erosión laminar, pérdida de cobertura natural y disminución de la belleza escénica.

El desarrollo de cultivos ilícitos como la amapola han sido en muchos casos los productos con que la población ha tenido que subsistir en los últimos años, dejando de lado los cultivos tradicionales por facilidad de obtener ingresos económicos a corto plazo.

En los esquemas de ordenamiento territorial, se encuentra los usos recomendados para los diferentes municipios, partiendo de esto, en el Municipio de La Cruz el uso de suelo recomendado es protección - producción, protección – conservación, protección – conservación – extracción y pastoreo extensivo¹¹⁷; para el caso del Municipio de San Bernardo, se habla de un uso de conservación y extracción, paisajístico y recreacional, conservación, recreacional y conservación, protección absoluta y explotación agrícola¹¹⁸, esto principalmente en la vereda Peñas Blancas.

En el municipio de Bolívar, en zonas con pendientes fuertes a moderadas y profundidad superficial con erosión severa, se estima un uso forestal; en áreas con una profundidad superficial uso agrosilvopastoril y uso agrícola en suelos aptos. Hablando así de recuperación-protección, conservación, recuperación, producción-protección y producción¹¹⁹.

6.2.3 Actividades productivas. La actividad económica en el área rural del área de estudio en su gran mayoría es agropecuaria, donde el productor directo es el mismo propietario de los medio de producción, no se utilizan métodos tecnológicos o en algunos casos son muy escasos, y en alto porcentaje es la utilización de la mano de obra familiar, especialmente masculina en labores como arada, rastrillada y control de plagas y enfermedades, empaque y transporte de productos, la mano de obra femenina e infantil se utiliza en labores como siembra, cosecha y cuidado de animales.

En la zona, las actividades económicas son muy similares en los cinco municipios que corresponden al área de estudio, la actividad agrícola es la principal, aportando el mayor incremento en la economía de cada municipio; en el sector de Las Mesas del Municipio de El Tablón de Gómez se encuentra la única industria de artesanías de la zona¹²⁰.

Basado en el consolidado agropecuario¹²¹ de 2009 y 2010, a continuación se hará un análisis de la producción obtenida en estos años, en los municipios de El Tablón de Gómez, La Cruz, y San Bernardo, de los productos que se encuentran a partir de los 2700 m.s.n.m aproximadamente; cabe aclarar que este análisis no se realizará para los municipios de Santa Rosa y Bolívar porque

¹¹⁶Ibíd. Cap. I. p. 28

¹¹⁷ REPUBLICA DE COLOMBIA. Esquema de Ordenamiento Territorial. Alcaldía Municipio de La Cruz Nariño. La Cruz. 2000-2008. Pág. 135

¹¹⁸ REPUBLICA DE COLOMBIA. Esquema de Ordenamiento Territorial Y Ambiental. Administración Municipal de San Bernardo. San Bernardo hacia el nuevo milenio. 2001-2003

¹¹⁹ REPUBLICA DE COLOMBIA. Municipio de Bolívar. Op. Cit., pag. 128

¹²⁰ REPUBLICA DE COLOMBIA. Esquema de Ordenamiento Territorial. Alcaldía Municipio de El Tablón Gómez. Agosto 2003. Pág. VII-78 a VII-87

¹²¹ SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE DE NARIÑO. UMATAS del departamento. Consolidado agropecuario. 2009 y 2010. San Juan de Pasto. Junio 2010

su área en la zona de estudio no presenta intervención alguna, además que tampoco presentan algún tipo de actividad productiva.

La información obtenida en los consolidados agropecuarios que se utilizaron para este análisis, se tiene que para el año 2009 esta información es la total y para el año de 2010, los valores que se obtuvieron son el promedio; por tal razón, se van a utilizar de la misma manera como se los encuentra consignados en el documento original.

Para el municipio de El Tablón de Gómez, se tiene que los productos que representaron mayor rentabilidad para estos dos años (2009-2010) fueron en primer lugar el tomate de mesa (invernadero), que para el año de 2009 se cosecharon 702 toneladas y para el año 2010 el promedio de rendimiento fue de 175 toneladas; en segundo lugar está la papa, con un rendimiento de 180 toneladas para el 2009 y para el 2010 la arracacha. En tercer lugar se encuentra el repollo para los dos años; el de menor cantidad en toneladas está el frijol asociado con 2 toneladas para el 2009 y 18 toneladas para el 2010, como se observa en el Cuadro9.

Cuadro9: Producción agrícola 2009 - 2010, municipio de El Tablón de Gómez

PRODUCTO	2009	2010
	TOTAL (TON)	PROMEDIO (TON)
ARVEJA	64	48
FRIJOL ASOCIADO	2	18.2
PAPA	180	60
REPOLLO	160	62.5
TOMATE DE MESA (INVERNADERO)	702	175.5
ULLOCO	120	40
ARRACACHA	100	150
MAIZ ANUAL SOLO	40	50
MORA	32	52
TOMATE DE ARBOL	18	30

Fuente: Esta investigación

Para el municipio de San Bernardo, los productos más rentables fueron el tomate de mesa (invernadero) para los años 2009 y 2010 con 2280 y 1770 toneladas respectivamente; en segundo lugar se tiene el maíz (anual solo), con 120 y 119 toneladas para los años 2009 y 2010 respectivamente. Los de menor cosecha fueron el frijol (voluble solo) y el tomate de árbol los dos con 9 toneladas para el 2009; para el año 2010 el tomate de árbol también presentó la menor rentabilidad con 6 toneladas; en el Cuadro10 se observa todos los productos para este municipio con su respectivo valor de las toneladas para los dos años.

Cuadro10:Producción agrícola 2009 - 2010, Municipio de San Bernardo

PRODUCTOS	2009	2010
	TOTAL (TON)	PROMEDIO (TON)
ARVEJA	36	12
FRIJOL ASOCIADO	8.4	12
MAIZ	61.9	49.25
TOMATE DE MESA	65	11.25
TOMATE DE MESA INVERNADERO	2280	1770
MAIZ ANUAL ASOCIADO	36	40.5
MAIZ ANUAL SOLO	120	119
FRIJOL VOLUBLE SOLO	9	7.2
FRIJOL VOLUBLE ASOCIADO	8.4	9.9
MORA	17.5	10.5
TOMATE DE ARBOL	9	6

Fuente: Esta investigación

En el municipio de La Cruz, se tiene ocho productos que generan rentabilidad, los cuales con mayor renta son la papa con 780 toneladas para el año 2009 y para el año 2010 el maíz (anual solo) con 870 toneladas, y en menor escala se tiene la quinua para los dos años con 7 y 5 toneladas respectivamente; en el Cuadro 11 se observa todos los productos presente para el municipio cada uno con el valor cosechado en toneladas para los años 2009 y 2010.

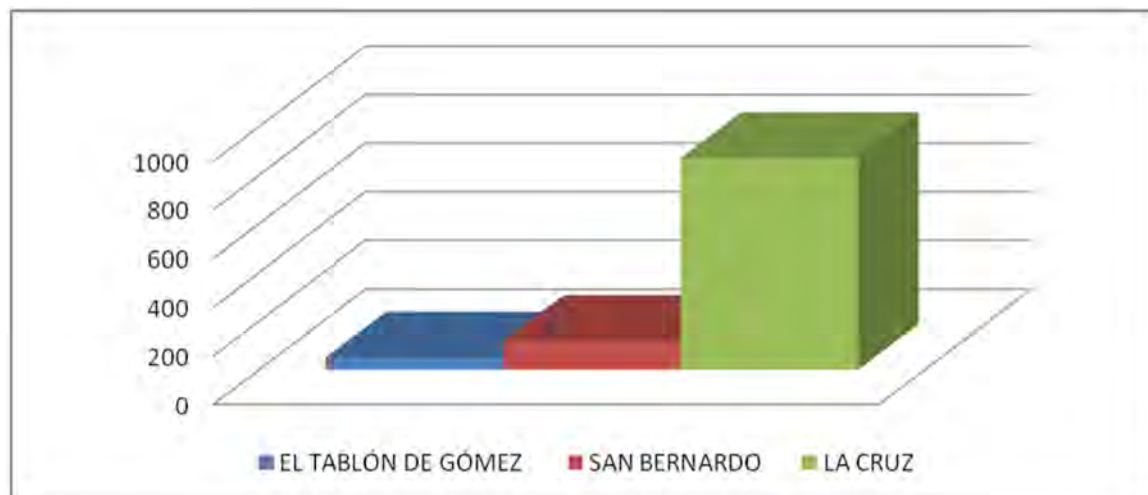
Cuadro11:Producción agrícola 2009 – 2010, Municipio de La Cruz

PRODUCTO	2009	2010
	TOTAL (TON)	PROMEDIO (TON)
CILANTRO	15	7.5
PAPA	780	502.5
ULLOCO	480	168
MAIZ ANUAL SOLO	40	870
FRIJOL VOLUBLE SOLO	17.6	20
QUINUA	7	5
CEBOLLA JUNCA	104	112
TOMATE DE ARBOL	54	30

Fuente: Esta investigación

Haciendo un análisis del cultivo presente en La Cruz, San Bernardo y El Tablón de Gómez, para el año 2010, se tiene que el maíz (anual solo) esta presente en los tres municipios. La mayor rentabilidad se presentó en el Municipio de La Cruz, con 870 toneladas y en menor escala está el Municipio de El Tablón de Gómez con 50 toneladas, como se observa en la figura 34, de esto, se puede inferir que a pesar de que este cultivo se lo encontró en los tres Municipios, la actividad agrícola para cada municipio es diferente; es evidente que para el municipio de La Cruz, este es uno de los principales productos de la actividad económica agrícola.

Figura 34: Producción de maíz (anual solo) de los Municipios El Tablón de Gómez, San Bernardo y La Cruz, años 2010



Fuente: Esta investigación

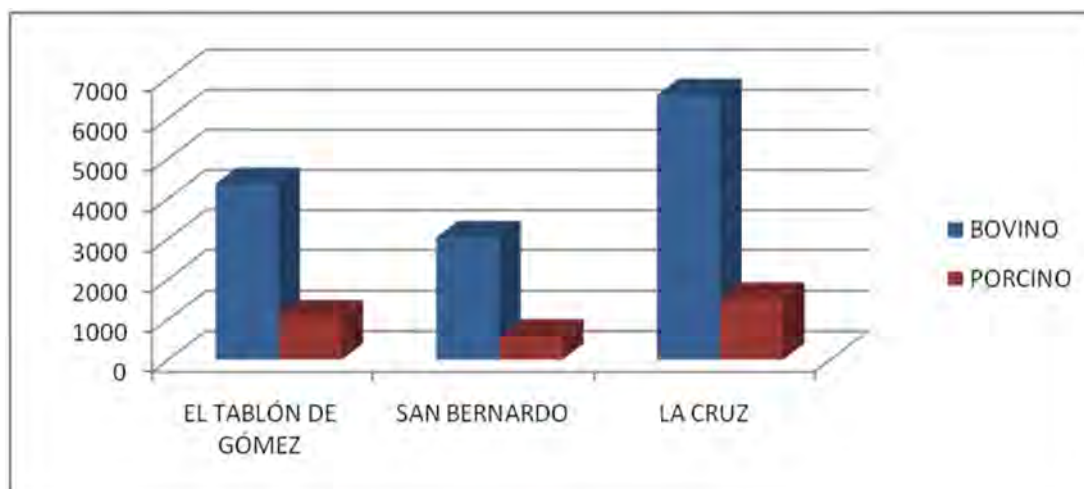
En el sector pecuario se tiene la producción de ganado bovino y porcino, esta actividad es de doble propósito, respecto al ganado bovino en la mayoría de los casos, por la producción de leche y la transformación de sus derivados, además de la cría de ganado equino y ovino, de este último se utiliza la lana para la fabricación de tejidos¹²²; también en menor escala se dedican a la cría de pollos de engorde, gallinas de postura, pavos y cuyes principalmente.

Según el inventario de ganado, realizado por el consolidado agropecuario¹²³, para el año 2010, se tiene que el Municipio con mayor cantidad de ganado bovino es La Cruz con 6585 cabezas y el que presenta menor cantidad de cabezas de ganado bovino es el municipio de San Bernardo con 3031; en relación con el ganado porcino la mayor cantidad se encuentra en el municipio de la Cruz con 1518 cabezas, y en menor proporción el municipio de San Bernardo cuenta con 600 cabezas, en la figura 35 se observa la relación de esta información.

¹²² Ibíd. Pág. 223

¹²³ SECRETARIA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE DE NARIÑO. Op. Cit.

Figura 35: Inventario de ganado bovino y porcino del año 2010, Municipios de El Tablón de Gómez, La Cruz y San Bernardo.



Fuente: Consolidado agropecuario 2009

En cuanto a la producción de leche, el municipio con mayor cantidad de leche obtenida para el año 2010 es La Cruz con 4620 litros¹²⁴, la cual es comercializada dentro y fuera del municipio, para diferentes usos, tales como la elaboración de derivados o para el consumo; el municipio que le sigue es El Tablón de Gómez con 3510 litros y finalmente el municipio de San Bernardo con 2934 litros; esto quiere decir que en promedio por día se obtiene de una vaca 3.6 litros al día.

Otra actividad económica y que en la actualidad se presenta en menor escala es la producción de cultivo no lícitos, los cuales generan altos incrementos económicos a corto plazo, por lo tanto la mayoría de campesinos ha dejado de lado la siembra de productos alimenticios e incluso los combinan con cultivos de pancoger. Es preocupante que en el sector de Aponte, siendo parte de un Resguardo Indígena en el Municipio de El Tablón de Gómez, hay la mayor parte de estos cultivos que según el E.O.T, los terrenos han sido arrendados para que se desarrolle esta "actividad" económica; pero no solo en esta zona se presenta esta clase de cultivos, sino también en la mayoría de veredas que corresponden al área de estudio aunque en menor proporción.

6.2.4 Demografía. Esta caracterización se basa principalmente en los cuatro últimos censos realizados por el DANE¹²⁵, los datos a analizar son el total de población en general de los cinco municipios inmersos en la zona de estudio, se ve la necesidad de hacer un análisis del crecimiento poblacional para ver si existe o no relación con el cambio de cobertura vegetal y el desarrollo de las diferentes actividades económicas presentes en esta área.

Partiendo de la información obtenida de los censos de 1973, 1985, 1993 y 2005, se tomó el valor total de habitantes de los cinco municipios y como se observa en la figura No 35, se puede inferir que para el municipio de Bolívar, presentó un crecimiento demográfico, en los primeros doce años se mira un incremento poblacional de 8920, para los siguientes

¹²⁴Ibid.

¹²⁵DANE. Censo general 1973, 1985, 1993 y 2005.

ocho años, igualmente se observa un aumento de 775 habitantes; pero en los siguientes doce años, es decir, de 1993 a 2005 se mira un decrecimiento poblacional de 7263 habitantes; lo cual indica que en este municipio no se presenta un crecimiento demográfico, que tenga relación con la ampliación de la frontera agrícola.

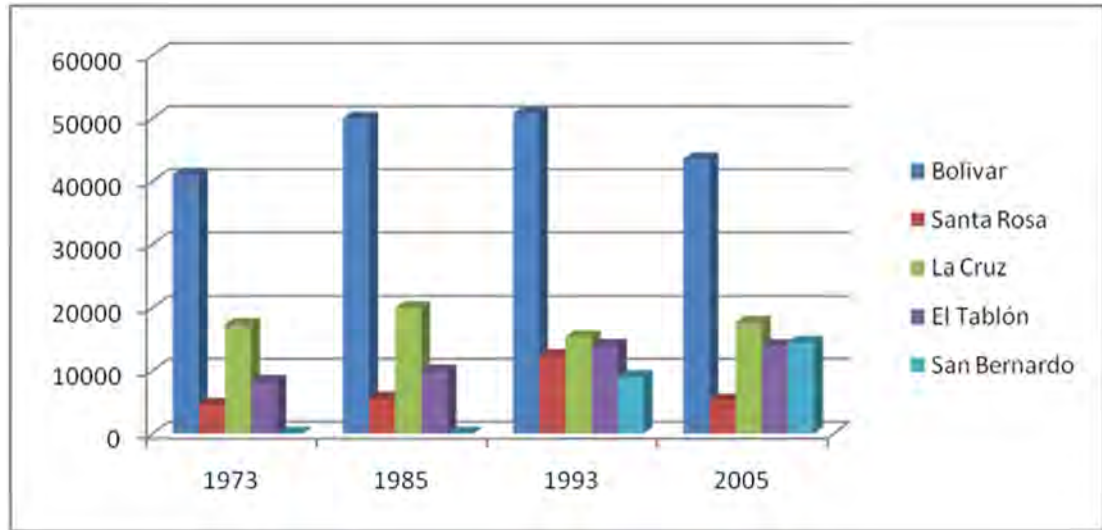
Para el municipio de Santa Rosa, es muy similar la situación anterior, donde entre los años de 1973 y 1985 se evidencia un crecimiento poblacional de 989 habitantes, para el siguiente período comprendido entre 1985 y 1993 el crecimiento fue de 6741 habitantes y finalmente en la última fase que es desde 1993 a 2005 se observa un decrecimiento de 7029 habitantes, es probable relacionar el incremento de la población en el segundo período por el auge de los cultivos ilícitos y en decrecimiento por la migración para buscar mejores condiciones de vida.

En el municipio de La Cruz, se observa un incremento entre 1973 y 1985 de 2719 habitantes, en los siguientes ocho años (1985-1993), sucede lo contrario, es decir, hay un decrecimiento de 4657 habitantes, pero entre 1993 hasta 2005 se observa nuevamente un crecimiento de 2304 habitantes, siendo así que para el año 2005 el total de habitantes en este municipio es de 17633.

El municipio de El Tablón de Gómez, el crecimiento poblacional que se observa entre los años 1973 y 1985 es de 1633 habitantes, para el siguiente período que está comprendido entre los años de 1985 y 1993, igualmente se observa un crecimiento demográfico de 4094 habitantes y para los últimos años, es decir, de 1993 a 2005 se observa un decrecimiento muy bajo de 73 habitantes.

Finalmente, para el municipio de San Bernardo, solo se puede hacer el análisis para los años de 1993 a 2005 porque este municipio fue fundado en 1992, entonces, a partir de este año tuvo un incremento de 5492 habitantes.

Figura36: Población por municipios



Fuente: esta investigación

Según la proyección para el año de 2010, del censo de 2005, se tiene que el incremento de población se presenta en cuatro de los cinco municipios, los cuales son Bolívar con 720 habitantes, Santa Rosa es el municipio que tiene mayor crecimiento demográfico con 4683, La Cruz 359 habitantes, San Bernardo 2130 habitantes y el municipio que tiene decrecimiento poblacional es El Tablón de Gómez con 524 habitantes; esto indica que es probable que el crecimiento de la población esté relacionada con el cambio de la cobertura vegetal.

Con respecto a la educación, el municipio que presenta mayor porcentaje de analfabetismo es La Cruz, que del total de la población el 16.4% no sabe leer ni escribir, y en menor grado está el Municipio de San Bernardo con un 9.6%¹²⁶, esto indica una desventaja para el desarrollo local de los municipios, y la falta de apoyo por parte del gobierno en solucionar esta problemática y ampliar el nivel de cobertura del sector educativo, principalmente en la zona rural de cada municipio, donde se encuentra que en las cabeceras municipales el nivel de cobertura de básica primaria y secundaria son más altos que en las zonas rurales, ya que cada cabecera cuenta con un colegio por lo menos el cual tiene que cumplir con la oferta de todo el municipio, y en las zonas rurales se presta el servicio de básica primaria en la mayoría de los casos, las distancias de la zona rural a las cabeceras municipales y los bajos ingresos económicos de las familias no permiten el acceso a la educación secundaria.

¹²⁶ DANE. Censo general 2005.

7. CARACTERIZACIÓN SEMIDETALLADA DE LA COBERTURA VEGETAL

En este capítulo se hace la caracterización de las coberturas vegetales presentes en la zona de estudio; en primera instancia se tiene una descripción de los trece tipos de coberturas identificadas para esta área. En los siguientes subniveles se encuentra el análisis de las coberturas para los años de 1989, 1995, 2002 y 2011, donde se establece la ubicación exacta de las coberturas con el área en hectáreas y para la última caracterización se encuentra una fotografía de cada tipo de cobertura vegetal.

7.1 CATEGORÍAS DE COBERTURA VEGETAL

Antes de hacer la caracterización de los mapas de cobertura vegetal que se generaron para los años de estudio (1989, 1995, 2002, 2011), es preciso hacer una descripción de los trece tipos de cobertura vegetal que se identificaron en la zona de estudio y se tomaron de la metodología de corine land cover, adaptada para Colombia por el IDEAM, CORMAGDALENA e IGAC¹²⁷.

7.1.1 Territorios agrícolas. 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.

7.1.1.1 Pastos. Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por gramíneas, de la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años.

Los criterios utilizados para realizar la clasificación y diferenciación de las coberturas de pastos de las áreas cubiertas por pastos naturales, arbustos y matorrales además de la vegetación esclerófila. Para su clasificación se consideraron las siguientes unidades de pastos:

➤ **Pastos limpios.** 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.

En Colombia, se encuentran coberturas de pastos limpios asociadas con una amplia variedad de relieves y climas, con un desarrollo condicionado principalmente a las prácticas de manejo utilizadas según el nivel tecnológico disponible o las costumbres de cada región.

¹²⁷ IDEAM. CORMAGDALENA. IGAC. Op cit. p. 49-85

Incluye:

- Pastos limpios con área mayor o igual a 10 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 (setos).

No incluye:

- 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 10 has.

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.

7.1.1.2 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:

➤ **Mosaicos de pastos y cultivos.** Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en las cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 3.5 has) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

Incluye:

- Pastos y cultivos bordeados con setos de árboles o arbustos.
- Mezcla de parcelas de pastos y cultivos, donde ninguno de los cultivos representa más del 70% del área total del mosaico.

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 cultivos, pastos y espacios naturales.** Esta cobertura comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales importantes. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de cultivos, pastos y espacios naturales no puede ser representado individualmente, con parcelas con tamaño menor a 10 hectáreas. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre el 30 % y el 70 % de la superficie total de la unidad.

Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustos y matorrales, bosque de galería y/o ripiaros, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características físico- bióticas permanecen en estado natural o casi natural.

Incluye:

- Mezcla de parcelas de pastos y cultivos con intercalaciones de espacios naturales, con área mayores a 10 has.
- Parcelas agrícolas de cultivos anuales o transitorios con área menor a 10 has.
- Relictos de bosques con área menor a 10 has.
- Bosques de galería y/o ripiaros, arbustos y matorrales con área menor a 10 has.
- Parcelas de cultivos confinados y frutales con área menor a 10 has.
- Infraestructuras asociadas a los pastos manejados (viviendas rurales, setos, vías).

No incluye:

- Áreas donde los espacios naturales constituyen más del 70% del área del mosaico se deben clasificar como coberturas de bosques y áreas seminaturales

En el proceso de interpretación y zonificación de las coberturas se debe realizar la clasificación de las unidades de cultivos y pastos con área superior a 10 has.

➤ **Mosaico de pastos con espacios naturales.** Esta cobertura 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 representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 10 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 10 has.
- Relictos de bosques menores con área menor a 10 has.
- Bosques de galería y/o riparios, arbustos y matorrales con área menor a 10 ha.

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.

7.1.2 Bosques y áreas seminaturales. 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 aquellos 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:

7.1.2.1 Bosques. Comprende las áreas naturales o semi-naturales, 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.

El estudio del IDEAM, CORMAGDALENA e IGAC¹²⁸ cita a la FAO (2001), mencionando que "...los bosques comprenden los bosques naturales y las plantaciones. Se refiere a la tierra con una cubierta de copa (o su grado equivalente de espesura) de más del 10 por ciento del área y una superficie superior a 0,5 hectáreas. 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..."

➤ **Bosque natural denso.** Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas

¹²⁸ Ibid. p. 71.

(dosel) más o menos continuo, con altura superior a 5 metros. Donde las coberturas no presentan intervención de algún tipo que hayan modificado sus características iniciales.

Incluye:

- Cobertura de Bosque natural con área mayor a 10 has.
- Formaciones arbóreas secundarias regeneradas de manera natural que han alcanzado la densidad y altura de bosque natural.

➤ **Bosque natural fragmentado.** 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 10 has y que no constituyen más del 30% del área de la cobertura total.
- Coberturas de pastos con área menor a 10 has y que no constituyan más del 30% del área de la cobertura total.
- Coberturas de rastrojos con área menor a 10 has y que no constituyen más del 30% del área de la cobertura total.

No incluye:

- Parcelas de cultivos y pastos con área mayor o igual a 10 ha 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 10 has y/o con un porcentaje mayor al 70% del área de la cobertura total.
- Bosque de galería.

Por ser producto de la intervención humana, los parches de pastos y cultivos 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.

7.1.2.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva. 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.** 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. Incluye:

- Coberturas de arbustos y matorrales con área mayor o igual a 10 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.

La cobertura de arbustos y matorral 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.

Además en la zona de estudio especialmente en la clasificación de la cobertura vegetal para el año 2011 se encontró arbustos y matorrales de regeneración, en el municipio de La Cruz, en un área conocida como el predio de Santa Helena que pertenece a COORPONARIÑO.

➤ **Vegetación de Subpáramo.** Esta cobertura se encuentra ubicada altitudinalmente entre los 3400 m.s.n.m. y 3700 m.s.n.m. aproximadamente; se identifica por presentar vegetación achaparrada con características muy similares a la vegetación de páramo, sin embargo, la influencia de las condiciones climáticas y la taxonomía de los suelos pueden hacer variar estas condiciones altitudinales.

Incluye:

- Coberturas de vegetación de con un área mayor a 10 has.

No incluye:

- Coberturas de vegetación de páramo con área mayor a 10 has.
- Cobertura de pajonales y frailejonales con área mayor a 10 has

➤ **Vegetación de páramo (pajonal - frailejonal).** 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.

Incluye:

- Coberturas de vegetación de páramo con área mayor a 10 has.
- Cobertura de pajonales y frailejonales con área mayor a 10 has

No incluye:

- Coberturas de pastos naturales con área mayores a 10 has.
- Coberturas de pastos limpios con área mayor a 10 has.

➤ **Vegetación de páramo (arbustal).** Se encuentra ubicado a los 3400 m.s.n.m. y 3700 m.s.n.m. se identifica por presentar vegetación de arbustos o conocida también como vegetación chaparra, que por sus características de vegetación de subpáramo, en ubicación altitudinal de páramo, se la cataloga en esta unidad.

Incluye:

- Coberturas de vegetación de páramo con área mayor a 10 has.
- Cobertura de vegetación arbustiva con área mayor a 10 has.

No incluye:

- Coberturas de pastos naturales con área mayores a 10 has.
- Coberturas de pastos limpios con área mayor a 10 has.
- Coberturas de vegetación pajonal y frailejonal

➤ **Vegetación rupícola.** Se define, como aquella vegetación que crece sobre afloramientos rocosos, en los cuales aparece una vegetación endémica, de porte achaparrado en la que predominan los musgos, orquídeas, entre otros, característicos de suelos con tendencias rocosas a arenosas.

Incluye:

- Cobertura de vegetación rupícola con área mayor a 10 has.

No incluye:

- Coberturas de arbsutos con área mayor a 10 has.

7.1.2.3 Áreas abiertas, sin ocon poca vegetación. Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuestaprincipalmente por suelos desnudos.

Comprende los siguientes tipos decoberturas:

➤ **Afloramientos rocosos.** Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sindesarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados; así como zonas de

rocas desnudas relacionadas con la actividad volcánica o glaciár. Asociados con los afloramientos rocosos se pueden encontrar depósitos de sedimentos finos y gruesos, de bloques o decenizas.

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

7.1.3 Superficies de agua. Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente. De acuerdo con la ubicación se encuentra:

7.1.3.1 Aguas Continentales. Son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos.

➤ **Lagunas, lagos y ciénagas naturales.** Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, que pueden estar conectadas con un río. La mayor parte de las lagunas encontradas en la zona de estudio son de origen glaciár; aunque la unidad identifica además lagos y ciénagas naturales para esta zona solo aplican lagunas y pantanos.

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. Por esta razón, esta cobertura de Aguas Continentales y el subnivel Lagunas, se la clasifico con la imagen satelital Aster de 2011, y esta clasificación se la utilizo para todos los cuatro años de estudio, ya que esta imagen presenta mayor resolución y no tiene presencia de nubes. Por lo tanto, esta clasificación solo estará en la caracterización del año 2011 porque no presenta ningún tipo de cambio en el resto de las clasificaciones.

7.2 COBERTURA VEGETAL AÑO 1989

El complejo volcánico Doña Juana y Cerro Machete de Doña Juana, presenta una gran variedad de tipos de cobertura por encontrarse en un sistema montañoso que va desde un piso térmico frío hasta páramo; además, hacia el sector occidental del área de estudio, se refleja el manejo que se le ha dado a la tierra por parte de la población humana.

Teniendo en cuenta las definiciones anteriormente descritas de los tipos de cobertura vegetal presentes en la zona de estudio, se hace una descripción detallada de doce tipos de coberturas presentes para el año de 1989, donde se incorpora cada tipo de vegetación con su código respectivo, hectáreas, porcentaje y ubicación.

Por otro lado, el PNN CVDJ-C no presenta intervención alguna, ya que la frontera agrícola ha llegado hasta los 3200 y 3300 m.s.n.m., y el área de esta reserva se aleja de esta frontera.

La predominancia en cobertura sobre el área de estudio se puede apreciar en el mapa de este mismo año, donde la coberturas de bosque natural denso, es aproximadamente 2930 has de las 46484 has totales; seguida de la vegetación de páramo (arbustal) y páramo (pajonal frailejonal) ya que estos se encuentran por encima de las 4900 has. Los demás tipos de cobertura que no superan las 2300 has. Véase Cuadro12.

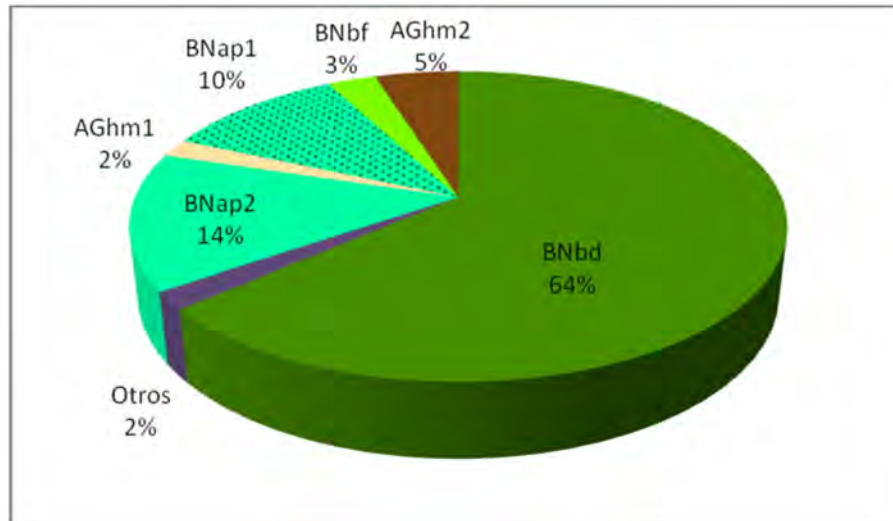
Cuadro 12: Cobertura vegetal 1989

COBERTURA			CODIGO	AREA (Has)	%
TERRITORIOS AGRICOLAS	Pastos	Pastos Limpios	AGpl	44.5	0.1
	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de Pastos y Cultivos	AGhm1	874.1	1.9
		Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	AGhm2	2293.9	4.9
		Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	AGhm3	166.8	0.4
BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	Bosques	Bosque Natural Denso	BNbd	29629.2	63.7
		Bosque Natural Fragmentado	BNbf	1323.2	2.8
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación de Páramo (Pajonal - Frailejonal)	BNap1	4931.8	10.6
		Vegetación de Páramo (Arbustal)	BNap2	6655.2	14.3
		Vegetación de Subpáramo	BNap3	217.8	0.5
		Vegetación Rupícola	BNar	219.2	0.5
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Afloramiento Rocoso	BNrr	47.3	0.1
SUPERFICIES DE AGUA	Águas continentales	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Sacl	81.1	0.2
		TOTAL			46484.2

Fuente: Esta investigación

Sin lugar a dudas, la cobertura del bosque natural denso representó más de la mitad de las coberturas de la zona de estudio, con un 64%; sin embargo, la vegetación de páramo suma aproximadamente el 24%, y el bosque natural fragmentado el 3%. Las zonas de intervención no superan el 10% del área total. Los valores que son inferiores al 1% de la zona de estudio, se los agrupó en un conjunto llamado “otros”. Lo descrito anteriormente se lo puede apreciar en la Figura 37.

Figura 37: Porcentaje de cobertura vegetal para el año de 1989



Fuente: Esta investigación

7.2.1 Pastos limpios(AGpl). Este tipo de cobertura se lo identifico en el sector conocido como Alto de Ledezma, en el Municipio de La Cruz, con un área de 44,5 has que significo un 0,1% del total del área de estudio.

7.2.2 Mosaico de pastos y cultivos(AGhm1). Esta cobertura se la encontró en el municipio de Bolívar en la cuenca alta del río Achupallas, entre los 3200 y 3400 m.s.n.m. aproximadamente, con una extensión de 18,6 has. Otro sector con esta cobertura se encuentra al norte del municipio de La Cruz (Nariño), al nor-occidente de la quebrada Peña Blanca, a la altura de los 3000 y 3300 m.s.n.m. aproximadamente, con un área de 121 has.

El área más representativa de esta cobertura se la encuentro entre las quebradas La Honda (afluente del río Mayo), El Arrayanal y El Salado, en las cercanías del sector de El Palmar, con un área aproximada de 472 has. que se ubican a una altura entre los 3000 y 3300 m.s.n.m..

Para el municipio de San Bernardo, se observó un área de 24 has, localizadas entre la quebrada Peñas Blancas y el sector de Alto Sano (límite entre San Bernardo y La Cruz) a una altura entre los 3000 y 3100 m.s.n.m.

En el municipio de El Tablón de Gómez se observan tres áreas de este tipo de cobertura, la primera se encuentra al occidente del Volcán Doña Juana en el sector de El Carmelo, con una extensión de 18 has aproximadamente a una altura entre los 3000 y 3200 m.s.n.m. La segunda se encuentra en el sector de Providencia, en la quebrada La Vega (afluente del río Resinas), a una altura de 2600 y 3100 m.s.n.m. aproximadamente, con una extensión de 121 has. Y la última, se la encontró al sur de Gavilla Baja, entre los 2600 y 2900 m.s.n.m., con un área de 98 has aproximadamente; el total de área de este tipo de cobertura fue de 874,1 has que represento el 1.9% del total de coberturas.

7.2.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2). Al norte de la zona de estudio, se encontró este tipo de cobertura en el municipio de La Cruz, entre las quebradas Peña Blanca y El Arrayanal, a una altura de 3000 y 3300 m.s.n.m., con una extensión de 106 has aproximadamente, donde los espacios naturales que se identificaron corresponden a relictos de bosque natural fragmentado.

Al sur del municipio de La Cruz, se encontraron tres áreas de esta cobertura, localizadas a los 3000 y 3200 m.s.n.m. ubicadas en el flanco norte del Volcán Doña Juana. La primera área se encuentra entre el río Los Churos y el río La Palma (afluentes del río Tajumbina), con una extensión de 36,8 has. La segunda área se encuentra en la cuenca media de la quebrada Las Juntas (afluente del río Tajumbina), con una extensión de 82 has aproximadamente; los espacios naturales que se localizaron en estas áreas eran relictos de bosque natural fragmentado; y la última se la encontró extendida en las cuencas altas de las quebradas Los Caicuanes y Santa Ana, con una extensión de 303,6 has, donde los espacios naturales correspondieron a bosques ripario y/o de galería.

El municipio de El Tablón de Gómez es en el cual se observó más presencia de esta cobertura; donde se encontró que al occidente del Volcán Doña Juana, en el sector de La Florida, entre los 3000 y 3100 m.s.n.m. se encuentra un área de 45,6 has; los espacios naturales correspondieron a relictos de bosque. Una gran extensión de esta cobertura se encontró a lo largo de las cuencas de las quebradas Sofía, El Flautal y La Vega (afluentes del río Resinas), a una altura entre los 2600 y 3200 m.s.n.m. y tiene un área de 446 has aproximadamente, donde los bosques riparios y/o de galería correspondieron a espacios naturales.

En el río Resinas esta cobertura se la identificó por la cuenca alta de la quebrada San Pedro, entre las cotas de 2600 y 3000 m.s.n.m. y tiene una extensión de 491 has. Hacia el norte de la cuenca media del río Aponte, a una altura entre los 2600 y 3000 m.s.n.m. se encuentran dos áreas de ésta cobertura, con una extensión de 97 has y 222 has respectivamente; estos sectores presentaron intercalaciones entre relictos de bosque natural fragmentado y bosque de galería.

Para el sector occidental del Resguardo Indígena de Aponte, se presentaron cinco áreas de este mosaico localizadas a una altura entre los 2600 y 2900 m.s.n.m. y se

extendieron entre los sectores denominados Granadillo y El Pedregal, con una extensión de cada una de ellas de 47.3has, 26.3has, 34.7has, 50.7has y 38.5has respectivamente.

Al sur de la zona de estudio, en el sector de Juanoy Alto, se distribuyeron tres áreas entre las cotas de 2600 y 3000 m.s.n.m., enmarcadas entre las micro-cuencas de las quebradas de San Antonio y Cuaracayaco; representando cada una de éstas una extensión de: 45.8has, 126.4has y 43.3has respectivamente; los espacios naturales en este sector y del anterior eran de relictos de bosque natural fragmentado. Este tipo de cobertura representaba 2293.9 has aproximadamente, correspondiendo al 4.9% del área de estudio.

7.2.4 Mosaico de pastos con espacios naturales(AGhm3). Esta cobertura se la encontró presente en dos sectores. El primero se evidenció al nor-occidente del volcán Ánimas en el municipio de La Cruz, en la cuenca alta del río Mayo entre las quebradas de San Roque y El Valle, a una altura entre los 3000 y 3200 m.s.n.m., representando una extensión de 35.5has; donde los espacios naturales correspondieron a relictos de bosque natural fragmentado.

El otro sector se encuentra entre los municipios de La Cruz y San Bernardo, en el sector de Alto Sano; se localiza a una altura entre los 3000 y 3150 m.s.n.m., su cobertura es de 131has; con arbustos y matorrales como espacios naturales. Esta cobertura representó un total de 166.8has que correspondió a un 0.4% del área de estudio.

7.2.5 Bosque natural denso (BNbd). Esta unidad de cobertura es la que mayor área representó, con 29629.2has que equivalieron al 63.7% del total de las coberturas. Este se extendió por el corredor oriental del complejo volcánico Doña Juana, por encima de la cota de los 3000 m.s.n.m. (límite del área de estudio), y oscilando entre los 3200 y 3500 m.s.n.m., sin presentar ningún tipo de intervención antrópica significativa.

Para el corredor occidental del CVDJ, el límite superior de esta cobertura oscila entre los 3400 y 3500 m.s.n.m. y el límite inferior se encuentra desde los 3300 m.s.n.m. hacia abajo, debido a la presión antrópica que se presenta hacia este flanco.

7.2.6 Bosque natural fragmentado(BNbf). Esta cobertura se extendió entre la cuenca alta del río Achupallas en el municipio de Bolívar, posando por las micro-cuencas de las quebradas Peña Blanca, El Arrayanal, El Salado y La Honda del municipio de La Cruz; a una altura de los 3000 y 3500 m.s.n.m., con seis áreas que sumadas corresponden 535.8 has.

En los límites de los municipios de La Cruz y San Bernardo, al nor-occidente del volcán Doña Juana, a una altura entre los 3000 y 3250 m.s.n.m.; se identificaron dos áreas que estuvieron ubicadas en la vereda de Alto Sano y cuentan con un área de 14.4 has y 34.3 has respectivamente. En el municipio de El Tablón de Gómez, se ubicó, esta cobertura entre las cuencas de los ríos Resinas y Aponte, a una altura entre los 2600 y 3000 m.s.n.m. con una superficie de 410has.

Dentro del resguardo indígena se encontraron tres áreas, ubicadas entre las micro-cuencas de las quebradas de San Francisco y Cuaracayaco, a una altura entre los 2600 y

3000 m.s.n.m. e identificándose un área para cada una de 113.8 has, 91.9 has y 55.6 has respectivamente. Y al sur, entre la micro-cuenca de la quebrada de Cuaracayaco y río Cascabel, a una altura entre los 2600 y 2900 m.s.n.m. se localizaron dos áreas que tienen una extensión de 31 has y 35.6 has. La unidad de cobertura de bosque natural fragmentado en total cubre una superficie de 1323.2 has y represento el 2.8% del total de coberturas.

7.2.7 Vegetación de páramo (Pajonales – Frailejonales)(BNap1). La vegetación de páramo se encuentra distribuida representativamente en cuatro sectores a lo largo de la zona de estudio. En el volcán Petacas su cobertura es más evidente a partir de los 3600 m.s.n.m. representándose una extensión de 865 has aproximadamente.

Para el volcán Ánimas, el área de cobertura de esta vegetación es de 469 has; se encuentra a partir de los 3500 m.s.n.m.. En el volcán Doña Juana este tipo de cobertura se encuentra desde los 3000 m.s.n.m., aunque su mayor concentración se destaca a partir de los 3300 m.s.n.m. con intercalaciones de otras coberturas. Su área en este edificio volcánico representa 1015 has. En el cerro Machete de Doña Juana se evidencia un área de 87.74 has por encima de los 3600 m.s.n.m.

El último sector con este tipo de cobertura se encuentra en el Resguardo Indígena de Aponte. Su área de cobertura es de 2475 has y su mayor concentración esta a partir de los 3500 m.s.n.m. La vegetación de páramo en su totalidad cubre un área de 4931.8 has aproximadamente y representa un 10.6% del área de estudio.

7.2.8 Vegetación de páramo (Arbustal)(BNap2). Este tipo de cobertura se encuentra distribuido casi en su totalidad por todo el CVDJ y cerro Machete de Doña Juana, aunque es más representativo en el centro y norte de la zona de estudio, en el cerro Tajumbina y los volcanes Ánimas y Petacas.

La concentración de esta unidad de cobertura vegetal predomina entre las alturas de 3400 y 3800 m.s.n.m. con intercalaciones de bosque natural denso entre los 3400 y 3600 m.s.n.m. Estos arbustos y matorrales con características de tendencia de vegetación paramuna, cubre en su totalidad una superficie de 6655.2 has y representa un 14.3% del total de coberturas.

7.2.9 Vegetación de Subpáramo(BNap3). Este tipo de cobertura se encuentra localizado en un único sector representativo al nor-oriental del volcán Doña Juana. Se encuentra enmarcado entre las alturas de 3400 y 3800 m.s.n.m. Su cobertura es de 217.8 has aproximadamente y representa un 0.5% del total de coberturas.

7.2.10 Vegetación rupícola(BNar). Esta vegetación se encontró localizada en la cima del volcán Doña Juana por encima de los 3800 m.s.n.m. indicando un área de 175 has aproximadamente. En el cerro Machete de Doña Juana, se presentan dos áreas menores que se encuentran localizadas entre los 3400 y 3700 m.s.n.m. y con una extensión de

31.6 has y 12.5 has respectivamente; esta unidad vegetal tiene cubre un área de 219.2 has y representa un 0.5% del área de estudio.

7.2.11 Afloramientos rocosos(BNrr). Esta unidad se presentó únicamente en la cima del volcán Doña Juana por encima de los 3800 m.s.n.m.; cubriendo un área de 47.3 has y representando el 0.1% del área de estudio.

7.2.12 Lagunas, lagos y ciénagas naturales (SAcl). Este tipo de cobertura se encuentra distribuido en el área de estudio de una forma aleatoria, aunque existe una concentración de 17 lagunas al sur del machete de doña Juana en el Resguardo Indígena de Aponte, por encima de los 3300 m.s.n.m. identificables satelitalmente; por otro lado, el área de éstas al igual que el de las demás, está en función de la temporada del año (lluviosa o seca). Dentro de estas lagunas las 2 más representativas tienen un área de 20.9 has y 7.9 has, las demás no superan las 3.5 has.

Otras dos lagunas se encuentran al nor-occidente (laguna de La Caldera) y sur (laguna El Silencio) del volcán Doña Juana además de un pantano (Santo Domingo) ubicado al nor-orientado de este edificio volcánico. Estas tres coberturas mencionadas anteriormente se encuentran por encima de los 3100 m.s.n.m. y la última laguna representativa se encuentra al norte del volcán Ánimas por encima de los 3500 m.s.n.m. con un área de 11.9 has, acompañada por dos pequeñas lagunas que no superan una hectárea cada una. Estos cuerpos de agua conjuntamente con el pantano cubren un área total de 81.1 has y representa un 0.2% del total del área de estudio.

7.3 COBERTURA VEGETAL AÑO 1995

Para cada una de las coberturas vegetales presentes en el año de 1995 se obtuvo como resultado los valores identificados en el Cuadro 13. Estos valores permitieron de una forma generalizada identificar, que la cobertura mayormente impactada de forma negativa fue el bosque natural denso y que la cobertura que creció en mayor proporción fue el mosaico de cultivos pastos y espacios naturales.

Cuadro13: Cobertura vegetal año 1995

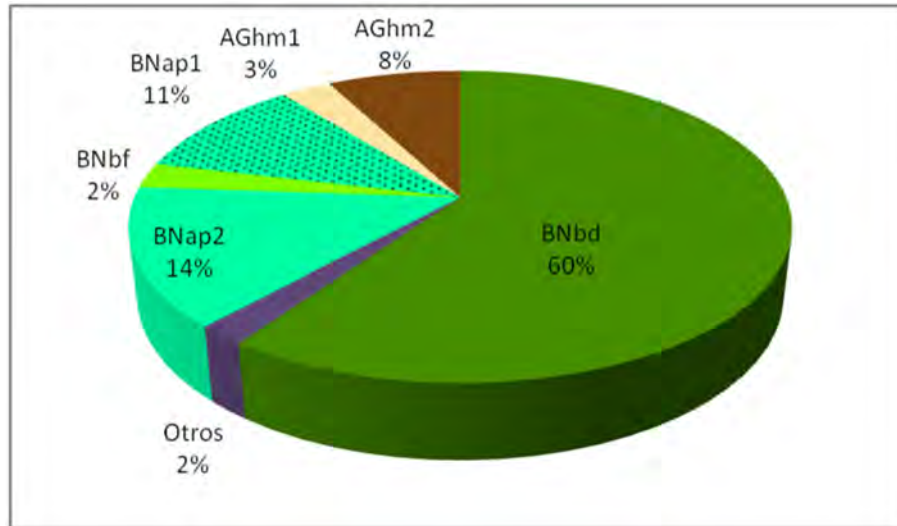
COBERTURA			CODIGO	AREA (Has)	%
TERRITORIOS AGRICOLAS	Pastos	Pastos Limpios	AGpl	110.7	0.2
	Areas agricolas heterogeneas	Mosaico de Pastos y Cultivos	AGhm1	1349.1	2.9
		Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	AGhm2	3618.0	7.8
		Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	AGhm3	273.0	0.6
BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	Bosques	Bosque Natural Denso	BNbd	27775.6	59.8
		Bosque Natural Fragmentado	BNbf	1205.4	2.6
	Areas con vegetacion herbacea y/o arbustiva	Vegetación de Páramo (Pajonal - Frailejonal)	BNap1	4931.8	10.6
		Vegetación de Páramo (Arbustal)	BNap2	6655.2	14.3
		Vegetación de Subpáramo	BNap3	217.8	0.5
		Vegetacion Rupícola	BNar	219.2	0.5
	Areas abiertas, sin o con poca vegetacion	Afloramiento Rocoso	BNrr	47.3	0.1
SUPERFICIES DE AGUA	Aguas continentales	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	SAcl	81.1	0.2
		TOTAL			46484.2

Fuente: esta investigación

El bosque natural denso, a diferencia del año de 1989, disminuyó su cobertura principalmente en el municipio de El Tablón de Gómez, pasando de un 64% del área de estudio a un 60%. La cobertura de páramo se mantiene en condiciones iguales y la cobertura de el mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales aumento de un 5% a un 8% .

Los demás tipos de coberturas no presentan alteraciones significativas. La figura 38 hace evidente los porcentajes para la comparación con el año de 1989

Figura 38: Porcentaje de la cobertura vegetal para el año de 1995



Fuente: Esta investigación

7.3.1 Pastos limpios (AGpl). Esta cobertura se la encontró en el sector conocido como Alto de Ledezma en el Municipio de La Cruz, entre las cotas de 3100 y 3300 m.s.n.m., con una extensión de 42 has. Además en el Municipio de El Tablón de Gómez, a lo largo de la micro-cuenca de la quebrada La Vega, afluente del río Resinas, entre los 2600 y 3100 m.s.n.m., se identificó un área de 68,7 has. La cobertura de pastos limpios tuvo un total de 110.7 has aproximadamente que representaron el 0.2% del total de coberturas.

7.3.2 Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1). En el municipio de La Cruz esta cobertura se la identificó en los límites del Municipio de La Cruz y San Pablo, extendiéndose al norte de la micro-cuenca de la quebrada de Peña Blanca, entre las alturas de 3000 y 3300 m.s.n.m., cubriendo un área de 121 has. También, se la localizó en el sector denominado como El Palmar, al occidente de la micro-cuenca de la quebrada La Honda (afluente del río Mayo), entre las cotas de 3000 y 3300 m.s.n.m., con un área de 485.8 has

En el municipio de San Bernardo, en el flanco nor-occidental del volcán Doña Juana entre las cotas de 3000 y 3100 m.s.n.m. se evidencia un área de esta cobertura de 24.3 has. Para el municipio de El Tablón de Gómez se presenta una pequeña área en el flanco occidental del edificio volcánico de Doña Juana, entre las cotas de 3000 y 3200 m.s.n.m., se identificó una superficie de 18 has.

Al sur de la cuenca media del río Resinas, entre los 2600 y 3100 m.s.n.m. se encontraron tres áreas de 79.7 has, 138.2 has y 238.5 has respectivamente. Al norte de la cuenca media del río Aponte, se evidenciaron dos áreas con 161 has y 82.4 has correspondientemente. La unidad de mosaico de pastos y cultivos, en total presentó un área de 1349.1 has que representó un 2.9% del total de coberturas.

7.3.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2). Esta cobertura se presentó en el municipio de La Cruz, al norte entre las micro-cuencas de las quebradas Peña Blanca y El Arrayanal a una altura entre las cotas de 3000 y 3300 m.s.n.m. con un área de 106 has aproximadamente. Al sur del municipio, en el flanco norte del volcán Doña Juana, se identificaron cuatro áreas de esta unidad, entre las altura de 3000 y 3200 m.s.n.m.; estas coberturas tienen una superficie de 62 has, 83.5 has, 170.4 has y 112 has respectivamente. Los espacios naturales que se presentaron en toda esta zona correspondían, a relictos de bosque natural fragmentado, a excepción de algunos que se encuentran en la parte alta de la quebrada Los Caicuanes, que son relictos de bosque ripario

El municipio de El Tablón de Gómez, es donde existe el mayor porcentaje. En el flanco occidental del volcán Doña Juana, entre las cotas de 3000 y 3100 m.s.n.m., se evidenció un área de 51,4 has.

Al sur de la cuenca alta y media del río Resinas, entre los 2600 y 3300 m.s.n.m., se localizaron cuatro superficies de éste mosaico, identificándose cada una con área de 49.8 has, 441 has, 68.3 has y 316.4 has. Además en la cuenca media del río Aponte se encontraron, entre las cotas de 2600 y 3200 m.s.n.m. dos áreas de aproximadamente 17 has y 818 has. esta última compromete territorio del Resguardo Indígena de Aponte, así también la que se encontró al occidente del resguardo, entre las cotas de 2600 y 3000 m.s.n.m., representando un área de 944 has.

Al sur-occidente del resguardo indígena (sur del área de estudio), se identificaron tres superficies enmarcadas entre la micro-cuenca de la quebrada Cuaracayaco y río Cascabel, a una altura de 2600 y 3000 m.s.n.m. con superficies de 97.7 has, 162.8 has y 115.7 has. La cobertura de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales en total cubrió una superficie de 3618.0 has que correspondieron al 7.8% del total de coberturas.

Los espacios naturales que se encontraban en el municipio de El tablón de Gómez, correspondían a relictos de bosque natural fragmentado, exceptuando una pequeña área en los sectores de Valencia y por la microcuenca de la quebrada El Flautal, que estos correspondieron a relictos de bosque ripario

7.3.4 Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3). Esta unidad de cobertura se la encontró en el municipio de Bolívar, en el sector de Peña Blanca, en la cuenca alta del río Achupallas, entre las cotas de 3200 y 3400 m.s.n.m., con un área de 48,8 has; también se localizó un área, al nor-occidente del volcán Ánimas, entre las quebradas San Roque y El Valle en el municipio de La Cruz, a una altura de 3000 y 3150 m.s.n.m., con una superficie de 35.5 has. En el flanco norte y nor-occidente del volcán Doña Juana, se ubicaron dos área, las cuales se encuentran entre las cotas de 3000 y 3150 m.s.n.m., con 66.8 has y 121.7 has respectivamente; esta última comparte un 30% de su superficie con el municipio de San Bernardo en el sector de Alto Sano.

Los espacios naturales para todas las áreas donde se presentó esta cobertura, para este período, correspondieron a relictos de bosque natural fragmentado; el total de esta cobertura cubrió una superficie de 273 has, representando el 0,6% del total de coberturas.

7.3.5 Bosque natural denso (BNbd). Esta unidad de cobertura fue la más significativa, porque tenía mayor área, hacia la vertiente amazónica se la encontró representada desde la cota de los 3000 m.s.n.m. (límite del área de estudio), y oscilando entre los 3200 y 3500 m.s.n.m. con otras coberturas, sin presentar ningún tipo de intervención antrópica significativa. Para el flanco occidental del CVDJ, el límite superior del bosque natural denso oscila entre los 3400 y 3500 m.s.n.m. y el límite inferior se encuentra desde los 2800 m.s.n.m. aproximadamente.

Teniendo en cuenta los parámetros anteriormente descritos, el bosque natural denso se distribuye por todo el CVDJ, exceptuando algunos casos como el que se encuentra al sur-occidente del volcán Doña Juana (Valle de las Orquídeas ó La Lava), ya que esta cobertura tiene otras características debido a su composición de los suelos. El bosque natural denso tenía una superficie de 2775.6 has, significando el 59.8% del total de coberturas.

7.3.6 Bosque natural fragmentado(BNdf).Esta cobertura para el municipio de La Cruz (N), hacia el centro y norte del municipio se encuentran 6 áreas significativas, la primera se encuentra compartida en un 40% con el municipio de Bolívar (C) a una altura entre las cotas de 3100 y 3450 m.s.n.m. con un área de 181 has, entre las quebradas El Arrayanal, El Salado y La Honda se ubican tres superficies de esta cobertura, a una altura entre los 3000 y 3250 m.s.n.m., indicando áreas de 47.5 has, 25.8 has y 26.2 has respectivamente. Al norte de la quebrada La Honda en el sector de El Palmar, entre las cotas de 3000 y 3250 m.s.n.m., se localizan dos áreas que tienen una superficie de 69 has y 116,7 has, hacia el flanco norte del volcán Doña Juana (sur del municipio), se localiza un área entre las cotas de 3000 y 3250 m.s.n.m. que tiene una superficie de 16.2 has.

Para el municipio de San Bernardo, esta cobertura se la identificó en el sector de Alto Sano, entre las cotas de 3000 y 3150 m.s.n.m. con un área de 34.3 has, la cual comparte un 15% con el municipio de La Cruz. De igual forma, para el municipio de El Tablón de Gómez, se identificaron dos superficies entre las cuencas medias de los ríos Resinas y Aponte en los sectores denominados como Providencia y Gavilla Baja, entre los 2600 y 3100 m.s.n.m., con unas extensiones de 171 has y 99.4 has.

En el resguardo de Aponte se identificaron tres superficies localizadas en la parte alta de las micro-cuencas de las quebradas El Poroto, Vulcanyaco y San Francisco, entre las cotas de 2600 y 3150 m.s.n.m., con áreas de 186.7 has, 118.6 has y 27 has respectivamente. Fuera del resguardo indígena, al sur de la quebrada Cuaracayaco, entre los 2600 y 3050 m.s.n.m. se encontró un área de esta unidad, con 85 has de superficie; el área total que cubrió esta cobertura fue de 1205.4 has y representó el 2.6% del total de coberturas.

7.3.7 Vegetación de páramo (Pajonal - Frailejonal) (BNap1). Esta cobertura se la encontró localizada en los edificios volcánicos de Doña Juana, Ánimas y Petacas. La concentración de esta unidad, para la zona de estudio, predomina entre las alturas de 3400 y 3800 m.s.n.m. con intercalaciones de bosque natural denso entre los 3400 y 3600 m.s.n.m. Para el sector norte de la zona de estudio (volcán Petacas), la superficie de esta cobertura es de 865.4 has aproximadamente y se estableció a partir de los 3600 m.s.n.m.

En el volcán Ánimas, el área de páramo se identifica con 468.6 has; su ubicación con respecto a la altura, es a partir de los 3500 m.s.n.m. Para el centro de la zona de estudio, en el volcán Doña Juana este tipo de cobertura se la encontró desde los 3000 m.s.n.m., aunque su mayor concentración se destaca a partir de los 3300 m.s.n.m. el área en este edificio volcánico represento 1017 has. En el sector del cerro Machete de Doña Juana se evidencia un área de 87.74 has por encima de los 3600 m.s.n.m.

El último conjunto de áreas con este tipo de cobertura se lo identifico en el Resguardo Indígena de Aponte, con un área de 2470 has y su mayor concentración se encuentra a partir de los 3500 m.s.n.m. La vegetación de páramo (pajonal - frailejonal) en su totalidad cubrió un área de 4931.8 has aproximadamente representando el 10.6% del total de coberturas.

7.3.8 Vegetación de páramo (Arbustal) (BNap2). Esta unidad de cobertura se la encontró distribuido casi en su totalidad en todo el CVDJ y cerro Machete de Doña Juana, aunque es más representativa en el centro y norte de la zona de estudio, en el cerro Tajumbina y los volcanes Ánimas y Petacas. La concentración de esta unidad de cobertura predomino entre las alturas de 3400 y 3800 m.s.n.m. con intercalaciones de bosque natural denso entre los 3400 y 3600 m.s.n.m. Estos arbustos matorrales, cubrieron en su totalidad una superficie de 6655.2 has y representaron un 14.3% del total de coberturas.

7.3.9 Vegetación de Subpáramo(BNap3). Se localizó en un único sector, situado al nor-orientado del volcán Doña Juana; se encuentra enmarcado entre las alturas de 3400 y 3800 m.s.n.m. Su cobertura fue de 217.8 has aproximadamente y represento el 0.5% del área de estudio.

7.3.10 Vegetación rupícola(BNar). Está unidad de cobertura se la encontró presente en la cima del volcán Doña Juana y el cerro Machete de Doña Juana. Cubriendo un área de 175 has aproximadamente, en el volcán Doña Juana por encima de los 3800 m.s.n.m. y en el cerro Machete de Doña Juana esta cobertura estuvo a partir de los 3400 m.s.n.m. con una superficie de 44.23 has. La cobertura de vegetación rupícola en total cubrió un área de 219.2 has y represento el 0.5% del total de coberturas.

7.3.11 Afloramientos rocosos (BNrr). En la única parte donde se evidencio este tipo de cobertura es en la cima del volcán Doña Juana por encima de los 3800 m.s.n.m. y se identificó una superficie de 47.3 has. Esta unidad de cobertura represento el 0.1% del total de coberturas.

7.3.12 Lagunas, lagos y ciénagas naturales (SAcl). Esta unidad de cobertura se encuentra dispersa en el área de estudio con mayor agrupación en algunos sectores.

Al norte del volcán Ánimas, por encima de los 3500 m.s.n.m. se encuentra una laguna con un área de 11.9 has, acompañada por dos pequeñas lagunas que no superan una hectárea cada una. Otras dos lagunas se encuentran al nor-occidente (laguna de La

Caldera) y sur (laguna El Silencio) del volcán Doña Juana, además de un pantano (Santo Domingo) ubicado al nor-oriente de este edificio volcánico. Estas tres coberturas mencionadas anteriormente se encuentran por encima de los 3100 m.s.n.m.

Por último, se encuentra una concentración de 17 lagunas al sur del machete de Doña Juana en el Resguardo Indígena de Aponte, por encima de los 3300 m.s.n.m. identificables satelitalmente; por otro lado, el área de estas al igual que el de las demás, está en función de la temporada del año (lluviosa o seca). Dentro de estas lagunas las 2 más representativas tienen un área de 20.9 has y 7.9 has, las demás no superan las 3.5 has. Estos cuerpos de agua conjuntamente con el pantano cubren un área total de 81.1 has y representa un 0.2% del total del área de estudio.

7.4 COBERTURA VEGETAL AÑO 2002

El mapa de cobertura vegetal para el año de 2002 dio como resultado doce tipos de coberturas vegetales presentes en la zona de estudio, las cuales se las describe más adelante detalladamente. Los valores presentes en el Cuadro 14, permiten establecer un comportamiento más pausado que el evidenciado con el cuadro de coberturas del año de 1995; aunque a diferencia de los años anteriores, ahora es el bosque natural fragmentado más representativo en cambios, seguido por el mosaico de pastos cultivos y espacios naturales posteriormente el bosque natural denso.

Cuadro14: Cobertura vegetal año 2002

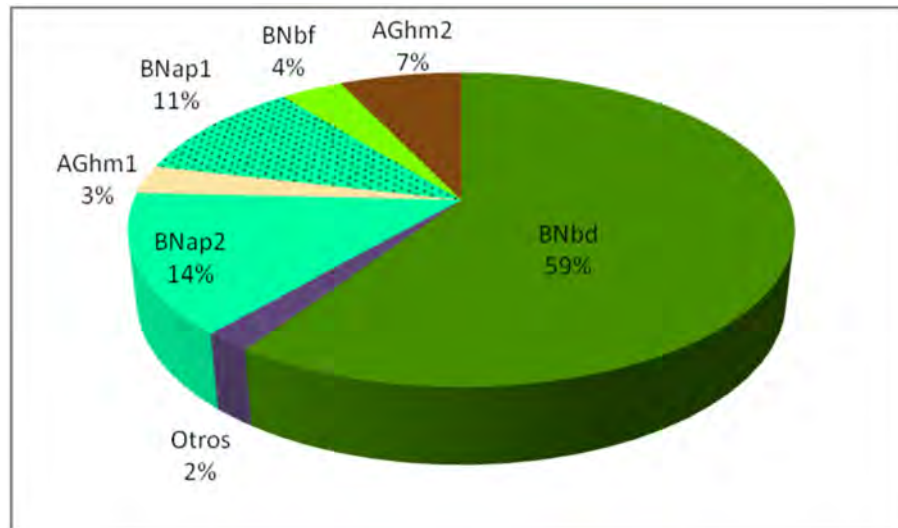
COBERTURA		CODIGO	AREA (Has)	%
TERRITORIOS AGRICOLAS	Pastos	Pastos Limpios	23.5	0.1
	Areas agricolas heterogeneas	Mosaico de Pastos y Cultivos	1366.6	2.9
		Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	3299.0	7.1
		Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	394.0	0.8
BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	Bosques	Bosque Natural Denso	27576.3	59.3
		Bosque Natural Fragmentado	1672.9	3.6
	Areas con vegetacion herbacea y/o arbustiva	Vegetación de Páramo (Pajonal - Frailejonal)	4913.2	10.6
		Vegetación de Páramo (Arbustal)	6673.2	14.4
		Vegetación de Subpáramo	217.8	0.5
		Vegetacion Rupícola	219.2	0.5
	Areas abiertas, sin o con poca vegetacion	Afloramiento Rocoso	47.3	0.1
SUPERFICIES DE AGUA	Aguas continen	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	81.1	0.2
TOTAL			46484.2	100.0

Fuente: Esta investigación

Con los valores de porcentajes se elaboró la Figura 39, la cual respalda gráficamente lo propuesto anteriormente. Con respecto a los porcentajes de 1995, en el año de 2002 El bosque natural fragmentado se incrementó en un 1%, el mosaico de pastos y cultivos con

espacios naturales se disminuyó en un 0.7% y el bosque natural denso se redujo en un 0,5%. Los valores que se siguen presentando más estables son los de páramo (arbustal) y (pajonal-frailejonal), los cuales oscilan entre los 24 y 25% aproximadamente.

Figura39: Porcentaje de cobertura vegetal para el año de 2002



Fuente: Esta investigación

7.4.1 Pastos limpios (AGpl). Este tipo de cobertura se la encontró en el municipio de La Cruz en el sector de Loma Larga con una extensión de 23.5 has, que represento el 0.1% del total de coberturas vegetales, es en el único lugar donde se la encuentra en la zona de estudio.

7.4.2 Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1). Esta unidad se la identifico en el municipio de La Cruz, en el sector de Buenavista con una extensión de 121 has, además se la encontró en El Palmar con 470.3 has.

Para el municipio de El Tablón de Gómez, esta cobertura se la evidenció, en los sectores de Providencia con 407.9 has y en la zona norte de Gavilla Baja con una extensión de 273.1 has y en la zona sur, de este mismo sector, con 72.9has. Correspondiendo así el 2.9% de total de coberturas vegetales con 1366.6 has.

7.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales(AGhm2). Estos mosaicos cubrieron un área total de 3299 has, distribuyéndose de la siguiente manera: en el municipio de La Cruz en la zona sur, desde el río Los Churos hasta llegar al límite con el municipio de San Bernardo, se identificó esta cobertura con una extensión de 362 has. donde los espacios naturales son relictos de bosque natural fragmentado a excepción de los que se encuentran en la quebrada Caicuanes.

En el municipio de El Tablón de Gómez, esta cobertura se la localizó en el sector conocido como El Carmelo, en límites con el Municipio de El Tablón de Gómez, con una extensión de 55has; también hacia la parte sur en este mismo municipio (El Tablón de Gómez) se encontró este tipo de cobertura, con una mayor extensión dentro de toda la zona de estudio, en el sector comprendido desde Providencia, Valencia, Granadillo, resguardo indígena de Aponte hasta Pompeya, estos sectores están ubicados en la parte sur-occidental del área de estudio; donde los relictos de bosque natural fragmentado son los espacios naturales de esta zona, a excepción de Valencia, quebradas El Campanario, El Flautal y San Pedro, que estos espacios son relictos de bosques riparios. La extensión total de esta unidad es de 3299 has, representando el 7.1% del total de las coberturas vegetales

7.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3). Este tipo de cobertura presentó una extensión de 394.0 has, que representaron el 0.8% del total de las coberturas; distribuidas así: en la zona norte, en el Municipio de Bolívar, hay una área de 40 has. Cerca de la desembocadura del río Achupallas; en el municipio de La Cruz, entre las quebradas San Roque y El Valle, se identificó un área de 36.3 has; hacia el sur de este municipio, en el sector de Loma Larga, se encontró una zona con 66.9 has y en límites entre La Cruz y San Bernardo, se evidenciaron 140 has. En el municipio de El Tablón de Gómez exactamente en el resguardo indígena de Aponte se encuentran 110.9 has de esta cobertura. Los espacios naturales que esta cobertura presentó fueron relictos de bosque natural fragmentado, para toda la zona de estudio, que se presentó este tipo de mosaico.

7.4.5 Bosque natural denso (BNbd). Esta cobertura representó el 59.3% del total de las coberturas con 27576.3 has, ubicadas en las partes bajas del páramo (pajoanal - frailejona) y del páramo (arbustal), hacia el flanco occidental, hasta encontrarse con el límite de la frontera agrícola, y hacia el flanco oriental no presenta ningún tipo de intervención.

7.4.6 Bosque natural fragmentado (BNbf). Con una extensión de 1672.9 has, lo que corresponde al 3.6% del total de coberturas, se las encontró distribuidas de la siguiente manera: entre los límites de los municipios de Bolívar y La Cruz, hay un área de 318.9 has; en el resto del territorio de La Cruz entre las quebradas El Salado y La Honda se encuentran pequeños fragmentos que sumados dan un valor de 301.5 has. Hacia el sur del municipio en el sector conocido como la Palma se identificó 120.1 has de esta cobertura.

En el municipio de San Bernardo en Peñas Blancas se observó una área que corresponde a esta cobertura tuvo una extensión 48.3 has; y en el municipio de El Tablón de Gómez se encontró esta cobertura, en el sector de Gavilla Baja, por la quebrada San Pedro, se localizó una extensión de 134.1 has. Hacia el oriente por la quebrada El Campanario se tiene 97.7 has; en el resguardo indígena de Aponte esta cobertura presentó 491.8 has y finalmente hacia la zona sur del municipio del área de estudio en los sectores de

Pompeya y Juanoy alto se establecieron tres fragmentos que sumados representan 125.9 has.

7.4.7 Vegetación de páramo (Pajonal - Frailejonal) (BNap1). Tuvo una extensión de 4913.2 has, lo que correspondió al 10.6% del total de cobertura, distribuidas así: en la zona norte en el volcán Petacas cubrió un área de 865.4 has; en el volcán Animas, se estableció una extensión de 468.6 has; hacia la parte centro, es decir en el volcán Doña Juana se encontró un área de esta cobertura con de 1116.1has; y hacia la zona sur esta cobertura, cubrió las partes altas del Cerro Machete de Doña Juana, con 2474.9has.

7.4.8 Vegetación de páramo (Arbustal)(BNap2). Esta cobertura represento el 14.4% del total de las coberturas con 6673.2has, esta unidad se ubicó a lo largo de la zona de estudio, es decir, en el norte rodea la parte nor-occidental del volcán Petacas, sigue hacia abajo bordeando el volcán Animas, hasta el Cerro Tajumbina, y parte del flanco oriental de la zona de estudio; en el municipio de Santa Rosa. Más hacia la zona sur del área de estudio, esta cobertura se la encuentran en la parte norte y sur del volcán Doña Juana, bajando hasta el Cerro Machete de Doña Juana, bordeándolo principalmente por la zona sur-oriental.

7.4.9 Vegetación de Subpáramo(BNap3). Este tipo de cobertura vegetal solo se la encontró, en la parte nor-oriental del volcán Doña Juana con una extensión de 217.8has, que correspondió al 0.5%.

7.4.10 Vegetación rupícola(BNar). Esta cobertura vegetal se la localizo, en las partes altas del volcán Doña Juana, con una extensión de 219.2has, que representaba el 0.5% del total de coberturas.

7.4.11 Afloramientos rocosos(BNrr). Tuvo una extensión de 47.3has en toda la zona de estudio, esta cobertura vegetal está en la cima del volcán Doña Juana y apenas representa el 0.1% del total de las coberturas vegetales.

7.4.12 Lagunas, lagos y ciénagas naturales. Esta cobertura vegetal se encuentra a lo largo de la zona de estudio, con mayor agrupación en algunos sectores tales como al norte del volcán Animas, se encuentra una laguna con un área de 11.9 has, junto a esta hay dos lagunas pequeñas que no superan una hectárea cada una, hacia el sur de la zona de estudio, en el volcán Doña Juana se encuentra la laguna La Caldera y la laguna de El Silencio, también se encuentra el pantano de Santo Domingo ubicado al nor-oriental de este edificio volcánico.

Al sur del machete de Doña Juana en el Resguardo Indígena de Aponte se encuentran 17 lagunas de las cuales las 2 más representativas tienen un área de 20.9 has y 7.9 has, las demás no superan las 3.5 has. Estos cuerpos de agua conjuntamente con el pantano cubren un área total de 81.09 has y representa un 0.2% del total del área de estudio.

7.5 COBERTURA VEGETAL AÑO 2011

A diferencia de los valores presentados en los años anteriores, las condiciones para el año de 2011 son favorables encaminados hacia la conservación; puesto que de acuerdo a los datos del Cuadro 15, se determina un incremento en los valores del bosque natural denso, un decrecimiento en el bosque natural fragmentado y una estabilidad en el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Esta disminución del bosque natural fragmentado esta principalmente relacionado a los procesos de regeneración que se presentan el norte del volcán Doña Juana en el sector de la reserva de Santa Elena.

Lo anterior, hace evidente el receso a la intervención antrópica sobre los ecosistemas de alta montaña.

Cuadro15:Cobertura vegetal año 2011

COBERTURA			CODIGO	AREA (Has)	%
TERRITORIOS AGRICOLAS	Pastos	Pastos Limpios	AGpl	23.5	0.1
	Areas agricolas heterogeneas	Mosaico de Pastos y Cultivos	AGhm1	1412.8	3.0
		Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	AGhm2	3173.1	6.8
		Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	AGhm3	374.3	0.8
BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	Bosques	Bosque Natural Denso	BNbd	27912.9	60.0
		Bosque Natural Fragmentado	BNbf	1443.6	3.1
	Areas con vegetacion herbacea y/o arbustiva	Arbustos y Matorrales	BNam	27.6	0.1
		Vegetación de Páramo (Pajonal - Frailejonal)	BNap1	4927.6	10.6
		Vegetación de Páramo (Arbustal)	BNap2	6623.4	14.2
		Vegetación de Subpáramo	BNap2	217.8	0.5
		Vegetacion Rupícola	BNar	219.2	0.5
Areas abiertas, sin o con poca vegetacion	Afloramiento Rocoso	BNrr	47.3	0.1	
SUPERFICIES DE AGUA	Aguas continentales	Lagunas, Lagos y Ciénagas Naturales	SACl	81.1	0.2
TOTAL				46484.2	100.0

Fuente: Esta investigación

Con los anteriores valores de porcentaje, se elaboró la Figura 40 para el año de 2011. Se graficó las datos por encima de 1%; los de valor inferior, se los agrupo en un conjunto

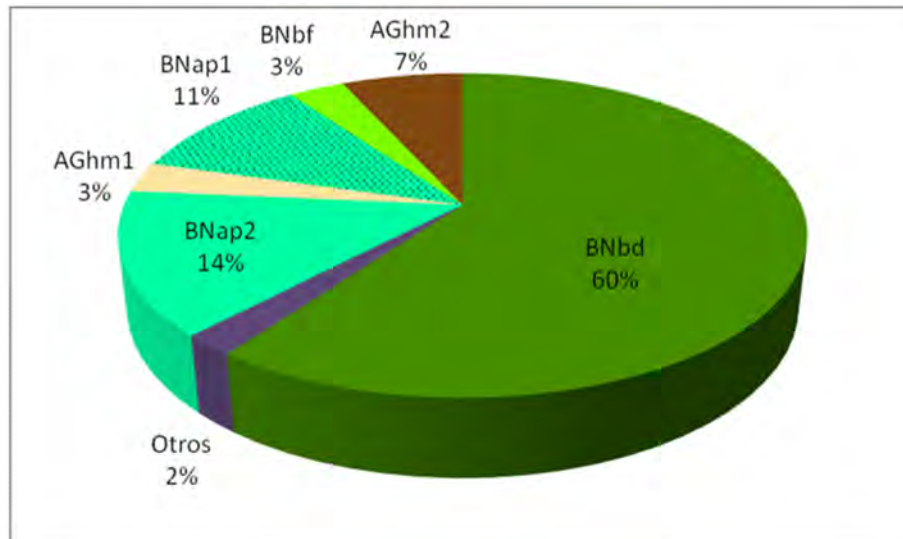
llamado “otros” en el cual se encuentra a pastos limpios, mosaico de pastos con espacios naturales, vegetación de subpáramo, vegetación rupícola, afloramientos rocosos, y lagunas.

Estos valores de porcentaje sustentan lo propuesto anteriormente, puesto que el bosque natural denso se incrementó en un 1% de su área total y el bosque natural fragmentado se redujo en un 1%; mientras que el mosaico de cultivos pastos y espacios naturales, se encuentran estables en un 7% del área de estudio. Para este último año de análisis se concluye que la vegetación de bosque natural denso predomina sobre el área de estudio y oscilo entre los porcentajes de 59 y 64%, siendo mas extenso para el año de 1989.

Las coberturas que más se mantuvieron estables fueron las de páramo, afloramientos rocosos, vegetación rupícola, lagunas y el subpáramo. Las demás coberturas tuvieron cambios representativos mas evidentes en el municipio del Tablón de Gómez y el resguardo indígena de Aponte, seguido en menor proporción por el municipio de La Cruz.

Las condiciones de las coberturas para el año de 2011 tienen características muy similares a las del año de 2002, con cambios de menor proporción y una estabilización a los procesos de deforestación.

Figura40: Porcentaje de cobertura vegetal para el año de 2011



Fuente:Esta investigación

7.5.1 Pastos limpios(AGpl). Esta cobertura vegetal se encuentra en el municipio de La Cruz entre los sectores de La Palma y Loma Larga.Una extensión de 23.5 has es en la única existente dentro del área de estudio; representa el 0.1% del total de las coberturas vegetales, tal como se observa en la figura 41, en el sector de Alto de Ledezma.

Figura 41: Pastos limpios, Alto de Ledezma



Fotografía: Daniel Ortega.

7.5.2 Mosaico de pastos y cultivos(AGhm1). Con una extensión de 1412.8 has, corresponden al 3% del total de coberturas. Se distribuye por la zona de estudio de la siguiente manera: en el municipio de La Cruz, (sector de El Palmar), con 466.7has; hacia el centro de la zona de estudio en el flanco occidental del volcán Doña Juana, se encuentran dos parches que sumados hacen una extensión de 39.2has. Para el municipio de El Tablón de Gómez, se encuentra entre las quebradas San Pedro y Sofía, con una extensión de 389.6has. En gavilla baja se encuentra un área de 258.9 has; adjuntamente hacia el sur, se encuentra una extensión de 73has. En la figura 42, se observa esta cobertura en el sector de Valencia en el municipio de El Tablón de Gómez.

Figura 42: Mosaico de pastos y cultivos. Valencia, Tablón de Gómez



Fotografía: Daniel Ortega.

7.5.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales(AGhm2). Este tipo de cobertura se lo encuentra en la zona norte del municipio de La Cruz, entre las quebradas

Peña Blanca y El Arrayanal con 96.9has.Hacia el centro de la zona de estudio,(flanco nor-occidental del volcán Doña Juana)se presenta una extensión de 368.2has. Para el municipio de El tablón de Gómez, en límites con el municipio de San Bernardo; se encuentra este tipo de coberturacon una extensiónde 58.6 has. Hacia el sur de la zona de estudio, (flanco sur-occidental), esta cobertura es más evidente en el sector de Providencia, Gavilla Baja y Valencia;identificando un área de 1132.4 has.para el sector comprendido entre El Granadillo y el resguardo indígena de Aponte, se encuentra una extensión de 468.4has; consecutivamente, hacia la zona más baja del resguardo, se localiza esta coberturacon 625.6has.Fuera del resguardo indígena, la zona de Juanoy Alto y Pompeya, se encuentran 354.8 has. Este tipo de cobertura vegetal, corresponde al 6.8% del total de las coberturas con 3173.1 has.

En la figura 43, se observa este tipo de cobertura en la riera del río Los Churos, en el sector conocido como Barro Azul.

Figura 43: Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Barro Azul, La Cruz



Fotografía: Guido Gallardo. PARQUE NACIONAL NATURAL complejo volcánico Doña Juana-Cascabel

7.5.4 Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3). Con el 0.8% del total de las coberturas, equivale a 374.3 has, siendo esta cobertura la de menorrepresentación entre los tres tipos de mosaicos identificados en la zona de estudio.Se distribuye de la siguiente manera: en el municipio de Bolívar se encuentra un área de 38.2 has.Para el municipio de La Cruz en el flanco occidental del volcán petacas, se localiza un área de 40.5has entre las quebradas San Roque y El Valle.Hacia la zona centro del área de estudio, es decir, (volcán Doña Juana), se encuentra un sector con esta vegetación que tiene una extensión de 62.4 has y en límites de los municipios de La Cruz y El Tablón de Gómez, se identifican 137.3 has. Finalmente, en el Resguardo Indígena de Aponte se encuentran 96 has de esta cobertura de mosaico.

En la figura 44, se identifica esta cobertura en el predio San Antonio, en el municipio de La Cruz.

Figura 44: Mosaico de pastos con espacios naturales, predio San Antonio, La Cruz



Fotografía: Guido Gallardo. PARQUE NACIONAL NATURAL complejo volcánico Doña Juana-Cascabel

7.5.5 Bosque natural denso(BNbd). Este tipo de cobertura vegetal se identifica con el 60% del total de las coberturas, representando 27912.9 has. Este se extiende a lo largo de la zona de estudio, ubicándose en el sector occidental a partir de los 2800 m.s.n.m. (altura aproximada donde se localiza la frontera agrícola), hasta los 3400 m.s.n.m. aproximadamente. (Limite aproximado de la cobertura de páramo (arbustal)). Para el flanco oriental del CVDJ, esta vegetación se la encuentra desde el límite de la zona de estudio (3000 m.s.n.m.) hasta los 3.400 m.s.n.m. aproximadamente. Esta cobertura vegetal se la identifica en la figura 45 en el flanco sur-occidental del volcán Petacas

Figura 45: Bosque natural denso, sur-occidente volcán Petacas



Fotografía: Leonardo Molina. PARQUE NACIONAL NATURAL complejo volcánico Doña Juana-Cascabel

7.5.6 Bosque natural fragmentado (BNbf). En límites de los municipios de Bolívar y La Cruz, se encuentra esta cobertura con una extensión de 217.1 has. Desde el Nor-occidente hasta el Sur-occidente del volcán Petacas, se identifica cuatro parches de esta cobertura que sumados representan 295.8 has. En el flanco norte del volcán Doña Juana se encuentra una zona de 56.1 has.

Para el municipio de San Bernardo, en el sector de Peñas Blancas se encuentran dos fragmentos de esta cobertura; el primero midiendo 20.9 has y el segundo 20.5 has. Hacia el sur de la zona de estudio, en el municipio de El Tablón de Gómez se encontró las siguientes áreas con este tipo de cobertura: en providencia, por la quebrada San Pedro, se localizan 157.6 has; en Gavilla Baja, 70.3 has; en la quebrada El Campanario, se encuentra 51.7 has.

Al occidente del resguardo indígena de Aponte se encontraron cuatro áreas que se distribuyen de norte a sur y tienen las siguientes magnitudes: 216 has, 175.2 has, 19 has y 99.1 has

Finalmente en Juanoy Alto, exactamente al sur de la zona de estudio, se encuentra un fragmento que mide 44.2 has. El total de hectáreas de esta cobertura vegetal es 1443.6 y corresponden al 3.1% de la zona de estudio. En la figura 46, se identifica esta cobertura en el sector de La Palma, en el Municipio de La Cruz.

Figura 46: Bosque natural fragmentado, La Palma, La Cruz



Fotografía: Daniel Ortega.

7.5.7 Arbustos y matorrales (BNam). Esta cobertura vegetal representa el 0.1% con 27.6 has, localizadas en el Municipio de La Cruz (flanco nor-oriental del volcán Doña Juana). Este tipo de cobertura vegetal es el producto de los procesos de regeneración y restauración que se dieron a partir del establecimiento de la reserva de Santa Helena (Figura 47) y que se mencionaran más adelante en el capítulo de cambios de cobertura.

Figura 47: Arbustos y Matorrales, reserva Santa Helena, La Cruz



Fotografía: Leonardo Molina. PARQUE NACIONAL NATURAL. complejo volcánico Doña Juana-Cascabel.

7.5.8 Vegetación de páramo (Pajonal - Frailejonal) (BNap1). Se localiza en las partes altas de los volcanes Petacas, Animas, Doña Juana y cerro Machete de Doña Juana; tiene una extensión de 4927.6 has que representan el 10.6% del total de las coberturas vegetales de la zona de estudio. En la figura 48 se observa esta cobertura en el volcán Ánimas, sector occidental de la Laguna del Mayo

Figura 48: Vegetación de páramo (pajonal - frailejonal), volcán Ánimas



Fotografía: Leonardo Molina. P.N. N. complejo volcánico Doña Juana-Cascabel.

7.5.9. Vegetación de páramo (Arbustal) (BNap2). Desde la zona norte esta cobertura se la encuentra en el flanco nor-occidental del volcán Petacas, desde el límite superior del bosque natural denso (3400 m.s.n.m. aproximadamente), hasta los 3600 m.s.n.m. (límite inferior de la vegetación de páramo (pajonal-frailejonal)).

Continúa hacia el sur rodeando el volcán Ánimas, cubriendo el Cerro Tajumbina y en los sectores norte y sur-occidental del edificio volcánico de Doña Juana. Para el Cerro Machete de Doña Juana se identifican algunos pequeños sectores alrededor de la cobertura de páramo (pajonal-frailejonal). El total de este tipo de cobertura es 6623.4 has que representan el 14.2% del total de las coberturas. En la figura 49, se observa esta cobertura al nor-oriental de la Laguna del Silencio.

Figura 49: Vegetación de páramo (arbustal), El Silencio, Tablón de Gómez



Fotografía: Leonardo Martínez Ordoñez. P.N. N. complejo volcánico Doña Juana-Cascabel.

7.5.10. Vegetación de Subpáramo (BNap3). Esta cobertura solo se la encuentra en el volcán Doña Juana (flanco nor-oriental), en el nacimiento de la quebrada Las Juntas, con una extensión de 217.8 has, equivalente al 0.5% del total de las coberturas. Este tipo de vegetación se observa en la figura 50.

Figura 50: Vegetación de subpáramo, nor-oriental volcán Doña Juana



Fotografía: Guido Gallardo. PARQUE NACIONAL NATURAL. complejo volcánico Doña Juana-Cascabel

7.5.11 Vegetación rupícola (BNar). 219.2 has componen esta unidad representando un 0.5% del total de las coberturas. Se la encuentra en la cima del volcán doña Juana y en la parte alta del cerro Machete de Doña Juana, Como se observa en la figura 51.

Figura 51: Vegetación Rupícola, cerro Machete de Doña Juana



Fotografía: Leonardo Martínez Ordoñez. PARQUE NACIONAL NATURAL. complejo volcánico Doña Juana-Cascabel

7.5.12 Afloramientos rocosos(BNrr). Estos afloramientos son identificables en la parte alta del volcán Doña Juana, como se observa en la figura 52; tiene un área de 47.3 has y corresponde al 0.1% del total de las coberturas.

Figura 52: Afloramiento rocoso, volcán Doña Juana



Fotografía: Leonardo Martínez Ordoñez. PARQUE NACIONAL NATURAL complejo volcánico Doña Juana-Cascabel.

7.5.13 Lagunas, lagos y ciénagas naturales (SAcl) esta cobertura vegetal representa el 0.2% del total de las coberturas vegetales con 81.09has, distribuidas de la siguiente manera: al norte del volcán Ánimas, se localiza la Laguna del Mayo con un área de 11.9 has, junto a esta se encuentran dos lagunas pequeñas que no superan una hectárea cada una.

Hacia el sur de la zona de estudio, en el volcán Doña Juana se localizan las lagunas de: La Caldera y El Silencio, además del Pantano de Santo Domingo. Continuando hacia el sur, en el cerro machete de Doña Juana, exactamente en el Resguardo Indígena de Aponte, se encuentran 17 lagunas de las cuales 2 son más representativas y tienen un área de 20.9 has y 7.9 has respectivamente; las demás no superan las 3.5 has. en las figuras 53 y 54 se identifican dos claros ejemplos de esta unidad, identificando la Laguna del Mayo en el sector norte del volcán Ánimas y el pantano de Santo Domingo al nor-oriental del volcán Doña Juana.

Figura 53 Laguna del Mayo, La Cruz



Fotografía: Leonardo Molina. PARQUE NACIONAL NATURAL. complejo volcánico Doña Juana-Cascabel.

Figura 54: Pantano Santo Domingo, La Cruz



Fotografía: Guido Gallardo. PARQUE NACIONAL NATURAL. complejo volcánico Doña Juana-Cascabel.

8. FACTORES DE CAMBIO EN LA COBERTURA VEGETAL

Este capítulo está dividido en dos partes, en la primera se encuentra la definición de cada una de las categorías de cambio que se hallaron para la zona de estudio, y la segunda parte corresponde a la descripción detallada de los mapas de cambio para los años 1989 a 1995, 1995 a 2002, 2002 a 2011 y 1989 a 2011, además de la identificación de factores de cambio para cada una de las categorías de cambio.

8.1 CATEGORÍAS DE CAMBIO

Para la identificación de las categorías de cambios se tuvo en cuenta los tipos de cambio que aplicaron al estudio, los cuales fueron: el cambio de la cobertura, la extracción de una cobertura, la aparición y desaparición de polígonos. Teniendo en cuenta lo anterior, se hizo un listado de los cambios que se generarían, donde posteriormente se los cruzó en la matriz de cambios, y dio como resultado el Cuadro 16, donde se observa cada categoría de cambio con su respectivo color como se presenta en los mapas de cambios.

Cuadro 16: Matriz de cambios

COBERTURA VEGETAL	Pastos Límpios	Mosaico de Pastos y Cultivos	Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	Bosque Natural Denso	Bosque Natural Fragmentado	Bosques Achaparrados	Vegetación de Páramo (Arbustal)	Vegetación de Páramo (Pajonal - Frailejonal)	Vegetación Rupícola	Afloramiento Rocoso	Lagunas
Pastos Límpios	Sin Cambios	Intervención Agrícola	No aplica	No aplica	No aplica	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Paramización	No aplica	Erosión	Anegamiento
Mosaico de Pastos y Cultivos	Intervención Pecuaria	Sin Cambios	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Paramización	No Aplica	Erosión	Anegamiento
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Sin Cambios	Intervención Pecuaria	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Paramización	No aplica	Erosión	Anegamiento
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Sin Cambios	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Paramización	No aplica	Erosión	Anegamiento
Bosque Natural Denso	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Sin Cambios	Deforestación	No aplica	No aplica	Paramización	No aplica	Erosión	No aplica
Bosque Natural Fragmentado	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Regeneración / Restauración	Sin Cambios	Deforestación	Deforestación	Paramización	No aplica	Erosión	No aplica
Bosques Achaparrados	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Sin Cambios	Regeneración / Restauración	Paramización	No aplica	Erosión	Anegamiento
Vegetación de Páramo (Arbustal)	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Sin Cambios	Paramización	No aplica	Erosión	Anegamiento
Vegetación de Páramo (Pajonal - Frailejonal)	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	No aplica	No aplica	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Sin Cambios	No aplica	Erosión	Anegamiento
Vegetación Rupícola	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Paramización	Sin Cambios	Erosión	Anegamiento
Afloramiento Rocoso	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Regeneración / Restauración	Sin Cambios	Anegamiento
Lagunas	Sedimentación	Sedimentación	Sedimentación	Sedimentación	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Paramización	No aplica	No aplica	Sin Cambios

Fuente: Esta investigación

A continuación se presenta la descripción de los cambios presentes en la zona de estudio e identificados por medio de la matriz de cambios.

8.1.1 Intervención Agrícola. Este proceso de intervención está asociado al cambio de la cobertura vegetal de pastos limpios a mosaico pastos y cultivos, donde generalmente se encuentran cultivos principalmente de papa, el cual es comercializado, seguido de productos que son para la canasta familiar como el haba y el ulloco. . 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. Además la siembra de cultivos ilícitos (amapola) es una actividad que ha incidido en el desmonte y la quema de las áreas naturales

8.1.2 Intervención Pecuaria. Está direccionada al desarrollo de actividades ganaderas con fines de producción de leche y carne; este cambio se presenta cuando las coberturas vegetales de mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, bosque natural denso, bosque natural fragmentado, bosques achaparrados, vegetación de páramo (arbustal) y vegetación de páramo (pajonal - frailejona) cambian a pastos limpios; también se presenta este cambio cuando la cobertura de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, bosque natural denso, bosque natural fragmentado, bosque achaparrados, vegetación de páramo (arbustal) y vegetación de páramo (pajonal - frailejona) pasa a mosaico de pastos con espacios naturales.

8.1.3 Intervención Agropecuaria. Es cuando se presenta la combinación de las dos intervenciones anteriores de manera simultánea, es decir, intervención pecuaria e intervención agrícola. 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 vegetales de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, bosque natural denso, bosque natural fragmentado, bosque achaparrados, vegetación de páramo (arbustal) y vegetación de páramo (pajonal - frailejona) pasan a mosaico de pastos y cultivos y/o mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

8.1.4 Intervención multipropósito con deforestación. Se define como la acción de despojar un terreno de vegetación natural de tipo forestal, 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 o sequías.

8.1.5 Regeneración / Restauración. La restauración ecológica se define como la aplicación de técnicas y estrategias tendientes al restablecimiento parcial o total de la estructura y función de los ecosistemas perturbados. Sin tener en cuenta los casos en que predomina una intervención mediante obras civiles, existen 2 tendencias principales para enfrentar el problema al que se refiere la definición anterior; de un lado, un enfoque productivo u orientado hacia lo "agroforestal" y de otro, un enfoque "ecológico" que no espera rendimientos de tipo económico¹²⁹.

En términos generales la sucesión ecológica es el proceso de desarrollo del ecosistema hacia una mayor productividad, biomasa, complejidad, estabilidad y control del ambiente por los seres vivos. Se caracteriza por el remplazamiento de unas especies por otras a través del tiempo, aunque en los ecosistemas terrestres la sucesión vegetal es la más evidente, éste es un proceso que se da a diversos niveles (físico, biótico y social). Las sucesiones son un proceso complejo y de remplazamiento entre especies pueden diferir notoriamente, aún entre sitios muy cercanos.

Este cambio se presenta cuando la cobertura vegetal de pastos limpios pasa a bosque natural fragmentado, bosque achaparrados y vegetación de páramo (arbustal), también cuando el mosaico de pastos y cultivos cambia a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, bosque natural denso, bosque natural fragmentado, bosque achaparrados y vegetación de páramo (arbustal).

Además cuando el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y el mosaico de pastos con espacios naturales cambian a bosque natural denso, bosque natural fragmentado, bosque achaparrados y vegetación de páramo (arbustal), 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 (arbustal), también cuando la vegetación de páramo (arbustal) cambia a bosque natural denso, bosque natural fragmentado y bosque achaparrados, y, finalmente cuando la vegetación de páramo (pajona - frailejona) cambia a bosques achaparrados y/o vegetación de páramo (arbustal).

8.2 CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 1989 A 1995

De acuerdo a las categorías descritas anteriormente, para este período se evidenciaron cuatro tipos de cambio a lo largo del período analizado, que corresponde a los últimos 22 años, representados en el Cuadro 17, de los cuales, la intervención agropecuaria y la deforestación son los cambios más representativos que los demás cambios

Los valores de las hectáreas se encuentran identificados en la cartografía generada durante la investigación.

¹²⁹. REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. Restauración de Ecosistemas a partir del manejo de la vegetación. 2003. p 11.

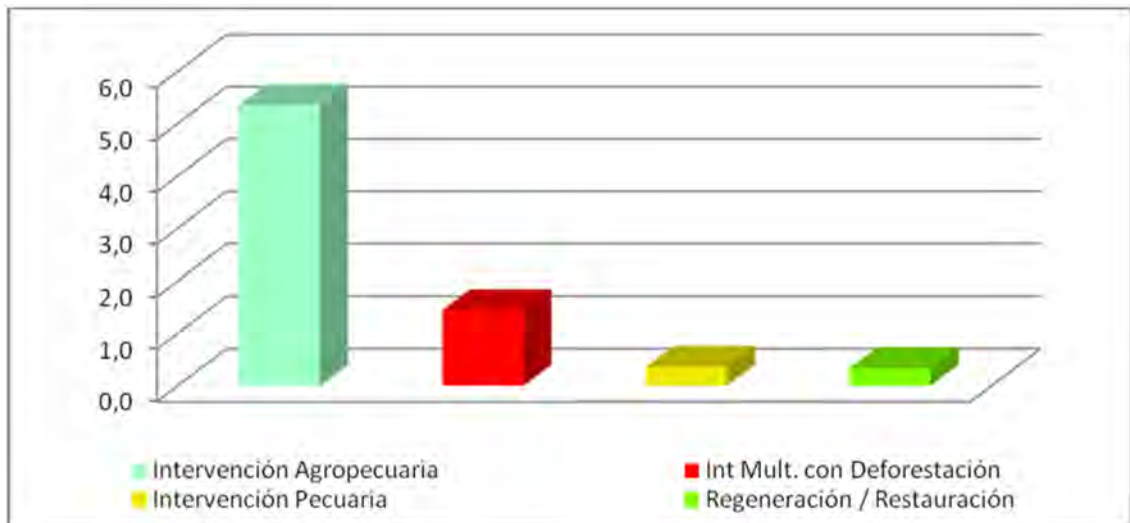
Cuadro17: Categorías de cambio de cobertura vegetal período 1989 a 1995

Cambio	Hectáreas	Porcentaje
Intervención Pecuaria	165.9	0.4
Intervención Agropecuaria	2488.0	5.4
Intervención Multipropósito con Deforestación	669.3	1.4
Regeneración / Restauración	154.9	0.3
Sin Cambios	43006.2	92.5
TOTAL	46484.2	100.0

Fuente: Esta investigación

El 92.5% del área de estudio no presenta cambios en la cobertura vegetal. La cobertura predominante de este porcentaje corresponde a bosque natural denso y vegetación característica de páramo principalmente. El 7.5% restante de cobertura vegetal se encuentra distribuido entre los tipos de cambio que se encuentran representados en la figura 55.

Figura 55 Porcentaje del cambio de cobertura vegetal entre 1989 y 1995



Fuente: Esta investigación

8.2.1 Intervención pecuaria. Este tipo de cambio en cobertura, se lo evidencio en tres sectores de la zona de estudio; el primero se lo encontró localizado al norte del Municipio de Bolívar, en la cuenca alta del río Achupallas, con un área de 30 has aproximadamente, donde la insistencia de la intervención antrópica reflejo un cambio de bosque natural fragmentado a mosaico de pasto con espacios naturales, debido principalmente a la ocupación de áreas destinadas a la ganadería.

El segundo sector donde se localizó este cambio fue al norte del Volcán Doña Juana, entre los 3000 y 3100 m.s.n.m en el Municipio de La Cruz, identificando un área de 66.8has, donde la desaparición de cultivos género que una cobertura de mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales pasara a ser una cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales, debido principalmente a que las pendiente fuertes y la composición de tendencia arenosa de los suelos, hacen que su potencialidad de producción disminuya; debido a esto los suelos se destinaron a la actividad pecuaria.

Finalmente, el tercer sector de este cambio estaba localizado entre los sectores de Gavilla Baja y Providencia en la microcuenca de la quebrada La Vega en el Municipio de El Tablón de Gómez, con 68.7 has, de las cuales 61 has pasaron de ser mosaico de pastos y cultivos a pastos limpios, con 4.1has paso de bosque natural denso a pastos limpios y con 3.6 has paso de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a pastos limpios, donde el cambio principalmente se generó a la baja rentabilidad de los cultivos como haba, papa, ulloco, arveja entre otros, donde se desarrollaban en baja proporción principalmente para el pancoger. La desaparición de estos cultivos conllevo a la utilización de suelos para el desarrollo de ganadería extensiva no tecnificada.

En síntesis, el cambio de cobertura vegetal relacionado con intervención pecuaria tiene como principal factor la ampliación de áreas destinadas a pastizales, por la baja rentabilidad que los cultivos de la zona generaban, por lo tanto se destinaron para el actividades ganaderas.

8.2.2 Intervención agropecuaria. Este tipo de cambio se encuentra distribuido en cuatro sectores en la zona de estudio, que corresponde al 5.4% del total de cambios con 2488 has; el cual es muy preocupante, por la cantidad de áreas intervenidas; el primer sector se lo encontró al norte del municipio de La Cruz, en la microcuenca quebrada El Arrayanal entre las cotas 3000 y 3100 m.s.n.m, representando un área de 13.1has, donde inicialmente había una cobertura de bosque natural fragmentado y paso a una cobertura de mosaico de pastos y cultivos. Este cambio está asociado a la ampliación de la frontera agrícola para a la introducción de cultivos ilícitos que se están efectuado desde las partes más bajas.

El segundo sector corresponde a una agrupación de zonas con este cambio que están localizadas al norte y nor-occidente del volcán Doña Juana, en los municipios de La Cruz y el Tablón de Gómez, con un área de 25.3 has, que se encontraban entre las cuencas de los ríos La Palma y Los Churos, a una altura de 3000 y 3100 m.s.n.m, siendo el cambio de bosque natural denso a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; dentro de este sector también se encontró una zona de 9 has, ubicada entre la quebrada Las Juntas y el río La Palma, entre los 3000 y 3100 m.s.n.m, que corresponden a una cobertura inicial de bosque natural denso y paso a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Además, otra zona de 6.6 has, ubicada entre 3000 y 3100 m.s.n.m, al norte del sector conocido como Alto Sano, donde la cobertura para el año 1989 era bosque natural denso para el año 1995 paso a mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales; en el sector de Alto Sano en límites con los Municipios de La Cruz y San Bernardo, se encontraron localizadas dos zonas que representaban 14.4 has, situadas a una altura de 3000 y 3200 m.s.n.m, en las cuales se muestra un cambio de bosque natural denso a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

En este mismo sector entre las cotas de 3000 y 3100 se localizó una área de 9.5 has, donde el cambio fue de mosaico de pastos con espacios naturales a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y finalmente para este mismo lugar entre los 3100 y 3200 m.s.n.m, se estableció este cambio con un área de 11.0 has, que cambiaron de bosque natural fragmentado a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Al occidente del volcán Doña Juana en la microcuenca de la quebrada Peñas Blancas, límite entre el municipio de San Bernardo y El Tablón de Gómez se encuentra un área de 5.6 has ubicada entre los 3000 y 3100 m.s.n.m, donde la cobertura inicial era bosque natural denso y paso a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

El tercer sector, donde este cambio es más representativo, se ubicaba en el Municipio de El Tablón de Gómez, entre las cuencas de los ríos Resina y Aponte, se encontraron varios sectores de cambio, los cuales se los nombrara según el cambio de cobertura vegetal inicial; cuando la cobertura del año 1989 era bosque natural fragmentado y para el año 1995 paso a mosaico de pastos y cultivos se identificaron sectores que sumados dan una área de 90.9 has, que se localizan altitudinalmente entre los 2600 y 3000 m.s.n.m.

En esta zona también se encontró áreas de cambio, donde el bosque natural denso pasó a mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales, los cuales se los localizó entre Providencia, en las microcuencas de la quebrada El Flautal y al occidente de la quebrada El Campanario, que altitudinalmente se encuentran ubicados entre los 2700 y 3300 m.s.n.m, con un área de 107.0 has; otro sector de cambios de cobertura vegetal, se localizó, entre Gavilla Baja y Providencia, aproximadamente entre las cotas de 2600 y 3000 m.s.n.m, con una cobertura inicial de mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales que paso a mosaico pastos y cultivos, con un área de 469.4 has; finalmente se encontró el cambio de cobertura vegetal entre bosque natural fragmentado y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, localizados en los sectores de Valencia y Gavilla Baja, a un altura aproximada de 2600 y 3000 m.s.n.m, cubriendo un área de 320.9 has.

El cuarto y último sector donde se localiza la intervención agropecuaria es en el Resguardo Indígena de Aponte y Pompeya; se encontraron cambios en la cobertura inicial que correspondía a de bosque natural denso y paso a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, estos se los localizó en el flanco occidental del resguardo indígena de Aponte, entre las microcuencas de las quebradas Cuaracayaco, San Francisco, Vulcanyaco y El Poroto, a una altura aproximada entre los 2600 y 3200 m.s.n.m, cubriendo un área de 1099.9 has.

Además, se encontró un cambio de cobertura vegetal de bosque natural fragmentado a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, entre la microcuenca quebrada Cuaracayaco afluente del río Juanambú y la quebrada San Francisco afluente del río

Aponte, ubicados aproximadamente a 2600 y 3000 m.s.n.m, que suman un área de 355.3 has, estas están dentro del Resguardo de Aponte, y al sur del resguardo en el sector de Pompeya se encuentran dos áreas que suman 44.4 has, localizadas entre los 2600 y 3000 m.s.n.m.

Los factores de cambio para la intervención agropecuaria, en la zona de estudio, están principalmente relacionados con el auge de los cultivos ilícitos, ya que las condiciones climáticas y del suelos eran aptos para este tipo de cultivo y además de la cercanía de los centros poblados, también la población dejó de lado los cultivos tradicionales para dedicarse de lleno al cultivo de la amapola porque les generaba mayores ingresos económicos a corto plazo y se justificaban diciendo que las entradas monetarias de los cultivos lícitos eran muy bajas para el trabajo que les costaba la preparación de la tierra, el cuidado del cultivo hasta que esté listo para la cosecha y posteriormente su venta.

El señor Tomás Bravo^(*) señaló en una entrevista que... "antes se dedicaban a los cultivos de papa, ulloco, maíz, ahora estos cultivos han desaparecido un poco por el motivo de la amapola, la gente acude o acudimos a lo más fácil ya que este cultivo proporcionaba más plata que una carga de papa".

Por otro lado, en algunas zonas esta actividad se generó por personas que llegaban de otras regiones, las cuales arrendaban los predios e incentivaron las comunidades al desarrollo de los cultivos ilícitos.

Estos cultivos conllevaron a la aparición de problemas en las comunidades, como lo afirma Maribel Flores,^(**)... "con estas prácticas de cultivos también aparecieron problemas como contaminación y reducción del recurso hídrico, enfermedades respiratorias en la piel etc. y aun habiendo autoridades se permitió el desarrollo y avance de estos cultivos".

Habitantes de la región también afirman que la instauración de estos cultivos generaron mucha violencia, además de la aparición de grupos al margen de la ley; en algunos casos los jóvenes portaban armas, comenzaron a tener dinero a temprana edad y por ende la deserción de los colegios aumento y con esta dinámica se generaron conflictos sociales internos entre las poblaciones de estas zonas.

8.2.3 Intervención multipropósito con deforestación. Este tipo de cambio represento el 1.4% del total de cambios con 669.3 has. Donde el cambio de cobertura para todos los

(*)BRAVO. Tomás. Municipio de El Tablón de Gómez. Habitante de la vereda Valmaría. Observación inédita. 2011.

(**)FLORES. Maribel. Municipio de El Tablón de Gómez. Habitante del resguardo indígena de Aponte. Observación inédita. 2011.

sectores donde se encuentra este cambio fue de bosque natural denso a bosque natural fragmentado, distribuidas de la siguiente manera; al norte del municipio de La Cruz el cambio, ubicado en la microcuenca Peña Blanca, aproximadamente entre 3200 y 3400 m.s.n.m, con un área de 10.2 has, también se encuentra este cambio en el flanco norte del Volcán Doña Juana entre 3000 y 3200 m.s.n.m aproximadamente, con 12 has.

En el municipio de El Tablón de Gómez, se encontró este cambio en dos áreas, la primera localizada entre los sectores de Gavilla Baja y Providencia, entre las cotas de 2800 y 3100 m.s.n.m aproximadamente, con un área de 136 has; y la segunda área está localizada en el cauce principal del río Aponte entre 2700 y 3100 m.s.n.m aproximadamente, con 99.4 has.

En el resguardo indígena de Aponte este cambio se lo encontró en tres áreas representativas con 186.7 has, 118.6 has y 27.0 has, localizadas en las microcuencas de las quebradas El Poroto, Vulcanyaco y San Francisco respectivamente, a una altura aproximada de 2600 y 3100 m.s.n.m, presentando un total de 332.3 has para este sector. Finalmente para el sector de Pompeya se encuentra un área de 79.4 has, localizada entre las cotas de 2600 y 3000 m.s.n.m.

El principal factor de cambio para que se genere la deforestación es la tala de árboles dentro del bosque natural denso, con el fin de obtener terrenos aislados en la medida que sean imperceptibles a las autoridades, para la implementación de los cultivos ilícitos.

Además, en menor proporción la tala del bosque se da para la generación de leña para las labores domésticas, ya que en general, el sector rural no tiene los recursos económicos o presenta dificultades para la adquisición o manejo de otras herramientas que sustituyan la leña.

8.2.4 Regeneración / restauración. Este tipo de cambio de cobertura vegetal se lo encontró localizado en el Municipio de Bolívar, en la cuenca alta del río Achupallas entre las cotas de 3200 y 3300 m.s.n.m. aproximadamente, con 18.5 has, donde inicialmente era cobertura vegetal de mosaico de pastos y cultivos y paso a mosaico de cultivos con espacios naturales; además por esta zona, desde los 3200 hasta los 3500 m.s.n.m, hay un cambio de cobertura de bosque natural fragmentado a bosque natural denso con 39.9 has.

En el Municipio de La Cruz, este cambio se lo localizó al flanco norte del volcán Doña Juana, entre 3100 y 3200 m.s.n.m, con un área de 6 has, donde el cambio de cobertura vegetal es de mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales a bosque natural denso, otro sector se lo localiza a los 3000 y 3200 m.s.n.m aproximadamente con un cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado con 4.3 has.

Para el municipio de El Tablón de Gómez, al sur de la quebrada Sofía afluente del río Resinas, se encontró un área entre 3000 y 3300 m.s.n.m, con un cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural denso con una extensión de 6.9 has; entre las quebradas San Pedro afluente del río Resinas y El Campanario afluente del río Aponte se localizan cinco zonas de cambio las cuales sumadas representaron 29.6

has, están a 2600 y 3100 m.s.n.m, alineadas de norte a sur; además en este sector se encuentra una cobertura de 5.0 has entre los 2900 y 3100 m.s.n.m aproximadamente, en las cuales el cambio es de mosaico de pastos y cultivos a bosque natural fragmentado

En el Resguardo Indígena de Aponte se encontraron tipos de cambio entre la quebrada San Francisco y Cuaracayaco, a una altura de 2900 y 3000 m.s.n.m, con un área de 5.3 has; hacia el sector de Pompeya y Juanoy Alto se localizaron tres áreas distribuidas entre las quebradas Curacayaco, Monjayaco y el río Cascabel, con 7.6 has, 14.6 has y 17.1 has respectivamente, entre las cotas de 2600 y 2800 m.s.n.m, la regeneración / restauración tiene un total de 154.9 has, las cuales representaron un 0.3 % del total de cambios en la cobertura vegetal.

El principal factor de cambio para la regeneración / restauración está favorecido por el abando de algunos predios debido a la baja rentabilidad de los cultivos lícitos y la dedicación a otras actividades económicas, este factor de cambio no es tan relevante, evidentemente por su bajo porcentaje en áreas de recuperación.

8.3 CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 1995 A 2002

Para este período de análisis a diferencia de los demás incluyendo el de los cambios totales, se tiene cinco tipos de cambio en la cobertura vegetal presentes en el Cuadro 18, de los cuales, la regeneración / restauración y la intervención agropecuaria son los más representativos y se encuentran por encima de las 315 has; mientras que las otras tres categorías no superan las 207 has.

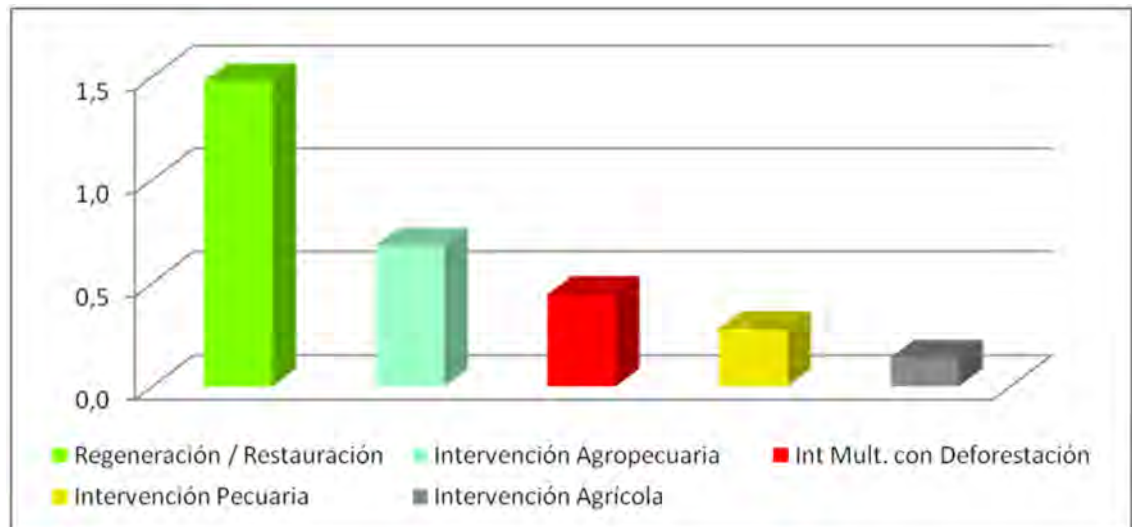
Cuadro18: Categorías de cambio de cobertura vegetal período 1995 a 2002

Cambio	Hectáreas	Porcentaje
Intervención Agrícola	64.5	0.1
Intervención Pecuaria	129.1	0.3
Intervención Agropecuaria	315.7	0.7
Intervención Multipropósito con Deforestación	206.9	0.4
Regeneración / Restauración	687.1	1.5
Sin Cambios	45080.9	97.0
TOTAL	46484.2	100

Fuente: Esta investigación

En la figura 56 se observa que el mayor cambio es regeneración / restauración y corresponde al 1.5% del total de cambios, y el que tiene menor área de cambio es intervención agrícola con el 0.1%; además esta figura permite dimensionar de forma generalizada la proporción entre los tipos de cambio para este período.

Figura 56: Porcentaje del cambio de cobertura vegetal entre 1995 y 2002



Fuente: Esta investigación

8.3.1 Intervención agrícola. Este tipo de cambio represento 0.1% del total de cambios con 64.5 has, se lo localizo en un solo sector del área de estudio que es en el municipio de El Tablón de Gómez en la microcuenca de la quebrada la Vega, entre las cotas de 2600 y 3100 m.s.n.m aproximadamente. Se identificó un cambio de pastos limpios a mosaico de pastos y cultivos; de ahí, el factor de cambio que está influyendo en esta variación en la cobertura vegetal es la instauración de cultivos ilícitos, que genera para este período altos ingresos económicos.

8.3.2 Intervención pecuaria. Este tipo de cambio, se lo localizo en tres áreas a lo largo de la zona de estudio, las cuales son: la primera se la encontró en el límite de los Municipios de La Cruz y San Bernardo, en el sector conocido como Alto Sano, entre los 3000 y 3100m.s.n.m aproximadamente, con un área de 18.2 has, en el cual el cambio fue de bosque natural fragmentado a mosaico de pastos con espacios naturales.

Las dos áreas siguientes están localizadas en el resguardo indígena de Aponte, en la parte alta de la quebrada San Francisco, entre los 2600 y 3000 m.s.n.m aproximadamente, con un cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a mosaico de pastos con espacios naturales, las cuales hacen un total de 110.9 has.

El indicador de cambio de la intervención pecuaria es la tala indiscriminada, con fines comerciales y también para las labores domésticas, y posteriormente estos espacios fueron utilizados para la crianza de ganado vacuno principalmente.

8.3.3 Intervención agropecuaria. Este tipo de cambio correspondió al 0.7% del total de cambio para los años de 1995 y 2002 con 315.7 has, distribuidas en el área de estudio así: en el Municipio de La Cruz, al occidente del volcán Petacas, en la quebrada La Onda, entre las cotas de 3100 y 3200 m.s.n.m, se localizó un área de 5.6 has, las cuales el cambio fue de bosque natural denso a mosaico de pastos y cultivos; otra área de cambio lo encontró, al norte del volcán Doña Juana, junto a la quebrada Las Juntas, entre los 3100 y 3200 m.s.n.m, con 7.7 has, donde la cobertura inicial era bosque natural denso y cambio a mosaico de cultivos pastos y espacios naturales.

Para el Municipio de El Tablón de Gómez, entre el río Resinas y el río Aponte se encontraron cambios, como el de la microcuenca de la quebrada Sofía y la quebrada El Flautal, que está a una altura aproximada de 2600 y 3000 m.s.n.m, con 125.5 has, en las cuales el cambio fue de cultivo de pastos y espacios naturales a mosaico de pastos y cultivos; además entre la microcuencas de las quebradas Sofía, El Flautal y El Campanario, en el sector de Providencia y entre los 2800 y 3200 m.s.n.m aproximadamente, se encuentran tres áreas de cambio con 3.6 has, 8.4 has y 5.1 has respectivamente, en los cuales la cobertura inicial era bosque natural denso y cambiaron a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales,

Entre la microcuenca de la quebrada La Vega y la quebrada El Campanario, se localizan dos áreas, entre los 2700 y 3100 m.s.n.m, en los sectores de Gavilla Baja y Providencia, con 47.6 has y 10.7 has respectivamente, en las cuales el cambio fue de bosque natural fragmentado a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

En el Resguardo Indígena de Aponte, se evidenció este tipo de cambio, en el cauce principal del río Aponte, entre las cotas de 2700 y 3000 m.s.n.m aproximadamente, con 73.7 has, donde la cobertura de 1995 era bosque natural denso y para 2002 paso a mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales; además se encontraron dos áreas en la microcuenca de la quebrada Bulcanyaco, ubicadas altitudinalmente entre los 2600 y 2800 m.s.n.m, con una extensión de 19.9 has y 5.2 has respectivamente, en las cuales el cambio fue de bosque natural fragmentado a mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales.

Finalmente en el sector de Pompeya y el río Cascabel se evidenciaron dos áreas respectivamente, la primera está a los 2600 y 2700 m.s.n.m, con 14.2 has y la segunda se ubicaba entre 2800 y 3000 m.s.n.m, con un área de 9.4 has, las cuales cambiaron de bosque natural denso a mosaico cultivos, pastos y espacios naturales.

Al igual que en el período de 1989 a 1995 el factor de cambio que estaba influenciando a la intervención agropecuaria, fue principalmente los cultivos ilícitos, que hasta ese momento se desencadenó otro problema que fue la disminución del precio por la alta oferta de este producto en otros municipios. En muchos lugares donde antes no se había cultivado la amapola, se empezó a sembrar, resultando más fácil su comercialización.

8.3.4 Intervención multipropósito con deforestación. Este cambio fue evidente al norte del Municipio de la Cruz entre las quebradas Peña Blanca y El Arrayanal, localizada altitudinalmente entre las cotas de 3200 y 3400 m.s.n.m, con una extensión de 31.4 has, en la cual el cambio fue de bosque natural denso a bosque natural fragmentado, al noroccidente del volcán Animas, en la quebrada San Roque, entre las cotas de 2800 y 3100 m.s.n.m aproximadamente. También en esta zona se ubica un área de 35.3 has de cambio entre bosque natural denso a bosque natural fragmentado.

Finalmente para este municipio se encontraron dos extensiones, que estaban entre las cotas de 3100 y 3300 m.s.n.m aproximadamente, donde la una tiene un área de 19.5 has y la otra 3.4 has, para las cuales en cambio fue de bosque natural denso a bosque natural fragmentado.

En el Municipio de San Bernardo, en el sector de Alto Sano y la quebrada Peñas Blancas, se ubicaron dos áreas entre 3000 y 3100 m.s.n.m, con áreas de 18.4 has y 8.5 has, donde el cambio corresponde de bosque natural denso a bosque natural fragmentado.

En el municipio de El Tablón de Gómez, en el resguardo Indígena de Aponte, entre el cauce principal del río Aponte y la microcuenca de la quebrada el Poroto, entre los 2800 y 3100 m.s.n.m, con una extensión de 31 has se presentó un cambio de cobertura de bosque natural denso a bosque natural fragmentado; también, se encuentran dos áreas más, entre la quebrada Bulcanyaco, a los 2800 y 3100 m.s.n.m aproximadamente, que tienen una extensión de 12.6 has y 10 has, donde el cambio fue de bosque natural denso a bosque natural fragmentado.

En el sector comprendido entre Juanoy Alto y el río Cascabel, se localizaron dos áreas de cambio, la primera se ubicó entre los 2700 y 2900 m.s.n.m y la segunda está a los 2600 y 2800 m.s.n.m, donde el cambio fue de bosque natural denso a bosque natural fragmentado, con una extensión de 13.5 has y 23.3 has respectivamente, este tipo de cambio de cobertura vegetal representa el 0.4% del total de las coberturas con una extensión de 206.9 has.

Como se evidencio en el período de 1989 a 1995, el principal factor de cambio para la deforestación siguió siendo la tala indiscriminada de los bosques, con el fin de ganarle terreno a la montaña como dicen los habitantes de la zona, para la implementación de las actividades productivas que en este caso fueron los cultivos ilícitos. En otros sectores esta tala se da con el fin de obtener recursos económicos a través de la comercialización de la madera pero a menor escala y en menor proporción la tala se da para las labores domésticas.

8.3.5 Regeneración / restauración. Este cambio tuvo una extensión de 687.1 has que representaron el 1.5% del total de cambios para este período, las cuales están distribuidas a lo largo del área de estudio de la siguiente manera, en el Municipio de Bolívar en la parte alta del río Achupallas, entre los 3200 y 3400 m.s.n.m se encontraron dos áreas de 5.9 has y 3.2 has, las cuales el cambio fue de mosaico de pastos y espacios naturales a bosque natural denso, al norte del Municipio de La Cruz entre las quebradas Peña Blanca y El Arrayanal, entre las cotas de 3000 y 3300 m.s.n.m, con una extensión de 106.1 has,

en las cuales el cambio fue de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado.

Entre la quebrada El Arrayanal y El Salado, también se identificó un cambio de cobertura vegetal, entre los 3000 y 3100 m.s.n.m aproximadamente y su extensión es de 11.8 has y en la cual el cambio fue de mosaico de pastos y cultivos a bosque natural fragmentado; en el sector de El Palmar al occidente de la quebrada La Honda, entre los 3000 y 3200, se encontró un área de 8.7 has, que pasaron de mosaico de pastos y cultivos a bosque natural fragmentado; al norte del volcán Doña Juana, entre los ríos Los Churos y La Palma a los 3000 y 3100 m.s.n.m, con una extensión de 8.0 has, se presentó un cambio de mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales a bosque natural denso.

En este mismo sector, pero al occidente de la microcuenca de la quebrada Las Juntas, ubicado entre los 3000 y 3100 m.s.n.m, se identificó un área de 6.2 has, en las cuales el cambio fue de bosque natural fragmentado a bosque natural denso; en la parte alta de la microcuenca de la quebrada Los Caicuanes, entre las cotas de 3000 y 3200 m.s.n.m, con un área de 66has, se evidencio un cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado, en el mismo sector entre los 3100 y 3300 m.s.n.m, había una área de 18.4 has, donde eran pastos limpios y pasaron a bosque natural fragmentado .

Para el municipio de El Tablón de Gómez, al occidente del Volcán Doña Juana, en el sector de El Carmelo, a una altura de 3000 y 3200 m.s.n.m, se identificó un área de 18.1 has, que inicialmente eran mosaico de pastos y cultivos y pasaron a bosque natural denso; además en otro sector para este municipio, entre los ríos Resina y Aponte se encontraron varias áreas de este cambio, entre los 2800 y 3100 m.s.n.m aproximadamente, con una extensión de 5.6 has que pasaron de pastos limpios a bosque natural fragmentado.

En el norte de la cuenca media del río Aponte, a una altura de 2600 y 2900 m.s.n.m, se evidenciaron tres áreas de cambio, con extensiones de 36.4 has, 17.7 has y 82.4 has, las cuales pasaron de mosaico de pastos y cultivos a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; al occidente de la quebrada El Campanario, entre las cotas de 2700 y 2900 m.s.n.m, con un área de 15.6 has, la cobertura inicial (1995) de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales cambió a bosque natural fragmentado; y al oriente de esta misma microcuenca entre los 2800 y 3100 m.s.n.m aproximadamente se presenta un cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural denso, con una extensión de 9.0 has.

En el área del Resguardo Indígena de Aponte, este tipo de cambio se ubicó en la divisoria de aguas de los ríos Resinas y Aponte, entre las cotas de 2800 y 3000 m.s.n.m, con una extensión de 21.3 has, que cambiaron de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural denso. En este mismo sector entre los 2900 y 3100 m.s.n.m, se presentó un cambio de bosque natural fragmentado a bosque natural denso, con 5.0 has.

En la parte alta de la microcuenca Cuaracayaco, se presentó un área que está entre los 2600 y 3000 m.s.n.m, cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado, con una extensión de 138.5 has; en la parte sur del área de

estudio, entre las quebradas Cuaracayaco y Monjayaco, se encontraron dos áreas, donde la primera está entre los 2600 y 2800 m.s.n.m, con una extensión de 8.2 has en la cual el cambio fue de mosaico de cultivos, pastos y espacio naturales a bosque natural denso; y la segunda está a una altura de 2700 y 3000 m.s.n.m., con un área de 35.9 has, que pasaron de bosque natural fragmentado a bosque natural denso.

Finalmente, al norte de Juanoy Alto, entre las cotas de 2600 y 2800 m.s.n.m se identificaron, dos áreas con 33.7 has y 7.2 has, que cambiaron de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado

Parala regeneración / restauración los factores de cambio están asociados al decrecimiento paulatino del precio del látex sustraído de la amapola, en este sector. Lo anterior conlleva a que algunas personas que trabajaban en los cultivos ilícitos (propios de la zona y forasteros) migraran hacia otras regiones en busca de mejores oportunidades de trabajo. Provocando el abandono de algunos predios.

8.4 CAMBIOS EN LA COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 2002 A 2011

Para este período de 2002 a 2011 se identificaron cuatro tipos de cambio representados en elCuadro19, de los cuales, al igual que el período entre 1995 y 2002, la intervención agropecuaria y la regeneración / restauración, son los más representativos, puesto que se encuentran por encima de las 250 has, mientras que las demás categorías no superan las 18 has.

Cuadro19: Categorías de cambio de cobertura vegetal período 2002 a 2011

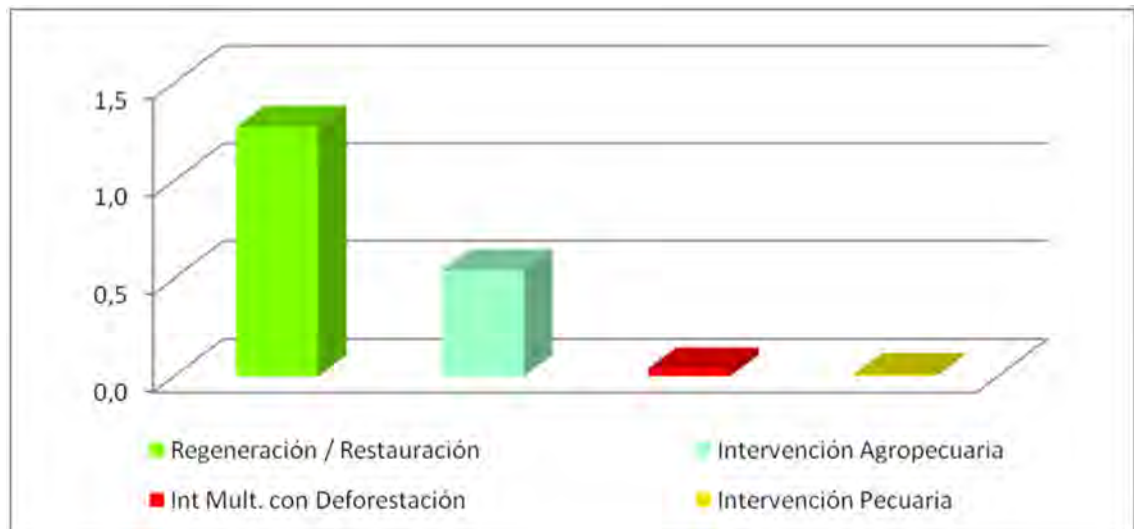
Cambio	Hectáreas	Porcentaje
Intervención Pecuaria	4.7	0.01
Intervención Agropecuaria	250.3	0.5
Intervención Multipropósito con Deforestación	17.8	0.04
Regeneración / Restauración	591.7	1.3
Sin Cambios	45619.7	98.1
TOTAL	46484.2	100

Fuente: Esta investigación

En la Figura 57se encuentran graficados los porcentajes para cada tipo de cambio encontrado en este período analizado y que además nos permite identificar como la categoría de regeneración / restauración duplica en proporción a la intervención

agropecuaria, mientras que la deforestación y la intervención pecuaria no tiene gran significancia con respecto a las dos anteriores.

Figura 57: Porcentaje del cambio de cobertura vegetal entre 2002 y 2011



Fuente: Esta investigación

8.4.1 Intervención pecuaria. Este tipo cambio se lo encuentra en el área de estudio con solo 4.7 has que representa el 0.01 % del total de cambios, se la localizo en el municipio de La Cruz, al nor-occidente del volcán Animas, entre las microcuencas de las quebradas San Roque y El Valle, a una altura aproximada de 3000 y 3100 m.s.n.m, y donde el cambio fue de bosque natural denso a mosaico de pastos con espacios naturales. Para este período analizado es muy difícil determinar un factor de cambio ya que el área de intervención es muy pequeña y solo se presenta en una parte de la zona de estudio.

8.4.2 Intervención agropecuaria. Este cambio de cobertura vegetal estaba distribuido a lo largo del área de estudio, al norte del Municipio de La Cruz, entre las quebradas Peña Blanca y el Arrayanal, a una altura de 3000 y 3300 m.s.n.m, se encontró una extensión de este cambio de 49.6 has, que pasaron de bosque natural fragmentado a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; al sur de la quebrada el arrayanal, entre los 3000 y 3100 m.s.n.m, había un área de 3.8 has, que cambiaron de bosque natural fragmentado a mosaico de pastos y cultivos.

Al norte del Volcán Doña Juana, entre los ríos La Palma y Los Churos, a una altura entre los 3100 y 3200 m.s.n.m, se evidencio este cambio con 7.3 has, donde el bosque natural denso paso a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; al occidente de la quebrada las Juntas, entre los 3100 y 3200 m.s.n.m se identificó un área de 4.8 has, que cambiaron de bosque natural fragmentado a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Para el municipio de El Tablón de Gómez, este cambio se presentó al occidente del volcán Doña Juana, entre los 3000 y 3100 m.s.n.m, con una extensión de 4.8 has que cambiaron de vegetación de páramo (pajonal – frailejona) a mosaico de cultivos y espacios naturales; y en la parte alta de la microcuenca quebrada Manzanillo, a una altura de 3000 y 3200 m.s.n.m, una cobertura de bosque natural denso paso a mosaico de pastos y cultivos, con un área de 18.1 has.

Una cobertura inicial de bosque natural denso cambio a mosaico de cultivos pastos y espacio naturales, identificada al oriente de la quebrada Sofía, entre los 3000 y 3100 m.s.n.m, con una extensión de 3.2 has; también otra área es ubicada entre las quebradas Sofía y El Flautal, a una altura de 3000 y 3300 m.s.n.m, con un área 34.9 has.

En el cauce principal del río Aponte y la quebrada el Campanario, se localizaron dos áreas; la primera, a los 2600 y 3000 m.s.n.m, con un área de 54.4 has, donde el cambio fue de mosaico de cultivos y espacios naturales a mosaico de pastos y cultivos; y la segunda área, estaba a una altura de 2800 y 2900 m.s.n.m aproximadamente, con una extensión de 6.6 has que cambiaron de bosque natural fragmentado a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Al sur del área de estudio entre las quebradas Cuaracayaco y Monjayaco, se identificaron áreas, ubicada altitudinalmente entre los 2600 y 3000 m.s.n.m, con 8.1 y 7.4 has, con un cambio de bosque natural denso a mosaico de cultivos pastos y espacios naturales; este tipo de cambio con 250.3 has representa un 0.5% del total de cambio.

Para la intervención agropecuaria los factores de cambio, en algunos sectores estuvieron ligados a la insistencia de seguir desarrollando los cultivos ilícitos, pero en una menor proporción. Además en otros sectores la consecuencia que genera cambio es la instauración de cultivos lícitos en lugares más altos y también el desarrollo de actividades pecuarias, que es más notorio en el municipio de La Cruz en las zonas ya mencionadas donde se presenta este cambio, pero en el municipio de El Tablón de Gómez sucede lo contrario, es decir, la actividad más efectuada es la agrícola.

8.4.3 Intervención multipropósito con deforestación. En el municipio de La Cruz este tipo de cambio se encontró al norte del mismo, en la microcuenca de la quebrada El Arrayanal, entre las cotas de 3000 y 3100 m.s.n.m aproximadamente, con una extensión de 6.5 has, las cuales pasaron de bosque natural denso a bosque natural fragmentado. Al sur de la zona de estudio, es decir, en el municipio de El Tablón de Gómez, en la quebrada Cuaracayaco, entre las cotas de 2600 y 2900 m.s.n.m, se identificó un área de 11.3 has, en la cual el cambio fue de bosque natural denso a bosque natural fragmentado. Este tipo de cambio representa un 0.04% con 17.8 has del total de cambios. Donde el factor detonante al cambio sigue siendo como en anteriores períodos la tala indiscriminada, para la comercialización y para las labores caceras.

8.4.4 Regeneración / restauración. Este cambio de cobertura vegetal tenía una extensión de 591.7 has, que representaban un 1.3 % del total de cambios, los cuales se distribuyeron así: en el municipio de La Cruz, al norte de este, entre las quebradas El Arrayanal y La Honda, se encontraron dos áreas, entre los 3000 y 3200 m.s.n.m

aproximadamente, con un área de 4.2 y 5.6 has, en las cuales la cobertura inicial era mosaico de pastos y cultivos y paso a bosque natural denso.

También, entre los 2800 y 3100 m.s.n.m, se localizó un área, con una extensión de 35.3 has, que cambió de bosque natural fragmentado a bosque natural denso; al norte del volcán Doña Juana, a una altura de 3100 y 3300 m.s.n.m, se identificaron dos áreas con una extensión de 43.2 has y 28.8 has, que pasaron de bosque natural fragmentado a bosque natural denso, en el mismo sector, se estableció una área con 4.5 has, entre los 3000 y 3100 m.s.n.m, en las cuales el cambio fue de pastos con espacios naturales a bosque natural fragmentado.

En el municipio de San Bernardo entre los 3000 y 3100 m.s.n.m, por la quebrada Peñas Blancas, existió un área de 9.6 has, que pasaron de bosque natural fragmentado a bosque natural denso.

Para el municipio de El Tablón de Gómez, este cambio se lo localizo en la divisoria de aguas de los ríos Resinas y Aponte, en el sector de Providencia, a una altura de 2900 y 3200 m.s.n.m aproximadamente, con una extensión de 43.6 has, en el cual el cambio fue de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural denso; en este mismo sector, en la microcuenca San Pedro, se localizaron dos áreas de 14.2 has y 9.4 has, a una altura de 2700 y 2900 m.s.n.m, en las cuales el cambio fue de mosaico de pastos y cultivos a bosque natural fragmentado.

Al sur occidente de Gavilla Baja, entre los 2600 y 2900 m.s.n.m, se identificó un área de 70.3 has, las cuales pasaron de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado; hacia el norte del cauce principal del río Aponte entre las cotas de 2800 y 3600, se estableció una área de 39.3 has, en las que el cambio fue de bosque natural fragmentado a bosque natural denso.

En el Resguardo Indígena de Aponte, a una altura de 2800 y 3000 m.s.n.m, se evidencio un área con una extensión de 7.5 has, en las cuales el cambio fue de mosaico de pastos y cultivos a bosque natural denso; entre las microcuencas de las quebradas Bulcanyaco y San Francisco, se identificaron 70.7 has y 6.3 has, que pasaron de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado y en el mismo sector, un área de 19.3 has paso de bosque natural fragmentado a bosque natural denso.

Al sur de la quebrada San Francisco, entre las cotas de 2800 y 3000 m.s.n.m, se encontró un área de 16.0 has, donde pasaron de mosaico de pastos con espacios naturales a bosque natural denso; y en el mismo sector, a una altura de 2900 y 3000 m.s.n.m, se encontró una extensión de 5.0 has, que presento un cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural denso.

En la parte alta de la microcuenca quebrada Cuaracayaco, entre las cotas de 2600 y 3000 m.s.n.m, se identificó un área de 12.3 has, la cual tuvo un cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural denso. En el área de influencia de la microcuenca se ubican tres áreas de 34.7 has, 9.4 has y 3.6 has que pasaron de bosque natural fragmentado a bosque natural denso.

Al sur de la zona de estudio entre las quebradas Cuaracayaco y Monjayaco se identificó un área, entre 2600 y 3000 m.s.n.m, que tiene una extensión de 50.8 has, donde el cambio fue de bosque natural fragmentado a bosque natural denso; al norte de Juanoy Alto, entre las cotas de 2800y 3000 m.s.n.m, se identificaron dos áreas, con una extensión de 6.7 has y 7.2 has respectivamente, en la cuales el cambio fue de mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales a bosque natural denso y finalmente en el cruce del río Cascabel entre las cotas de 2600 y 2800 se identifican 30.5 has, que cambiaron de bosque natural fragmentado a bosque natural denso.

En la regeneración / restauración los factores que han influido en este cambio son varios. En primera instancia se retoman los factores del período 1995 a 2002 que corresponden al abandono de los cultivos por falta de estabilidad en la rentabilidad económica de los mismos, destacando que para este período (2002 a 2011), dicho factor es más pronunciado. A estos factores se suma la influencia que ha ejercido PNN y CORPONARIÑO para crear conciencia en la población acerca de los daños e impactos negativos que se están provocando al ambiente natural con las talas indiscriminadas del bosque.

Además, otro factor positivo que contribuyó a la desaparición de los cultivos ilícitos es un agente natural, como lo es un ardilla, la cual se comía la semilla de la amapola, según los habitantes de la zona de estudio, que se interesan por la recuperación y restauración de del bosque natural denso y fragmentado, esto provocaba la pérdida del varias áreas de este cultivo, lo que género que los cultivadores se cansaran y dejaran sus terrenos abandonados.

Los mismos conflictos sociales internos de las comunidades sirvió como indicador de que la comercialización con cultivos ilícitos es un agente que desestabiliza el orden social; siendo éste ejemplo más claro y representativo para el resguardo indígena de Aponte. Como intervención a esta problemática, se instauraron políticas y medidas de control por parte de la nueva administración en cabeza del gobernador indígena Hernando Chindoy, que lleva ejerciendo este cargo desde el año de 2003.

8.5 CAMBIOS DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERÍODO 1989 A 2011

Para el análisis de los cambios del período total (22 años), se tienen en cuenta cuatro tipos de cambio. Aunque en el período entre 1995 y 2002 ocurrieron cambios de intervención agrícola, para los cambios totales no es evidente esta categoría, así que no se la tuvo en cuenta. En elCuadro 20 se indican las categorías, hectáreas y porcentaje de cambio, como un total entre los años de 1989 2011.

Cuadro20: Categorías de cambio de cobertura vegetal período 1989 a 2011

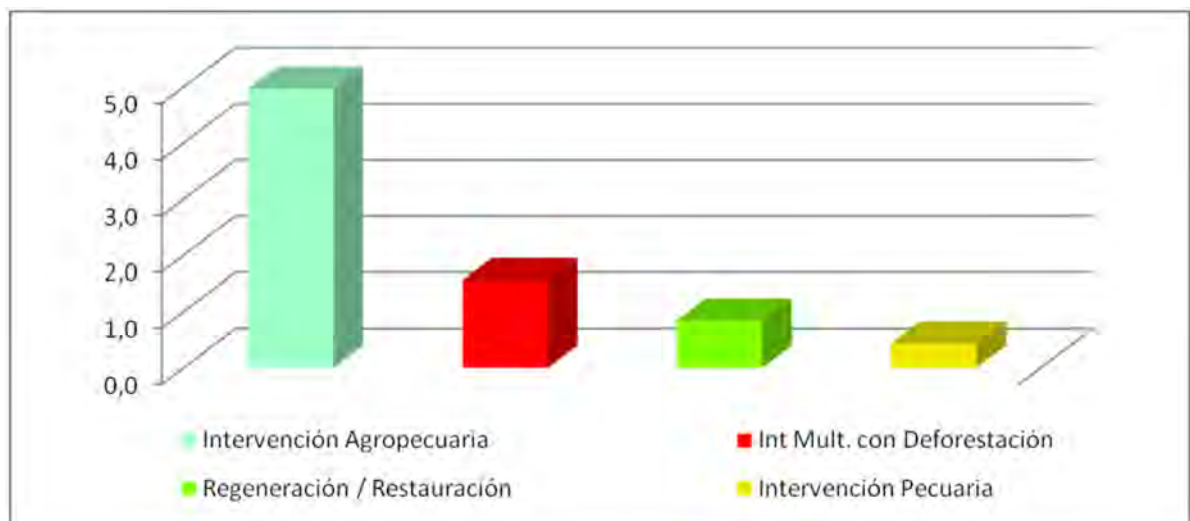
Cambio	Hectáreas	Porcentaje
Intervención Pecuaria	202.0	0.4

Intervención Agropecuaria		2305.4	5.0
Intervención Multipropósito con Deforestación		721.1	1.6
Regeneración / Restauración		390.8	0.8
Sin Cambios		42864.8	92.2
TOTAL		46484.2	100

Fuente: Esta investigación

De acuerdo a los porcentajes del Cuadro anterior, se graficó la figura 58 donde se concluye que el cambio con mayor presencia es intervención agropecuaria con 5.0% y el de menor es intervención pecuaria con un 0.4%.

Figura 58 Porcentaje del cambio de cobertura vegetal entre 1989 y 2011



Fuente: Esta investigación

8.5.1 Intervención pecuaria. Este tipo de cambio representa el 0.4% con 202.0 has, las cuales se las encuentra en el municipio de Bolívar, en la cuenca alta del río Achupallas, entre los 3200 y 3400 m.s.n.m.; representaron un cambio de bosque natural fragmentado a mosaico de pastos con espacios naturales con un área de 19.6 has. Para el municipio de La Cruz, al nor-occidente del volcán Animas, entre las microcuencas de las quebradas San Roque y El Valle, a una altura de 3000 y 3100 m.s.n.m, con 5.0 has, donde cambio de bosque natural denso a mosaico de pastos con espacios naturales. Otra área con este tipo de cambio se establece al norte del volcán Doña Juana a una altitud de 3000 y 3100 m.s.n.m., entre las cuencas altas de las quebradas Caicuanes y Santa Ana, con una área de 62.4 has, en las cuales la vegetación inicial era mosaico de cultivos, pastos y espacios

naturales y paso a mosaico de pastos con espacios naturales. En el sector de alto Sano en límites entre los municipios de La Cruz y San Bernardo, se encuentra este cambio a una altura de 3000 y 3100 m.s.n.m. identificando un área de 18.2 has, donde en cambio fue de bosque natural fragmentado a mosaico de pastos con espacios naturales.

Para el municipio de El Tablón de Gómez en el resguardo indígena de Aponte, se presenta al sur de la microcuenca quebrada San Francisco, a un altura de 2600 y 3000 m.s.n.m, se identificó un área de cambio de 61.3 has, donde eran anteriormente mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y pasaron a ser mosaico de pastos con espacios naturales. En este mismo sector entre los 2700 y 2900 m.s.n.m, se presentó un cambio de bosque natural fragmentado a mosaico de pastos con espacios naturales, con un área de 25.7 has; además, entre los 2900 y 3000 m.s.n.m. se presenta un área de 9.8 has que cambiaron de bosque natural denso a mosaico de pastos con espacios naturales. Los factores de cambio que hicieron que la intervención pecuaria tuviera un incremento, así sea muy bajo, son los mismos de los anteriores períodos analizados, que está directamente relacionada a la actividad ganadería extensiva no tecnificada.

Esta categoría de cambio es la cuarta más importante después de la regeneración / restauración en los totales de cambio; ya que la comparación de los cambios entre los períodos de análisis, permiten determinar en el Cuadro 21, que el período que tuvo más repercusión fue entre los años de 1989 y 1995.

Cuadro 21 Porcentajes y hectáreas de cambio de Intervención Pecuaria para todos los períodos de análisis

		1989-1995		1995-2002		2002-2011		1989-2011	
Cambio		has	%	has	%	has	%	has	%
Intervención Pecuaria		165.9	0.4	129.1	0.3	4.7	0.0	202.0	0.4

Fuente: Esta investigación

8.5.2 Intervención agropecuaria. Este tipo de cambio es evidente a lo largo de la zona de estudio, en este sentido, al norte del municipio de La Cruz, entre las microcuencas de las quebradas El Arrayanal y El Salado entre los 3000 y 3100 m.s.n.m., se establece un área de 6.1 has, con una cobertura inicial de bosque natural fragmentado que cambio a mosaico de pastos y cultivos; al norte del volcán Doña Juana se establecen siete áreas que representan este cambio, ubicadas en dirección nor-oriente a nor-occidente del volcán las cuales están a un altura de 3000 y 3200. Estas cambiaron de bosque natural denso a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; dichas áreas tienen una extensión de 26.3 has, 9 has, 5.7 has, 6.2 has, 6.6 has, 21.1 has y 4.4 has respectivamente. Por otro lado, al nor-occidente del volcán Doña Juana, entre los 300 y 3100 m.s.n.m., se identifica un área 9.5 has en las cuales el cambio fue de mosaico de pastos con espacios naturales a mosaico de cultivos y pastos con espacios naturales.

Para el municipio de El Tablón de Gómez, esta categoría de cambio se presenta al occidente del volcán Doña Juana, con un cambio de bosque natural denso a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con un área de 8.8 has; en esta misma zona, se presenta un área de 4.8 has, que pasó de vegetación de páramo (pajonal frailejónal) a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Otro sector se identificó en el municipio de El Tablón de Gómez entre las cuencas de los ríos Resina y Aponte, se encuentran varias áreas de cambio. Las que presentan un cambio de mosaico de cultivos, pastos con espacios a naturales a mosaico de pastos y cultivos, se extienden por las quebradas Sofía, La Vega y San Pedro hasta el sector de Gavilla Baja, entre las cotas de 2600 a 3000 m.s.n.m., con unas áreas de 165.7 has, 10,3 has, 105.2 has y 235.9has.

Entre Valencia y Gavilla Baja, a una altura de 2600 a 3000 m.s.n.m. este cambio se encuentra en dos grandes áreas en las cuales su cobertura era bosque natural fragmentado y pasaron a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, con una extensión de 175.9 has y 159 has; en este mismo sector, a una altura de 2900 m.s.n.m., se establecen dos áreas de 8.7 has y 10.7has en las cuales el cambio fue de bosque natural fragmentado a mosaico de pastos y cultivos.

Desde la quebrada Sofía hasta la parte alta de la quebrada El Campanario, pasando por la quebrada de El Flautal, el sector de Providencia y la divisoria de aguas, se establece un área de cambio que está a una altura de 2800 y 3300 m.s.n.m., en la cual, el cambio fue de bosque natural denso a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, con un área de 186.4 has. Al oriente de la quebrada El Campanario, entre los 2600 y 2800 m.s.n.m. se encuentra un área de 34.4 has que cambiaron de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a mosaico de pastos y cultivos. Sin embargo, en este mismo sector, a los 2800 y 3000 m.s.n.m., existe un área de 20 has que cambió de bosque natural denso a mosaico de pastos y cultivos.

En la cuenca del río Aponte, a una altura de 2600 y 3000 m.s.n.m. y en límites del resguardo indígena de Aponte, entre las quebradas de El Poroto y Vulcanyaco, se establece este tipo de cambio con una extensión de 391.5 has, en la cual, la cobertura inicial era bosque natural denso y cambiaron a mosaico de cultivos, pasto y espacios naturales.

Para del resguardo indígena de Aponte, por la quebrada San Francisco, entre los 2600 y 3000 m.s.n.m. se encuentran dos áreas. La primera con un área de 54.4 has presenta un cambio de bosque natural denso a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y la segunda, con una extensión de 85.9 has, paso de bosque natural fragmentado a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Desde el sur de la quebrada San Francisco, bordeando la divisoria de aguas hasta la quebrada Cuaracayaco, se identificó un área de 233.5 has, en la cual, el cambio fue de bosque natural denso a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. Al sur de la divisoria entre los 2600 y 2700 m.s.n.m., una cobertura de bosque natural fragmentado tuvo un cambio a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con un área de 91.5 has.

Al sur de la zona de estudio, en el municipio de El Tablón de Gómez, en los sectores de Pompeya y Juanoy Alto, esta categoría de se establece desde la quebrada Cuaracayaco hasta el río Cascabel, a un altura de 2600 y 3000 m.s.n.m., con un cambio de bosque natural denso a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, identificando una extensión de 151.3 has; además, en la quebrada Cuaracayaco y el río Cascabel entre los 2600 y 2800 m.s.n.m., se presentan dos áreas de 17.1 has y 11,1 has respectivamente, presentaron un cambio de bosque natural fragmentado a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. La intervención agropecuaria que se presenta a lo largo de la zona de estudio, suma 2305.4 has, que corresponde el 5.0% del total de los cambios.

El principal factor de cambio, para que se dé la intervención agropecuaria, es muy probable que se explique debido a la instauración de los cultivos ilícitos. En gran parte de la zona de estudio donde se presento este tipo de cambio, se ve reflejado en el período de 1989 y 1995 como se puede observar en el Cuadro 22. Esta categoría de cambio, es la más importante entre las cuatro categorías totales, dado que es la que tuvo mayor repercusión en el cambio de cobertura.

Cuadro22 Porcentajes y hectáreas de cambio de Intervención agropecuaria para todos los períodos de análisis

		1989-1995		1995-2002		2002-2011		1989-2011	
Cambio		has	%	has	%	has	%	has	%
Intervención Agropecuaria		2488.0	5.4	315.7	0.7	250.3	0.5	2305.4	5.0

Fuente: Esta Investigación.

8.5.3 Intervención multipropósito con deforestación. Este tipo de cambio se presenta cuando el bosque natural denso pasa a ser una cobertura de bosque natural fragmentado; por consiguiente, al norte del Municipio de La Cruz, entre las microcuencas de las quebradas Peña Blanca y el Arrayanal, se encuentra una extensión de 44.7 has, a un altura entre los 3100 y 3400 m.s.n.m.

En el municipio de San Bernardo, al nor-occidente del volcán Doña Juana, a una altura de 3000 y 3100 m.s.n.m., se establece un área de 8.4 has.

Para el municipio de El Tablón de Gómez, en la divisoria de aguas de los ríos Resinas y Aponte, entre las cotas de 2900 y 3100 m.s.n.m. aproximadamente, se encuentra un área de 100.3 has; por otro lado, al norte de cauce principal del río aponte, entre los 2700 y 2900 m.s.n.m. se establece un área de 51.7 has.

En el resguardo indígena de Aponte, este cambio se presenta en los siguientes sectores: microcuenca de la quebrada El Poroto entre los 2700 y 3100 m.s.n.m. con una extensión de 216 has. En la quebrada Vulcanyaco a una altura de 2600 y 3100 m.s.n.m., identificó 170.3 has; en la parte alta de la quebrada San Francisco a una altura de 2800 y 3000

m.s.n.m. aproximadamente, se localizo un área de 19 has, y en la parte media de la microcuenca Cuarcayaco, a los 2600 y 3000 m.s.n.m., un área de 84.4 has.

Al sur de la zona de estudio, del municipio de El Tablón de Gómez; al sur de la parte media de la quebrada Cuarcayaco, entre los 2800 y 2900 m.s.n.m., este cambio presenta una extensión de 3.9 has. Finalmente en el sector de Juanoy Alto a un altura de 2700 y 2800 m.s.n.m. aproximadamente, se encuentran un área de 12.4 has. Esta categoría en total presenta 721.1 has que representan 1.6% del total de cambios.

Los cambios de cobertura vegetal que la deforestación representa en el período total del estudio, indican la gran repercusión de las talas de los bosques que fue desencadenada por el exagerado establecimiento y desarrollo de los cultivos ilícitos de la década de los 90s; con una menor influencia de la extracción de madera con fines comerciales y de leña con propósitos domésticos. Esta categoría es la segunda más importante después de la intervención agropecuaria; el Cuadro 23 permite establecer este hecho y al igual que la intervención agropecuaria, la mayor parte de la incidencia de este tipo de cambio se dio en el período de 1989 y 1995.

Cuadro 23 Porcentajes y hectáreas de cambio de deforestación para todos los períodos de análisis

		1989-1995		1995-2002		2002-2011		1989-2011	
Cambio		has	%	has	%	has	%	has	%
Int. Mult. Con Deforestación		669.3	1.4	206.9	0.4	17.8	0.0	721.1	1.6

Fuente: Esta investigación.

8.5.4 Regeneración / restauración. Este cambio tiene 390.8 has que representan 0.8% del total de cambios los cuales se distribuyen a lo largo de la zona de estudio de la siguiente manera: en el municipio de Bolívar Cauca, en la parte alta del río Achupallas entre los 3200 y 3500 m.s.n.m. se encuentran cuatro áreas, de las cuales tres suman 50.7 has que pasaron de bosque natural fragmentado a bosque natural denso. La cuarta área presenta una extensión de 18.5 has paso de mosaico de pastos y cultivos a mosaico de pastos con espacios naturales. Para el municipio de La Cruz en la microcuenca de la quebrada Peña Blanca a una altura de 3000 y 3300 m.s.n.m., un área de 8.3 has cambio de mosaico de cultivos con espacios naturales a bosque natural fragmentado.

Al sur de la microcuenca de la quebrada El Arrayanal entre las cotas de 3000 y 3100 m.s.n.m. un área de 4.9 has pasó de bosque natural fragmentado a bosque natural denso; en la microcuenca de la quebrada La Honda a una altura entre los 3000 y 3200 m.s.n.m. se identificó un área de 7.3 has que cambio de bosque natural fragmentado a bosque natural denso. En la divisoria de aguas entre El Palmar y quebrada La Honda a una altura de 3100 y 3200 m.s.n.m. se establece un área de 8.7 has que tenía una cobertura de mosaico de pastos y cultivos y paso a ser bosque natural fragmentado. Al norte del volcán

Doña Juana entre los 3100 y 3200 m.s.n.m. se encuentran dos áreas que suman 8.1 has; y entre los 3000 y 3300 se presenta una extensión de 97.4 has las cuales presentan un cambio de pastos limpios a arbustos y matorrales.

Para el municipio de El Tablón de Gómez, al oriente de la quebrada la Vega a una altura entre los 2700 y 2800 m.s.n.m., se identificó un área de 3.8 has, que presentó un cambio de mosaico de pastos y cultivos a mosaico de cultivos pastos y espacios naturales. En la parte alta de la quebrada la Vega, entre los 2800 y 3000 m.s.n.m., un área de 9.4 has paso de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado; al occidente de la quebrada La Vega entre los 2900 y 3000 m.s.n.m., se establece un área de 4.3 has que presenta el mismo tipo de cambio anterior. Entre los 2900 y 3100 m.s.n.m., una extensión de 3.7 has cambiaron de mosaico de pastos y cultivos a bosque natural fragmentado; en la parte alta de la quebrada San Pedro a una altura de los 2600 y 2900 m.s.n.m. se encontró un área de 34.5 has que pasaron de ser mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado.

Al occidente del sector de Gavilla Baja, entre los 2700 y 2800 m.s.n.m., una extensión de 13.4 has cambió de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado; al sur del Gavilla Baja entre los 2600 y 2900 m.s.n.m. se establece un cambio de mosaico de pastos y cultivos a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales en cuatro áreas, que sumadas hacen 26.3 has. Al occidente de la quebrada El Campanario a una altura de 2700 y 2900 m.s.n.m., un área de 8.1 has cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado.

Para el resguardo indígena de Aponte, este cambio se distribuye así: entre las quebradas Vulcanyaco y San Francisco a una altura de 2600 y 2700 m.s.n.m., un área de 5.9 has cambiaron de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado. En la parte alta de la quebrada San Francisco, entre los 2700 y 2900 m.s.n.m., una extensión de 7.8 has pasaron de bosque natural fragmentado a bosque natural denso. En la quebrada Cuaracayaco con dirección norte de la cuenca media, entre las cotas de 2900 y 3000 m.s.n.m., se identificó un área de 10 has que pasaron de bosque natural fragmentado a bosque natural denso.

Además, en el sector sur de la zona de estudio, fuera del resguardo indígena de Aponte, este cambio se lo identifica en la quebrada Cuaracayaco entre los 2700 y 2900 m.s.n.m. con un área de 3.2 has que cambiaron de bosque natural fragmentado a bosque natural denso. En el sector de Juanoy Alto a una altura de los 2600 y 2800 m.s.n.m. se establece una área de 31.8 has que pasaron de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque natural fragmentado. Y finalmente, en el cauce principal del río Cascabel entre las cotas de 2600 y 2800 m.s.n.m., se identificó un área de 24.3 has que cambió de bosque natural fragmentado a bosque natural denso.

La categoría de regeneración / restauración es la tercera más importante con referencia a los otros tres tipos de cambio. En el Cuadro 24 se puede apreciar que al igual que las anteriores períodos de estudio correspondientes a la regeneración / restauración, este sigue siendo más significativo entre los años de 1989 y 1995.

Cuadro 24 Porcentajes y hectáreas de cambio de regeneración / restauración para todos los períodos de análisis.

		1989-1995		1995-2002		2002-2011		1989-2011	
Cambio		has	%	has	%	has	%	has	%
Regeneración/ Restauración		154.9	0.3	687.1	1.5	591.7	1.3	390.8	0.8

Fuente: Esta investigación.

En la categoría de regeneración / restauración, los factores de cambio son el resultado de la insistencia por preservar el ambiente natural por parte de las alcaldías, Corponariño, y en especial PNN, entre otros; además de los factores que se han descrito para esta unidad en el período entre 2002 y 2011.

Como conclusión de este sub-capítulo, los valores de hectáreas y porcentaje de cambio del Cuadro 25, pone en evidencia que, los cambios más significativos se presentaron entre el período de 1989 y 2005, ya que los porcentajes entre los períodos de 1995 – 2002 y 2002 – 2011 no son similares a los del período en mención.

Cuadro 25: Categorías de cambio de cobertura vegetal períodos 1989-1995, 1995-2002, 2002-2001 y 1989-2011

		1989-1995		1995-2002		2002-2011		1989-2011	
Cambio		has	%	has	%	has	%	has	%
Intervención Agrícola				64.5	0.1				
Intervención Pecuaria		165.9	0.4	129.1	0.3	4.7	0.01	202.0	0.4
Intervención Agropecuaria		2488.0	5.4	315.7	0.7	250.3	0.5	2305.4	5.0
Int. Mult. Con Deforestación		669.3	1.4	206.9	0.4	17.8	0.04	721.1	1.6
Regeneración/ Restauración		154.9	0.3	687.1	1.5	591.7	1.3	390.8	0.8
Sin Cambios		43006.2	92.5	45080.9	97.0	45619.7	98.1	42864.8	92.2
TOTAL		46484.2	100	46484.2	100	46484.2	100	46484.2	100

Fuente: Esta investigación

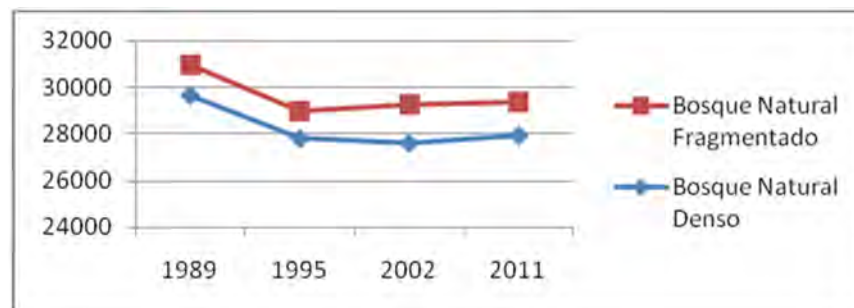
Haciendo síntesis acerca del comportamiento de los porcentajes de cambio a través del tiempo de análisis, se puede afirmar que el auge de la amapola de la década de los 90s fue el principal factor de incidencia en el cambio de la cobertura vegetal en el sector

occidental del complejo volcánico Doña Juana y cerro Machete de Doña Juana, principalmente en el municipio de El Tablón de Gómez y el resguardo indígena de Aponte.

La gestión en las comunidades de incentivar los cultivos lícitos y las prácticas ganaderas tecnificadas, han logrado que algunos sectores donde han sido afectados por el avance de la frontera agrícola y/o pecuaria sobre espacios naturales de conservación, hayan comenzado a recuperarse de una manera muy lenta pero identificable.

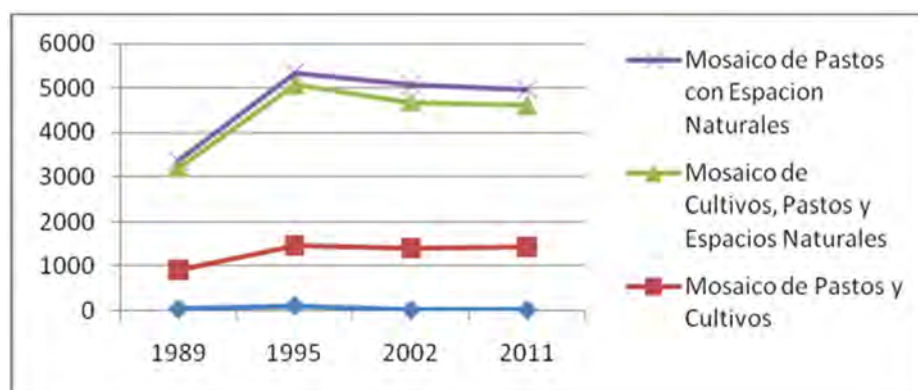
En las siguientes graficas se observa las variaciones en la cobertura vegetal para los últimos 22 años, donde el bosque natural denso y bosque natural fragmentado, fueron las coberturas que disminuyeron su área; y el mosaicos de pastos con espacios naturales y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, incrementaron de manera significativa su área.

Figura59: Cambios multitemporales de cobertura vegetal



Fuente: esta investigación

Figura60: Cambios multitemporales de cobertura vegetal



Fuente: Esta investigación

CONCLUSIONES

El estado socioeconómico de los habitantes de la zona de estudio, es el principal condicionante de la búsqueda para mejorar las condiciones de vida, llevando consigo al uso los recursos boscosos y la expansión de las áreas agropecuarias para subsistir; siendo esta la principal causa de la ampliación de la frontera agrícola. Principalmente por la falta de oportunidades de empleo, fomento de empresa y educación.

La cobertura vegetal actual, indica que el bosque natural denso, es el de mayor área con 27912 has, que corresponde al 60% del total de coberturas, seguido de la vegetación de páramo (arbustal), con el 14%, que corresponde a 6623.4 has; en este orden, el páramo (pajonal - frailejónal), es la tercera cobertura con 4927.6 has, es decir el 10.6% del total de coberturas, continúan el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, con el 6.8%, el bosque natural fragmentado con 3.1% y el mosaico de pastos y cultivos con 1412.8 has; además las coberturas que representan menos del 1% y que sumadas corresponden al 2% son: pastos limpios, mosaico de pastos con espacios naturales, arbustos y matorrales, vegetación de subpáramo, vegetación rupícola, afloramientos rocosos y lagunas y pantanos.

Para que los procesos de cambio de la cobertura vegetal se presenten, existen unos factores que están directamente relacionados, de los cuales el principal es el establecimiento de los cultivos ilícitos sobre el bosque natural denso, llevando consigo a la deforestación con fines de ampliar la frontera agrícola; otro factor es la tala indiscriminada para la comercialización de leña y para las labores caseras; con el paso del tiempo y la baja rentabilidad de estos cultivos, ha traído consigo el abandono de algunos predios, de esta manera este es otro factor que indirectamente contribuye a la restauración / regeneración de algunos sectores.

En los últimos seis años aproximadamente, con la declaración del PARQUE NACIONAL NATURAL C.V.D.J-C. Se ha mirado una tendencia a la regeneración y restauración de zonas que en algún momento presentaron algún tipo de intervención y la detención de la ampliación de la frontera agrícola; esto se ve reflejado en los mapas de cobertura vegetal actual y en el mapa de cambios para el período de 2002-2011, lo que indica que la labor de los funcionarios de este parque está incidiendo en la recuperación de los recursos naturales.

Actualmente es más crítica la situación de los bosques altoandinos en relación con la ampliación de la frontera agropecuaria. Así entonces hasta el momento, las áreas de páramo muestran unos niveles de conservación adecuados, lo cual no ocurre con las franjas de bosques situadas más abajo en donde se evidencian procesos de extracción de leña y madera.

Dentro de la cobertura vegetal en los últimos 22 años analizados, la vegetación de páramo (arbustal y frailejónal-pajonal), presenta la mayor estabilidad en el tiempo; y se observa una disminución en el bosque natural denso. En los primeros cinco años de estudio hay una marcada tendencia a cambiar de una actividad productiva a otra como pastos a cultivos.

Analizado el área protegida, se observa que ésta contribuye positivamente al mantenimiento de las coberturas de páramo (pajonal – frailejónal y arbustal) a pesar de localizarse esta cobertura también fuera del parque. En algunos sectores el límite de la frontera agrícola se encuentra muy cercano al parque; esto pone en evidencia que existe un manejo adecuado por parte de Parques Nacionales Naturales de Colombia.

La decadencia de los cultivos de amapola a finales de la década de los 90s, está directamente relacionada con la baja rentabilidad de seguir desarrollando dicha práctica de cultivo por el significativo decrecimiento en el precio; además del acompañamiento de las autoridades y la creación de conciencia a las comunidades por parte de las alcaldías, Parques Nacionales Naturales y Corponariño, acerca de la preservación del ambiente natural y la importancia de su conservación y restauración.

Las características físico-bióticas que presenta el área de estudio están determinadas por una cobertura predominante de Alta montaña, (bosque natural denso y vegetación paramuna), ricos en materia orgánica. Estos tipos de suelos, en su mayor porcentaje se encuentran sobre depósitos volcánicos y volcanosedimentarios, compuestos por flujos de lava (lahares y depósitos piroclásticos de flujo y caída).

La dinámica en el comportamiento de las coberturas evidencia un receso en el avance de la frontera agrícola; pues la rentabilidad de los cultivos ilícitos se vio tan afectada que para hoy en día, los relictos de dichos cultivos son muy aislados y poco representativos. Por tal motivo, el proceso de talas de bosque para estos procesos se ha pausado, generando un abandono de predios y posteriormente su regeneración.

El análisis de cambios en la cobertura vegetal, tuvo un período de estudio de 22 años, los cuales fueron divididos en tres segmentos; donde el período con cambios más significativos fue el primero, comprendido entre 1989 y 1995, puesto que en este se presentó el auge de los cultivos no lícitos y se realizaron talas indiscriminadas sobre los ecosistemas de alta montaña. En el segundo período de 1995 y 2002, presentó un significativo receso al avance de la frontera agrícola y finalmente el tercer período entre 2002 y 2011 se identificaron cambios relacionados con la regeneración / restauración, que se llevaron a cabo por el abandono paulatino de los terrenos y por la presencia de entidades gubernamentales y no gubernamentales.

Los cambios más significativos en los 22 años de estudio fueron la intervención agropecuaria con 2305 has, lo que significa que anualmente se intervinieron 104 has,

también, para el caso de la intervención multipropósito con deforestación, el área que presentó este cambio fue de 721 has, lo que significa que anualmente se deforestaron aproximadamente 32 has; esto significa que se perdieron 3228 has de bosque natural denso y bosque natural fragmentado.

RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos, en el análisis de las coberturas vegetales, es necesario el monitoreo de algunas coberturas, las cuales están presentando una variación en su área, estas son principalmente mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, la cual presentó un incremento, así como también las coberturas de bosque natural denso y bosque natural fragmentado que evidenció una disminución en su área en los últimos años, por esta razón se ve la necesidad de ofrecer talleres de conservación y restauración a la población aledaña por parte de Corponariño y las Alcaldías de cada municipio.

En cuanto a los cambios de cobertura que se presentaron para todo el período analizado, es de vital importancia frenar la intervención agropecuaria, y la deforestación, para lo cual es necesario que la población de la zona, adquiera conocimientos sobre prácticas adecuadas para la agricultura, además de capacitaciones en educación ambiental y se mire la necesidad de la creación de microempresas por parte de las alcaldías municipales para la generación de empleos.

Los diferentes cambios que alteraron la cobertura vegetal en los últimos 22 años, en complejo volcánico Doña Juana, en la actualidad hay algunos que se siguen presentando, como lo son la tala indiscriminada con fines económicos y la ampliación de la frontera agrícola, que es en menor proporción, necesitan tener un control y manejo adecuado, por parte de las entidades gubernamentales que se encuentran presentes en esta zona, a través de proyectos productivos y capacitaciones ambientales por parte de las entidades gubernamentales.

El desarrollo de acciones encaminadas a la regeneración y restauración que se han desarrollado en los últimos años está dando resultados, por eso es necesario, tomar medidas de control por parte de entidades como las alcaldías municipales y Corponariño, con el fin de seguir con estos procesos de preservación del ambiente.

Con la cartografía generada mediante esta investigación se estima conveniente mantener un monitoreo anual mediante imágenes satelitales, que permitan identificar los procesos de avance o retroceso de la frontera agrícola, con el fin de relacionarlos con las medidas que se están instaurando para el control y conservación sobre las coberturas vegetales inmersas en el PARQUE NACIONAL NATURAL Complejo Volcánico Doña Juana – Cascabel y Cerro Machete de Doña Juana, esto debe hacerse por parte del parque.

Con los resultados arrojados sobre los conflictos en la cobertura vegetal del CVDJ y enfatizando en el municipio de El Tablón de Gómez, es prioritario tomar medidas por parte de la alcaldía municipal, que permitan tecnificar los procesos pecuarios que se están desarrollando en la zona a razón de evitar la degradación acelerada de los suelos, obtener un mejor aprovechamiento del espacio y aumentar la producción.

La información con que se cuenta para hacer una caracterización climática del Complejo Volcánico Doña Juana es relativamente poca, por eso, es conveniente considerar las posibilidades de instaurar estaciones meteorológicas por encima de las cotas de altura que fueron límite de la zona de estudio, con el fin de obtener información suficiente y actualizada para generar estudios más consistentes y precisos por parte de las instituciones educativas y Parque Nacional Natural.

A partir de este estudio se identificó que muchas de las corrientes hídricas fueron afectadas por la tala de bosque; a razón de este hecho, se estima necesario desarrollar estudios que permitan determinar los tipos de especies idóneas para la conservación y regeneración de los caudales hídricos e insertar los resultados en los POMCH de las cuencas.

A través de este estudio se identificaron sectores con mayor dinámica de cambio en las coberturas vegetales; teniendo en cuenta esta información, se ve la necesidad de desarrollar planes y proyectos comunitarios en convenios con las alcaldías y el resguardo indígena de Aponte, para el aprovechamiento adecuado del espacio de las actividades productivas.

Es de vital importancia hacer un seguimiento más minucioso acerca de los usos que se está dando en las zonas de influencia del páramo del complejo volcánico Doña Juana y el Parque Nacional Natural; puesto que, aunque el avance de la frontera agrícola ha disminuido, con el pasar de los años se podría ver afectado directamente los ecosistemas presentes en el parque y en el complejo volcánico como tal; este monitoreo se debe hacer por parte de las alcaldías municipales y Parque Nacional Natural complejo volcánico Doña Juana -Cascabel.

Incentivar a la población que tiene predios en las zonas de alta intervención antrópica en áreas de influencia del bosque natural denso, para declarar predios en reservas de la sociedad civil, a fin de desarrollar procesos de regeneración natural y restauración de áreas impactadas de manera significativa.

Realizar estudios que impliquen identificar y cuantificar la fauna y flora que se encontró directa o indirectamente impactada a raíz del cambio en la cobertura vegetal que se ha venido dando en las últimas décadas, con el propósito de implementar medidas de control y manejo ante estos procesos, en la actualización del plan de manejo del Parque Nacional Natural CVDJ-C.

Definir la articulación entre Corponariño y las alcaldías municipales para la adquisición de predios a fin de crear zonas de áreas protegidas y trabajar en la formulación de objetivos y división de responsabilidades para la compra y administración de estos mismos.

Puesto que la entidad de centrales eléctricas de Nariño CEDENAR hace uso del recurso hídrico de la cuenca del Mayo, es conveniente establecer un aporte por parte de esta entidad, a parte del servicio de energía, que contribuya a beneficiar la población que se encuentra inmersa dentro de esta cuenca.

BIBLIOGRAFIA

ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL DE SAN BERNARDO. Esquema de ordenamiento territorial y ambiental. San Bernardo hacia el nuevo milenio. 2001-2003

ANGULO PRATOLONGO, Enrique. Las zonas de amortiguamiento: Espacios para la conservación y la concertación. 2007. Disponible en: <http://www.infoecologia.com/Biodiversidad/bio2007/amortiguamiento.htm>.

BANCO DE LA REPÚBLICA. Biblioteca virtual. Biblioteca Luis Ángel Arango. Bogotá. Disponible en internet: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/biologia/biolo35.htm>

CALAS, Susana. Imágenes satelitales para monitoreo de desastres y otras aplicaciones. Facultad de Ingeniería, Postgrado de Redes y Telecomunicaciones. Universidad Central de Venezuela. Disponible en internet: http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No7/Susana%20Calas%5Cimagenes_satelitales.htm

CAMPAÑA, Samuel. Programa nacional de ordenación y manejo de cuencas. Ministerio de agricultura. Santiago de Chile. Marzo 2002.

CENTRO DE DATOS PARA LA CONSERVACIÓN. Sensores remotos. Disponible en internet: http://cdc.lamolina.edu.pe/Area_Trabajo/sensores.htm

CLEEF, A.M. La vegetación de los páramos de la Cordillera Oriental de Colombia. 1981.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA. Estándar salidas gráficas y publicaciones cartográficas. Formato preliminar al documento. 2010.132 p.

CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena – Cauca. Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia escala 1:100.000. 2007”, pgs. 48 - 90

CORPONARIÑO. CRC. CORPOAMAZONIA. Plan de ordenamiento y manejo ambiental del complejo volcánico Doña Juana, cerro Juanoy y su área de influencia. Bogotá. 2003.

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.

DANE. Censo general 1973, 1985, 1993 y 2005.

EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL JOINT RESEARCH CENTRE. Institute for Environment and Sustainability, European Environment Agency. CORINE Land Cover updating for the year 2000, IMAGE 2000 and CLC2000 Products and Methods. 2000. Pg

FAJARDO, Nelson. Revista espacio crítico. En: Colombia entre la unidad y la fragmentación. Diciembre 2006.

GDSIG. Ciampagna & Asociados - grupo para el desarrollo de los sistemas de información geográfica

GEOINSTITUTOS. Artículo: la cobertura vegetal en la cuenca del canal de Panamá. Disponible en internet: http://www.geoinstitutos.com/art_03_cober2.asp

GRAIZBORD, Boris. Elementos para el ordenamiento territorial: uso del suelo y recursos. Colegio de México A.C. distrito federal México. 2002

HOFSTEDE, Robert, MENA, Patricio y ZEGARRA, Pool. Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de Páramos. Quito. 2003.

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.

IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Páramos 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.

IDEAM. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Universidad Nacional. Geosistemas de alta montaña colombiana. Bogotá 1997.

INGEOMINAS. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero Ambiental y Nuclear. Reconocimiento geológico regional de las planchas 411 LA CRUZ, 412 SAN

JUAN DE VILLALOBOS, 430 MOCOA, 431 PIAMONTE, 448 MONOPAMBA, 449 ORITO, 465 CHURUYACO. Departamentos de Caquetá, Cauca, Huila, Nariño y Putumayo. Escala 1:100.000. Bogotá, 2003

INGEOMINAS. Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto. Complejo Volcánico Doña Juana. 2009. Disponible en Internet:http://intranet.ingeominas.gov.co/pasto/Do%C3%B1a_Juana

INGEOMINAS. Reconocimiento geológico regional de las planchas. 411 La Cruz, 412 San Juan de Villalobos, 430 Mocoa, 431 Piamonte, 448 Monopamba, 449 orito, 465 Churuyaco. Departamentos de Caquetá, Cauca, Huila, Nariño y Putumayo. Memoria explicativa. Bogotá D.C. 2003

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Atlas de Páramos de Colombia. Bogotá D.C. 2007

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Mapa general de ecosistemas de Colombia. 1998

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Nariño. IGAC, 2004.

LLAMBI, Luis Daniel. Impacto del uso del suelo en los páramos andinos: una visión regional. Proyecto páramo andino. Conservación de la biodiversidad en el techo de los andes. Citado por Paramundi. II congreso mundial de páramos. Universidad técnica particular de Loja. Ecuador: Loja. 2009.

LOPEZ, María Fernanda. Evolución de las fronteras antropogeograficas en el páramo de la sierra norte del ecuador a finales del siglo XX. Pontificia universidad católica del Ecuador. Citado por Paramundi. II congreso mundial de páramos. Universidad técnica particular de Loja. Ecuador: Loja. 2009.

LUTEYN, James. Páramos una lista de verificación de la diversidad vegetal, la distribución geográfica y la literatura botánica. Memorias del nuevo volumen York Botanical Garden 84. Nueva York. 1999.

MARTINEZ, Christian. Dinámica de cambios de uso de suelo en zonas altoandinas del Ecuador. Proyecto páramo andino. Conservación de la biodiversidad en el techo de los andes. Citado por Paramundi. II congreso mundial de páramos. Universidad técnica particular de Loja. Ecuador: Loja. 2009.

MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Unidad Administrativa Especial Del Sistema De Parques Nacionales Naturales. Dirección Territorial Surandina. Plan de contingencia por amenaza volcánica del Parque Nacional Natural2010

MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL: Unidad administrativa especial del sistema de PNN. Dirección territorial sur- andina. Informe de gestion cuarto trimestre. 2008

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Corponariño. Plan de ordenamiento y mantenimiento cuenca hidrográfica río Juanambu. Pasto. 2011.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Corponariño. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río Mayo. Pasto. 2011.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Unidad administrativa especial del sistema de parques nacionales naturales. Dirección territorial sur andina. Plan básico de manejo 2008-2012 programa parque nacional natural complejo volcánico Doña Juana Cascabel. La Cruz Nariño 2007

MINISTERIO DEL AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL: Unidad administrativa especial del sistema de PNN. Dirección territorial sur- andina. Informe de gestion cuarto trimestre. 2008

NARVÁEZ, Germán. Estudio geográfico del Volcán Doña Juana y su área adyacente. Universidad Nacional de Colombia Santa Fe de Bogotá: 1998. 132 p.

PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA. Bosque andino o niebla. Disponible en internet:<http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.201203>

PLAN DE DESARROLLO DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO. La fuerza del cambio continua-Nariño territorio para crear. Primera parte. Diagnóstico. Dimensión ambiental. Pasto. 2004

RANGEL, CH. O. Diversidad Biótica III. La Región de vida paramuna. Universidad Nacional. Bogotá, Colombia. 2000.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Alcaldía municipio de Bolívar Cauca. Plan básico de ordenamiento territorial. p. 109.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Alcaldía municipio de El Tablón Gómez. Esquema de ordenamiento territorial. Agosto 2003. p. VII-78 a VII-87

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Alcaldía municipio de La Cruz Nariño. Esquema de ordenamiento territorial. La Cruz. 2000-2008. p. 135

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Restauración de Ecosistemas a partir del manejo de la vegetación. 2003. p 11

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Presidencia de la republica. Ministerio de Medio Ambiente. Resolución 769. Bogotá. 2002.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Presidencia de la republica. Ministerio de Medio Ambiente. Resolución 485. Bogotá. 2007.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Presidencia de la republica. Ministerio de Medio Ambiente. Resolución 068. Bogotá. 2009.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Presidencia de la republica. Ministerio de hacienda y crédito público. Ministerio de desarrollo económico. Ministerio del medio ambiente. Ley 388 de Julio 18 de 1997.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Presidencia de la republica. Ministerio de desarrollo económico. Decreto 879 Mayo 13 de 1998.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Presidencia de la republica. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Sistema General Ambiental. Ley 99 de 1993.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Presidencia de la republica. Secretaria jurídica. Constitución política de Colombia. 1991. art. 70 y 80.

REYES Z. Pedro, et al. El Páramo: Ecosistema de alta montaña Edición original: Fundación ecosistemas andinos. Gobernación de Boyacá. 1996.

SCAN TERRA. Consultora. Disponible en internet:
http://www.scanterra.com.ar/conozca_mas.html

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE DE NARIÑO. UMATAS del Departamento. Consolidado agropecuario. 2009 y 2010. San Juan de Pasto. Junio 2010

TELEDET. Tutorial de percepción remota. ¿Qué es una imagen satelital? Disponible en internet <http://www.teledet.com.uy/imagen-satelital.htm>

THOME. K.,F. Palluconi, T. Takashima and K. Masuda. Atmospheric correction of ASTER. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 1998.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Departamento de geografía: Revista de investigación geográfica. Año 10, Numero 6 – 2008 – ISSN 01245104. Pasto. 2009. 152 – 154p.

WOOSTER, M.J. In orbit calibration of the ATSR-1 1.6 mm channel using high resolution data from the JERS-1. 1996.

WWF. Nuevo Parque Nacional Natural en el piedemonte Andino-Amazónico Colombiano. 2007. Disponible en: http://www.wwf.org.co/sala_redaccion/noticias/?109882/Nuevo-Parque-Nacional-Natural-en-el-piedemonte-Andino-Amazonico-colombiano