

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE LA COBERTURA DEL SUELO, EN LA SELVA ALTOANDINA Y EL PARAMO DEL VOLCÁN CUMBAL, DEPARTAMENTO DE NARIÑO – COLOMBIA, EN EL PERIODO 1987 - 2009

**GERMÁN ALBERTO CORAL PANTOJA
NATALIA MELINA PORTILLA BOLAÑOS**

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

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE LA COBERTURA DEL SUELO, EN LA SELVA ALTOANDINA Y EL PARAMO DEL VOLCÁN CUMBAL, DEPARTAMENTO DE NARIÑO – COLOMBIA, EN EL PERIODO 1987 - 2009

**GERMÁN ALBERTO CORAL PANTOJA
NATALIA MELINA PORTILLA BOLAÑOS**

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

**Asesor: Esp. Germán Edmundo Narváez Bravo
Profesor Asistente Departamento de Geografía**

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

Nota de responsabilidad

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

Artículo 1 del acuerdo № 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

Francisco Mora
Director Departamento de Geografía

Milena Armero
Bióloga

Carlos Torres
Geógrafo

Pasto, 21 de agosto de 2012

AGRADECIMIENTOS

A la comunidad del Municipio de Cumbal, en especial a los resguardos del Gran Cumbal, Chiles, Panam y Mayasquer y sus respectivos gobernadores, por habernos abierto las puertas de su cabildo y haber conocido la visión de territorio, por permitirnos hacer parte de sus costumbres y pensamientos, por brindarnos su gentileza. Al concejo Mayor del Gran Cumbal en especial al Taita Salomón, por compartir diálogos que fortalecieron nuestro espíritu investigativo y humano, la sabiduría de ustedes es el tesoro más grande que posee el resguardo.

Muchas gracias Don Alonso Valenzuela por acoger nuestra propuesta de la mejor manera posible, a Don Diego Martinez ex - regidor de Miraflores por acompañarnos en los diferentes recorridos de campo por la zona, por habernos brindado su casa e incluirnos por varios días en su familia, a Don Ángel Guadir por movilizarlos y ser nuestro guía en la zona de estudio.

Agradecimientos especiales a la Vicerrectoría de Investigaciones, Posgrados y Relaciones Internacionales VIPRI, por financiar nuestra investigación.

Profe Germán Narvárez Bravo gracias por acompañarnos en este proceso y brindarnos el apoyo en los momentos que más necesitábamos de usted, este trabajo es el reflejo de su ánimo y constancia para que nosotros sus estudiantes siguiéramos investigando, gracias por el afecto y el cariño con que enseñas a amar la geografía.

Gracias al Departamento de Geografía en cabeza del director Francisco Mora y a todos los docentes que nos brindaron su conocimiento, en especial al profe Carlos Torres por su participación como jurado de nuestra investigación.

Profe Milena Armero miles de agradecimientos por aceptar conocer lo que como geógrafos le podemos brindar a una comunidad, como lo es en este caso los diferentes resguardos que conforman el Municipio de Cumbal

Gracias a los integrantes del grupo TERRA en especial a Daniel, Gaby y Ricardo por el trabajo en conjunto que se realizó para consolidar este tipo de investigaciones y por permitirnos junto al profesor Diego Muñoz ampliar nuestros conocimientos.

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la sabiduría necesaria para tomar las decisiones correctas y la fortaleza ante los problemas.

A mis padres, **Mercedes Pantoja y Germán Coral** que han estado conmigo en todo momento. Gracias por creer en mí, que esta sea la primera de las recompensas a tantos años de entrega, desvelos y apoyo, son la inspiración para la obtención de mis logros, gracias a ustedes cuento con lo necesario para mi desarrollo como persona y como profesional...los amo.

A mis hermanas, **Nelly Coral y Jenny Coral**, gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, porque son mis amigas de alegrías triunfos y tristezas, las quiero mucho. Y a mi sobrinito **Daniel Felipe Coral**, el pequeño que me alegraba en muchos momentos de este trabajo. Siempre lo llevo en mi corazón.

A mi tío **Leónidas Pantoja** y demás familiares y compañeros, por su confianza y sus palabras de aliento en este largo proceso.

A mi compañera de investigación, Natalia Portilla, por su fuerza y perseverancia, porque aunque culminamos esta investigación, la amistad que iniciamos desde el ingreso a la universidad continua... ¡lo logramos! y a su familia por el apoyo brindado.

A mi Alma Mater, la **Universidad de Nariño**, por la oportunidad y su alto nivel académico.

Germán Coral

DEDICATORIA

A mis padres Carlos Vicente Portilla Solarte y Josefina Bolaños, los cuales me brindaron todas las herramientas para hacer realidad no solo una profesión sino un sueño. A mi Papá por su sabiduría y el ánimo que me brindo para que conociera el mundo, eres un hombre muy inteligente y siempre sabes que decir, por tal motivo eres mi filósofo favorito, a mi Mamá por ser una guerrera, una mujer que no se ha dejado vencer por muchas dificultades y ser la persona que más influyo en que mis hermanas y yo tuvieron una profesión. Los amo con toda mi alma.

A mis hermanas Jenny y Soledad por ser mis guías y apoyo en muchas circunstancias de la vida. José Luis y Jenny gracias por brindarme su casa y experiencias que me ayudaron a crecer, sobretodo les agradezco por permitirme compartir con mi sobrina María José, la cual con su inocencia y alegría cambia cualquier momento por mas difícil que fuese y estoy segura que José Alejandro también será una luz mas en nuestra familia. Soledad aunque no estamos mucho tiempo juntas, tú también eres parte de esfuerzo y dedicación, gracias por ser mi hermana y recuerda que te quiero mucho.

A David Guerrero por brindarme tu amor y cariño, por tranquilizarme en los momentos de tristeza y darme animo en los momentos de desaliento. Tú eres parte de mi familia y de las personas que me inspiraron para seguir adelante con este sueño y espero que sigas siendo parte de muchos sueños más.

A mis compañeros Germán Coral, con el que nos aventuramos a conocer las maravillas de la naturaleza como el páramo y la selva altoandina. Carlos Eraso, eres incondicional y tus palabras me hacen seguir en el a lucha. Daniel Ortega, tu junto con Gabriela Guerrero, Ricardo Erazo y Johana Souza, se convirtieron en mis amigos con los cuales compartí momentos de gran alegría y conocimiento. Johana junto a Felipe Solarte son los ángeles de todos nosotros, nana gracias por reír tanto, por ser mi compañera, amiga y aunque hoy no estés físicamente tú recuerdo de una joven extrovertida y alegre siempre se quedara aquí. Mil bendiciones.

Natalia Portilla

RESUMEN

La zona de Cumbal, evidencia con el paso del tiempo cambios en la cobertura del suelo ligados principalmente a causas humanas, por el aprovechamiento excesivo de los recursos naturales, que poco a poco han ido afectando la vocación de los suelos de la selva altoandina y el páramo. En este contexto, en el presente documento se describen y analizan las coberturas del suelo, identificadas alrededor del volcán Cumbal, al suroccidente del Departamento de Nariño, en base a la adaptación de la metodología Corine Land Cover, que para esta investigación consta de cinco categorías en el primer nivel, ocho en el segundo y 14 en el tercero. Por tanto, utilizando los SIG, para el procesamiento digital de imágenes satelitales y mediante la técnica de clasificación supervisada, se generó cartografía temática, para cualificar y cuantificar las diversas unidades de cobertura del suelo, tipos y factores de cambio, de los periodos parciales 1987-1997 y 1997-2009, al igual que para el total 1987-2009. En este sentido, los resultados indican que en el área de estudio, se identificaron para 1987 y 1997 14 unidades de cobertura y en 2009 solo 13, por lo que se destacan en su orden la vegetación de páramo, el mosaico de pastos y cultivos, los bosques denso y fragmentado y el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. Así mismo, los tipos de cambio que se identificaron fueron diez, siendo la intervención agropecuaria y pecuaria, al igual que la intervención multipropósito con deforestación los más importantes. Además para el periodo total, se pudo observar que los bosques y áreas seminaturales, como la vegetación de páramo y los bosques denso y fragmentado, perdieron una tasa equivalente al 18%, mientras los territorios agrícolas aumentaron en un 28%, debido a múltiples factores como la tala para leña y madera, las quemadas, siembra de cultivos ilícitos, instauración de carboneras, ampliación de la frontera agrícola, entre otros.

Palabras clave. Metodología Corine Land Cover, análisis multitemporal, cobertura del suelo, imágenes satelitales, tipos de cambio del suelo.

ABSTRACT

Cumbal area, evidence over time with changes in land cover mainly linked to human causes for the excessive use of natural resources, which are slowly affecting the vocation of the forest soils and the high Andean plateau . In this context, in this paper we describe and analyze land cover, Cumbal identified around the volcano, southwestern Narino Department, based on the adaptation of the Corine Land Cover methodology, which for this research consists of five categories on the first level, eight in the second and 14 in the third. Therefore, using GIS, digital processing of satellite images and using the supervised classification technique, thematic mapping was generated, to qualify and quantify the various units of land cover types and modifying factors of part 1987 -1997 and 1997-2009, as well as for total 1987-2009. In this sense, the results indicate that in the study area were identified for 1987 and 1997 covering 14 units and in 2009 only 13, so stand in their order of moorland vegetation, the mosaic of pastures and crops, dense forests and fragmented mosaic of crops, pastures and natural areas. Also, exchange rates identified were ten, with agricultural and livestock intervention, like deforestation multipurpose intervention the most important. In addition to the total period, it was observed that forests and semi-natural areas such as moorland vegetation and dense forests, fragmented, lost a rate equivalent to 18%, while agricultural lands increased by 28% due to multiple factors as logging for firewood and wood burning, illegal cultivation, establishment of coal, expansion of the agricultural frontier, among others.

Keywords. Corine Land Cover Methodology, multitemporal analysis, land cover, satellite imagery, land exchange.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	3
1. PROBLEMA	5
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	5
1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	5
2. JUSTIFICACION	7
3. OBJETIVOS	8
3.1 OBJETIVO GENERAL	8
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
4. MARCO REFERENCIAL	9
4.1 ÁREA DE ESTUDIO	9
4.2 ANTECEDENTES	12
4.3 MARCO CONCEPTUAL	14
4.3.1 Páramo	14
4.3.2 Selva altoandina	18
4.3.3 Uso y cobertura del suelo	19
4.3.4 Frontera Agrícola	20
4.3.5 Agroecosistemas	21
4.3.6 Teledetección	22
4.4 MARCO LEGAL	26
5. METODOLOGIA	28
5.1 FASE UNO. RECOPIACION DE LA INFORMACION	28
5.1.1 Estructuración del marco conceptual	28
5.1.2 Identificación y análisis preliminar de cartografía, fotografías e imágenes Satelitales de la zona de estudio	28
5.2 FASE DOS. PROCESO DE ANALISIS E INTERPRETACION DE AEREAS E FOTOGRAFIAS IMÁGENES SATELITALES	29
5.2.1 Interpretación de fotografías aéreas	29
5.2.2 Realización del mapa topográfico	30
5.2.3 Procesamiento de Imágenes Satelitales y realización del mapa de cobertura	30
5.2.3.1 Proceso de estandarización de resolución	31
5.2.3.2 Georeferenciación de las imágenes	32
5.2.3.3 Corrección topográfica y atmosférica	32
5.2.3.4 Corrección radiométrica y topográfica para imágenes ASTER	34
5.2.3.5 Clasificación de uso y cobertura del suelo de las imágenes satelitales	35
5.2.3.6 Adaptación de la metodología de clasificación Corine Land Cover a este estudio	38

5.2.4 Realización de los mapas de cambios	41
5.3 FASE TRES, TRABAJO DE CAMPO	45
5.3.1 Entrevistas no estructuradas y/o en profundidad	46
5.3.2 Grupos focales	46
5.3.3 Recorridos por la zona de estudio	46
6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	50
6.1 DIAGNÓSTICO FISICO-BIOTICO	50
6.1.1 Clima	50
6.1.1.1 Precipitación	50
6.1.1.2 Viento	53
6.1.1.3 Temperatura	53
6.1.1.4 Humedad relativa	54
6.1.2 Hidrología e hidrografía	55
6.1.3 Suelos	56
6.1.4 Geología descriptiva	56
6.1.4.1 Andesitas del Cumbal antiguo	57
6.1.4.2 Andesitas del cerro Crespo – Nasate	57
6.1.4.3 Andesitas del cerro Colorado	57
6.1.4.4 Andesitas del Cumbal moderno	57
6.1.4.5 Depósitos glaciares	58
6.1.5 Geomorfología	58
6.2 DIAGNOSTICO SOCIOECONOMICO	60
6.2.1 División política administrativa del área de estudio	60
6.2.2 Actividades productivas, sector agrícola	61
6.2.3 Actividades productivas, sector pecuario	63
6.2.4 Características demográficas	63
6.3 CARACTERIZACIÓN SEMIDETALLADA DE LA COBERTURA VEGETAL	67
6.3.1 Territorios artificializados (TA)	67
6.3.1.1 Zonas urbanizadas (TAu)	67
6.3.2 Territorios agrícolas (AG)	68
6.3.2.1 Pastos (AGp)	68
6.3.2.2 Áreas agrícolas heterogéneas (AGhm)	69
6.3.3 Bosques y áreas seminaturales	72
6.3.3.1 Bosques (BNb)	72
6.3.3.2 Áreas con Vegetación Herbácea y/o Arbustiva (BNa)	74
6.3.3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación (BNr)	78
6.3.4 Áreas húmedas (AH)	79
6.3.4.1 Áreas húmedas continentales (AHc)	79
6.3.5 Superficies de agua (SA)	80
6.3.5.1 Aguas Continentales (SAc)	80
6.4 COBERTURA DEL SUELO, AÑO 1987	81
6.4.1 Tejido urbano continuo (TAuc)	82
6.4.2 Pastos limpios (AGpl)	82
6.4.3 Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1)	83
6.4.4 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2)	83
6.4.5 Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3)	83

6.4.6 Bosque natural denso (BNbd)	84
6.4.7 Bosque natural fragmentado (BNbf)	84
6.4.8 Arbustos y matorrales (BNam1)	84
6.4.9 Bosques achaparrados de páramo (BNam2)	84
6.4.10 Vegetación de páramo (BNap)	85
6.4.11 Vegetación rupícola (BNar)	85
6.4.12 Afloramiento rocoso (BNrr)	85
6.4.13 Turberas (AHct)	85
6.4.14 Lagunas (SAcl)	85
6.5 COBERTURA DEL SUELO, AÑO 1997	86
6.5.1 Tejido urbano continuo (TAuc)	87
6.5.2 Pastos limpios (AGpl)	87
6.5.3 Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1)	88
6.5.4 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2)	88
6.5.5 Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3)	89
6.5.6 Bosque natural denso (BNbd)	89
6.5.7 Bosque natural fragmentado (BNbf)	89
6.5.8 Arbustos y matorrales (BNam1)	90
6.5.9 Bosques achaparrados de páramo (BNam2)	90
6.5.10 Vegetación de páramo (BNap)	90
6.5.11 Vegetación rupícola (BNar)	90
6.5.12 Afloramiento rocoso (BNrr)	91
6.5.13 Turberas (AHct)	91
6.5.14 Lagunas (SAcl)	91
6.6 COBERTURA DEL SUELO, AÑO 2009	91
6.6.1 Tejido urbano continuo (TAuc)	93
6.6.2 Pastos limpios (AGpl)	94
6.6.3 Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1)	95
6.6.4 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2)	96
6.6.5 Bosque natural denso (BNbd)	97
6.6.6 Bosque natural fragmentado (BNbf)	97
6.6.7 Arbustos y matorrales (BNam1)	98
6.6.8 Bosques achaparrados de páramo (BNam2)	99
6.6.9 Vegetación de páramo (BNap)	100
6.6.10 Vegetación rupícola (BNar)	101
6.6.11 Afloramiento rocoso (BNrr)	102
6.6.12 Turberas (AHct)	103
6.6.13 Lagunas (SAcl)	103
6.7 TIPOS Y FACTORES DE CAMBIO EN LA COBERTURA DEL SUELO	105
6.7.1 TIPOS DE CAMBIO	105
6.7.1.1 Intervención agropecuaria	109
6.7.1.2 Intervención multipropósito con deforestación	109
6.7.1.3 Intervención pecuaria	109
6.7.1.4 Regeneración/restauración	110
6.7.1.5 Páramización	110
6.7.1.6 Regeneración de la vegetación de páramo	111
6.7.1.6 Anegamiento	111
6.7.1.7 Erosión	111
6.7.1.8 Sedimentación	112

6.7.1.9 Urbanización	112
6.7.2 CAMBIOS PARCIALES DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERIODO 1987-1997	113
6.7.2.1 Intervención agropecuaria	115
6.7.2.2 Intervención multipropósito con deforestación	116
6.7.2.3 Regeneración/restauración	117
6.7.2.4 Intervención pecuaria	117
6.7.2.5 Páramización	118
6.7.2.6 Anegamiento	118
6.7.2.7 Sedimentación	118
6.7.2.8 Regeneración de la vegetación de páramo	118
6.7.2.9 Erosión	119
6.7.2.10. Urbanización	119
6.7.3 CAMBIOS PARCIALES DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERIODO 1997-2009	119
6.7.3.1 Intervención agropecuaria	121
6.7.3.2 Intervención pecuaria	123
6.7.3.3 Paramización	123
6.7.3.4 Regeneración/restauración	124
6.7.3.5 Intervención multipropósito con deforestación	124
6.7.3.6 Regeneración de la vegetación de páramo	124
6.7.3.7 Anegamiento	125
6.7.3.8 Sedimentación	125
6.7.3.9 Urbanización	125
6.7.3.10 Erosión	125
6.7.4 CAMBIOS TOTALES DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERIODO 1987-2009	126
6.7.4.1 Intervención agropecuaria	128
6.7.4.2 Intervención pecuaria	129
6.7.4.3 Intervención multipropósito con deforestación	130
6.7.4.4 Paramización	130
6.7.4.5 Regeneración/restauración	130
6.7.4.6 Anegamiento	131
6.7.4.7 Regeneración de la vegetación de páramo	131
6.7.4.8 Urbanización	131
6.7.4.9 Erosión	131
6.7.4.10 Sedimentación	131
6.8 VARIACIONES MULTITEMPORALES DE SUPERFICIE DE LAS COBERTURAS	132
6.9 CARACTERIZACIÓN DE ZONAS QUEMADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO	135
7. CONCLUSIONES	138
8. RECOMENDACIONES	141
9. BIBLIOGRAFÍA	143

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación de los páramos en Colombia	15
Tabla 2. Fotografías aéreas, zona de estudio	29
Tabla 3. Imágenes Satelitales	29
Tabla 4. Calculo de distancia tierra – sol para proceso de imagen Aster 2011	34
Tabla 5. Clasificación de uso y cobertura del suelo Corine Land Cover, para la zona de estudio	39
Tabla 6. División política administrativa del área de estudio	60
Tabla 7. Inventario de ganado bovino	63
Tabla 8. Población total y distribución por cabecera y resto (1973, 1985, 1993 y 2005)	64
Tabla 9. Número de personas y familias que conforman la etnia de los Pastos, según Cumbal, Guachucal y Mallama	66
Tabla 10. Cobertura del suelo 1987	81
Tabla 11. Cobertura del suelo 1997	86
Tabla 12. Cobertura del suelo 2009	92
Tabla 13. Tipos de cobertura y áreas correspondientes a los años 1987 y 1997, en el área de estudio	113
Tabla 14. Tipos de cambio sobre la cobertura del suelo 1987-1997	114
Tabla 15. Tipos de cobertura y áreas correspondientes a los años 1997 y 2009, en el área de estudio	119
Tabla 16. Tipos de cambio sobre la cobertura del suelo 1997-2009	120
Tabla 17. Censo de bovinos (Totales anuales)	123
Tabla 18. Tipos de cobertura y áreas correspondientes a los años 1987 y 2009, en el área de estudio	126
Tabla 19. Tipos de cambio sobre la cobertura del suelo 1987-2009	127

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Área de estudio	11
Figura 2. Estandarización de resolución	32
Figura 3. Corrección atmosférica	33
Figura 4. Clasificación de uso y cobertura del suelo de las imágenes satelitales	35
Figura 5. Filtro de las imágenes	36
Figura 6. Agrupación de píxeles vecinos	36
Figura 7. Herramienta Eliminate	37
Figura 8. Asignación de nombres a las coberturas	37
Figura 9. Proceso de vector a raster	38
Figura 10. Caso donde se encuentra un polígono pequeño dentro de un polígono grande 112 <6 has 211>6 has	40
Figura 11. Delimitación de bosque natural fragmentado	40
Figura 12. Delimitación de mosaico de pastos y cultivos	41.
Figura 13. Delimitación de Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	41
Figura 14. Cruce de polígonos entre 1987 – 2009	42
Figura 15. Situación de cambio de un tipo de cobertura completo a otro	43
Figura 16. Situación de cambio de un polígono por incremento de área	43
Figura 17. Situación de cambio donde un polígono desaparece	44
Figura 18. Situación donde aparece otra cobertura dentro de una unidad de cobertura vegetal más grande	44
Figura 19. Situación de incremento de una cobertura sobre varias	45
Figura 20. Situación de disminución de un polígono por incremento de varios	45
Figura 21. Esquema metodológico	49
Figura 22. Estaciones climatológicas y pluviométricas en la zona de los páramos del Suroccidente	50
Figura 23. Precipitación total mensual en la zona de influencia de los páramos del suroccidente	52
Figura 24. Circulación atmosférica y distribución de lluvias en el suroccidente andino nariñense	52
Figura 25. Velocidad del viento en la estación Aeropuerto San Luís	53
Figura 26. Temperatura media en la zona de influencia de los páramos del suroccidente	54
Figura 27. Humedad Relativa en la zona de influencia de los páramos del suroccidente	55
Figura 28. Producción media agrícola 2009-2010 del municipio de Cumbal	61
Figura 29. Producción media agrícola 2009-2010 del municipio de Guachucal	62
Figura 30. Producción media agrícola 2009-2010 del municipio de Mallama	62
Figura 31. Población de los municipios de Cumbal, Guachucal y Mallama (2005)	65
Figura 32. Crecimiento poblacional (Cumbal, Guachucal y Mallama)	65
Figura 33. Tejido urbano continuo, (Zona urbana de Cumbal)	68
Figura 34. Pastos limpios, (Corregimiento de Colimba-Guachucal)	69
Figura 35. Mosaico de pastos y cultivos, (Vereda la Ortiga-Cumbal)	70
Figura 36. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, (Vereda Miraflores-Cumbal)	71
Figura 37. Mosaico de pastos con espacios naturales, (Caquetá)	72

Figura 38. Bosque denso, (Boyacá)	73
Figura 39. Bosque fragmentado, (Valle de la quebrada el Hondon)	74
Figura 40. Arbustos y matorrales, (Vereda Miraflores-Cumbal)	75
Figura 41. Bosques achaparrados de páramo, (Loma la Yuegua-Guachucal)	76
Figura 42. Vegetación de páramo, (Vereda Pueblo Viejo-Mallama)	77
Figura 43. Vegetación rupícola, (Complejo Volcánico Doña Juana Cascabel)	78
Figura 44. Afloramiento rocoso, (Cerro Punta Vieja-cráter volcán Cumbal)	79
Figura 45. Turberas, (Suroriente volcán Cumbal)	80
Figura 46. Laguna, (Laguna de Cumbal)	80
Figura 47. Porcentaje de cobertura, para el año 1987	82
Figura 48. Porcentaje de cobertura, para el año 1997	87
Figura 49. Porcentaje de cobertura, para el año 2009	93
Figura 50. Zona urbana del municipio de Cumbal	94
Figura 51. Pastos limpios al suroriente del cerro Colimba (Guachucal)	95
Figura 52. Mosaico de pastos y cultivos, limites del área de estudio, hacia el sur	96
Figura 53. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales en la vereda Pueblo Viejo (Mallama)	96
Figura 54. Bosque denso al occidente del área de estudio (Cumbal)	97
Figura 55. Bosque fragmentado en las vertientes del valle de la quebrada el London (Cumbal)	98
Figura 56. Arbustos y matorrales en la vereda Miraflores (Cumbal)	99
Figura 57. Bosques achaparrados de páramo en la loma La Yuegua, al noroccidente de la laguna de Cumbal	100
Figura 58. Vegetación de páramo, en el flanco oriental del volcán Cumbal vereda Qulismal	101
Figura 59. Vegetación de páramo, en el valle de la quebrada El London	101
Figura 60. Vegetación rupícola en el flanco oriental del volcán Cumbal, vereda de Quilismal	102
Figura 61. Afloramiento rocoso en el Volcán Cumbal, (cerro Punta Vieja)	102
Figura 62. Turbera al norte de la laguna de Cumbal	103
Figura 63. Turberas al suroriente del volcán Cumbal	103
Figura 64. Laguna de Cumbal, al sur	104
Figura 65. Laguna de Cumbal, al norte	104
Figura 66. Cambio del mosaico de pastos y cultivos a pastos limpios por intervención pecuaria	106
Figura 67. cambio del bosque natural denso a bosque natural fragmentado por intervención multipropósito con deforestación	106
Figura 68. cambio de la vegetación de páramo a mosaico de pasto y cultivos por intervención agropecuaria	107
Figura 69. Matriz de cambios de cobertura del suelo	108
Figura 70. Porcentaje de los tipos de cobertura del suelo 1987-1997	115
Figura 71. Porcentaje de los tipos de cobertura del suelo 1997-2009	121
Figura 72. Porcentaje de los tipos de cobertura del suelo 1987-2009	128
Figura 73. Variación multitemporal de las principales coberturas, 1987-1997-2009	132
Figura 74. Variación multitemporal de las coberturas secundarias, 1987-1997-2009	134
Figura 75. Zona quemada en la vereda Miraflores (Cumbal)	137
Figura 76. Zona Quemada en el Tambillo (Cumbal)	137

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Mapa topográfico del área de estudio
- Anexo B. Espaciomapa
- Anexo C. Sectorización Hídrica
- Anexo D. Mapa geológico
- Anexo E. Mapa de cobertura del suelo, año 1987
- Anexo F. Mapa de cobertura del suelo, año 1997
- Anexo G. Mapa de cobertura del suelo, año 2009
- Anexo H. Mapa de cambios de cobertura 1987-1997
- Anexo I. Mapa de cambios de cobertura 1997-2009
- Anexo J. Mapa de cambios de cobertura 1987-2009

INTRODUCCION

Los ecosistemas de alta montaña son lugares privilegiados, tanto por la belleza de sus paisajes y la gran variedad de especies de flora y fauna que albergan, así como también por su capacidad de interceptar, almacenar y regular los flujos hídricos que satisfacen una de las principales necesidades básicas de los habitantes, agua potable; también son considerados ecosistemas de alta fragilidad, en la cual recursos naturales como el suelo sufren cambios de cobertura, traducidos en procesos de alteración para propósitos de ganadería o agricultura principalmente.

En este contexto la investigación buscó identificar, caracterizar y analizar los factores de incidencia en el cambio de la cobertura del suelo en el volcán Cumbal, (Departamento de Nariño), primordialmente sobre las coberturas vegetales de alta montaña como los páramos y la selva altoandina. Por tal motivo fue fundamental la elaboración de un análisis multitemporal en un periodo de 22 años (1987-2009), soportado en la revisión de información primaria y secundaria, además de un intenso trabajo de análisis cartográfico digital y análogo, que permitió comprender de una forma amplia y precisa la problemática que se sobrelleva en los suelos de estos ecosistemas importantes en la oferta de bienes y servicios ambientales. En este sentido fue importante la confirmación de algunos aspectos como: el estado actual de la cobertura del suelo en la zona de estudio, los cambios parciales de cobertura del suelo en los periodos 1987-1997, 1997-2009 y el cambio total entre 1987-2009, los factores de incidencia en los cambios de cobertura del suelo, como el avance de la frontera agropecuaria; la deforestación para leña y carbón, cultivos de uso ilícito, entre otros.

Considerando lo anterior, la metodología que se utilizó para el desarrollo de este estudio consto de cuatro fases que implicaron aproximarse a la búsqueda de información que posteriormente se describió e interpretó y a partir de esta, se construyó un nuevo conocimiento, el cual fue indispensable corroborar y precisar con trabajo de campo. También fue importante la metodología para la clasificación de coberturas del suelo Corine Land Cover Europa, adaptado para Colombia por PPN y por IDEAM-IGAC-CORMAGDALENA, 2008 y a su vez para el área de estudio. Asimismo el proyecto está inmerso dentro de la línea de investigación Caracterización Biofísica y Ambiental del Espacio Geográfico (Problemáticas y Evaluación Ambiental), donde se aplicó un tipo de investigación cuali-cuantitativa y un enfoque analítico-descriptivo.

En este orden de ideas, la presente investigación se desarrolló con la participación del Grupo de Investigación en Geografía Física y Problemas Ambientales (TERRA), perteneciente a la Universidad de Nariño (Departamento de Geografía), y al cual sus autores están vinculados, además el "Análisis multitemporal del cambio de la cobertura del suelo, en la selva altoandina y el páramo del volcán Cumbal, Departamento de Nariño-Colombia, en el período 1987-2009", hace parte de los proyectos que adelanta dicho Grupo el cual ya ha sido registrado en COLCIENCIAS GrupLAC. Por otro lado, esta investigación para su ejecución contó con la financiación por parte del Comité de Investigaciones de la Universidad de Nariño-Vicerrectoria de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI). Así mismo se contó con el apoyo del Resguardo Indígena de Gran Cumbal, con el señor Gobernador, el Presidente del Cabildo, los Señores Regidores y demás colaboradores.

En este orden de ideas, el presente documento final lo constituyen ocho capítulos, el

primero incluye la descripción del problema. En el segundo capítulo se presenta la justificación. Los objetivos: general y específicos, se encuentran inmersos en el capítulo tres. El cuarto capítulo presenta todo lo relacionado con el marco referencial, en el cual se analizan conceptos, se describe el área de estudio y se muestra el marco normativo. El quinto capítulo enseña la metodología desarrollada para esta investigación. El análisis de resultados se encuentran el sexto capítulo, donde se incluyen los diagnósticos: físico-biótico y socioeconómico, así mismo la descripción semidetallada de la cobertura del suelo, las caracterizaciones de cobertura para 1987, 1997 y 2009 y la identificación de los tipos de cambios y factores de incidencia, variaciones multitemporales de superficies y caracterización de zonas quemadas. El séptimo capítulo presenta las conclusiones particulares y comparativas. Finalmente el capítulo número ocho muestra las recomendaciones generales.

Por último, con esta investigación que en esencia incluye la identificación y el análisis de los factores que incidieron sobre la cobertura del suelo en el territorio de Cumbal, se contribuye a que en Colombia y en el Departamento de Nariño se fortalezcan las políticas y estrategias encaminadas principalmente a la protección y conservación de las zonas de alta montaña, puesto que son de gran importancia ambiental, por los recursos y beneficios que ofrecen para la sociedad en general.

1. PROBLEMA

Cambio de la cobertura del suelo en la selva alto andina y el páramo del volcán Cumbal, Departamento de Nariño en el periodo comprendido entre 1987-2009.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ¿Cuáles son los cambios de la cobertura del suelo en el páramo y la selva altoandina del volcán Cumbal, Departamento de Nariño en el período comprendido entre 1987-2009?

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. La problemática existente en el volcán Cumbal, evidencia con el paso del tiempo una clara intervención antrópica ligada posiblemente a inadecuadas prácticas agropecuarias y de deforestación, además del aprovechamiento excesivo de los recursos naturales, que afectan la vocación de los suelos de la selva altoandina y el páramo generándose cambios de cobertura vegetal y desequilibrios ambientales, los cuales deben identificarse y caracterizarse apropiadamente.

De acuerdo al EOT de Cumbal (2008)¹, en su fase de diagnóstico físico biótico, la presión humana ejercida en la explotación y aprovechamiento de los bosques, suelos y fuentes de agua, hace que día tras día se vayan agotando los recursos establecidos en estos, ante la imperiosa necesidad de los pobladores tanto rurales como urbanos de obtener medios económicos y de servicios a través de actividades como la ganadería y agricultura no sostenible, obras de infraestructura y demás, transformando el espacio geográfico que han ocasionado efectos negativos sobre las coberturas de alta montaña en el volcán Cumbal, Departamento de Nariño, muchos de ellos irreversibles. Por tal motivo, se han identificado algunas causas que contribuyen a la problemática ambiental que se produce en la zona.

La tala, al igual que la quema sin manejo son actividades humanas que atentan contra el equilibrio ecológico. Se presentan principalmente en las partes altas, incluso a alturas superiores a los 3.600 m.s.n.m. El proceso de ampliación de la frontera agropecuaria y a la vez la demanda de leña, utilizada como recurso energético, asociada fuertemente a una práctica cultural, hacen que se afecten las zonas de alta montaña. Es evidente que en relación a lo planteado, la intervención sobre la selva altoandina y páramo en el volcán Cumbal, han originado posiblemente problemas ambientales como la pérdida de recursos naturales, tanto de vegetación, reservorios de agua y fertilidad de los suelos, así como la presencia de acelerados procesos de erosión, ligados a la ampliación de la frontera agropecuaria, la explotación forestal y la plantación de cultivos de uso ilícito.

Por otra parte la deforestación es el origen de una cadena de problemas ambientales, ya que al intervenir principalmente zonas boscosas, inicialmente se incurre en una degradación gradual de suelos, pues se le está quitando su cobertura natural dejándolos a merced de la acción directa de los factores climáticos, que empeora aún más con las actividades de preparación de las capas superficiales realizadas por el campesino en las labores de labranza y preparación del suelo para la producción agrícola.

Además, según lo manifestado en el diagnóstico general del EOT de Cumbal (2008)², la

¹ ALCALDÍA MUNICIPAL DE CUMBAL. Esquema de Ordenamiento Territorial, fase de diagnóstico físico-biótico. 2008. 273-276. p.

² *Ibid.*, p. 17.

presión demográfica sobre el espacio físico y el incremento de las necesidades alimentarias, hacen que se talen los bosques y se abran zonas para cultivos de subsistencia y áreas de pastoreo, que por lo general están ubicados en laderas escarpadas (de aptitud forestal), facilitando el arrastre de material de subsuelo y por otro lado compactándolo.

Finalmente en síntesis, la problemática de las zonas altoandinas en Nariño y particularmente en Cumbal, afecta no solo a poblaciones de flora y fauna, también afecta a la población humana y los estilos de vida adoptados por ella. En consideración, es válido afirmar que las autoridades ambientales tienen la responsabilidad de aplicar las restricciones pertinentes direccionadas hacia procesos de mitigación para que el impacto ambiental no sea tan severo.

2. JUSTIFICACIÓN

Los recursos naturales renovables y el ambiente son de gran importancia para el desarrollo de la humanidad. En la actualidad están sometidos a altos grados de deterioro y múltiples daños, causados por explotaciones desmedidas dirigidas por grandes empresas y por la población en general, los primeros, en busca de divisas económicas y los segundos por la pobreza y su afán de sobrevivir, convirtiendo los recursos naturales en objetos de satisfacción económica sin un adecuado manejo que permita el desarrollo sostenible de estos.

El páramo y la selva altoandina son ecosistemas importantes a nivel regional y global siendo uno de los ambientes de mayores endemismos de las altas montañas del mundo, además de ser reguladores y protectores hídricos. Su diversidad biológica, paisajística y cultural hace de este lugar un ambiente de gran potencial turístico. Debido a la situación de intervención, estos ecosistemas se ven actualmente cada vez más amenazados.

Esta investigación se caracterizó por ser un estudio geográfico, porque a través de diferentes herramientas como imágenes satelitales y fotografías aéreas se generaron varios mapas que permitieron detallar los cambios que han ocurrido en el territorio objeto de estudio y relacionarlo con las causas que han llevado a dichos cambios, además de que la comunidad se apropió de esta investigación y pudo observar como avanzó o disminuyó la frontera agropecuaria y las consecuencias que ocurrieron por esta dinámica. Así mismo la investigación estuvo ligada a uno de los objetivos a largo plazo del Esquema de Ordenamiento Territorial de Cumbal, que indica la posibilidad de declarar la zona de estudio como protegida, bajo la concepción indígena, retomando así la importancia del lugar no solo a nivel local sino también a nivel regional, porque es imprescindible para las actividades del altiplano de Tuquerres-Cumbal, además de ser principal zona abastecedora de la cuenca del río Guiza.

Por consiguiente la investigación análisis multitemporal del cambio de la cobertura del suelo, en la selva altoandina y el páramo en el volcán Cumbal estuvo direccionada a indagar los diferentes procesos que ocurrieron en los ecosistemas de alta montaña, principalmente en la actualidad, donde la mayoría de lugares de la región andina son susceptibles a ser utilizados por los seres humanos para adaptarlos a su conveniencia.

Por tanto, se analizaron los factores que promovieron esa dinámica y las consecuencias para el medio natural, sin desligarse de otra de las razones que motivaron a la investigación, que es la carencia de estudios detallados con relación a este proceso en el territorio, principalmente por actividades productivas que conllevaron a impactos muchas veces negativos y en su mayoría irreversibles. Por tal razón se consideró que los resultados de esta investigación aportaron elementos conceptuales y técnicos para la toma de decisiones frente al manejo ambiental de los ecosistemas.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Analizar el cambio de la cobertura del suelo en los ecosistemas de selva alto andina y páramo, localizados en el volcán Cumbal, (Departamento de Nariño), en el periodo comprendido entre 1987-2009.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un diagnostico sobre el estado actual de la cobertura del suelo en el volcán Cumbal. (Departamento de Nariño).
- Describir los cambios de cobertura del suelo que se han presentado en la zona de estudio, durante el periodo 1987-2009.
- Identificar los factores que han incidido en el cambio de la cobertura del suelo en la zona de estudio, durante el período de referencia.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ÁREA DE ESTUDIO

Con el propósito de contextualizar la zona en la cual se desarrolló la investigación, es pertinente mencionar que el Municipio de Cumbal situado al suroccidente del Departamento de Nariño-Colombia, limita con la República del Ecuador al sur y con el altiplano de Túquerres e Ipiales al oriente, además ésta es una parte de la cordillera de los Andes que en Colombia, forma el Nudo de los Pastos, de donde se desprenden dos grandes ramales montañosos que toman la dirección norte, separados inicialmente por los ríos Guáitara y Patía. En razón de lo anterior, el Municipio de Cumbal se ubica dentro de la zona Ecuatorial la cual posee características climáticas y biogeográficas particulares que influyen de manera significativa sobre los ecosistemas de selva altoandina y páramo, y las actividades humanas allí asentadas, que determinan la dinámica ambiental y social de la zona (Figura 1).

Por otra parte, considerando el criterio de división político administrativa del Municipio, el cual está dividido en cuatro Resguardos Indígenas como: Gran Cumbal donde se encuentra ubicado el casco urbano del Municipio, Mayasquer, Panamá y Chiles; fue importante metodológicamente hablando, para la adquisición y sistematización de información social, ligada a supuestos procesos de intervención sobre el páramo y la selva altoandina, puesto que ésta se encuentra organizada principalmente por cada entidad territorial.

En este orden de ideas de manera particular, el área de estudio en su mayoría dentro del Municipio de Cumbal tiene una extensión de 369 Km² aproximadamente, además cubre parte de otros Municipios como: Guachucal, al oriente y Mallama (Piedrancha) al norte. Su distribución latitudinal se encuentra entre 0° 52' - 1° 6' (Norte) respecto a la línea ecuatorial; y longitudinal entre 77° 44' - 77° 59' (Oeste) respecto al meridiano de Greenwich. En esta zona influenciada por masas de aire húmedo provenientes de la llanura del Pacífico especialmente hacia la vertiente occidental de la cordillera, presenta gran variedad de pisos térmicos como: el cálido, el templado, el frío, el muy frío y el nival; que gracias a su ubicación geoestratégica, proporcionan un potencial para una gran diversidad de cultivos agropecuarios.

Basándonos en aspectos planteados anteriormente, esta zona engloba un relieve de origen volcánico enmarcado en una plataforma metamórfica que han dado lugar al surgimiento de diversas geoformas montañosas las cuales son el resultado de la interacción entre las fuerzas orogénicas, formadoras del relieve, y las fuerzas exógenas encargadas de su modelamiento. Como resultado de esta dinámica se ha configurado un espacio caracterizado por geoformas volcánicas asociadas a su actividad. En consecuencia se identifica el volcán nevado del Cumbal con una altitud de 4.764 m.s.n.m, haciendo parte de un gran corredor de páramos que de manera ininterrumpida se prolonga a lo largo de la divisoria de aguas de la cordillera occidental desde sus estribaciones hacia el norte, hasta los volcanes de Chiles y Cerro Negro de Mayasquer, en el sur. En este corredor de páramos, que también se prolonga hacia el Ecuador, se encuentran edificios volcánicos y depósitos fluvio-glacio-volcánicos donde se han desarrollado ecosistemas estratégicos como los páramos y la selva altoandina y donde también se han establecido importantes sectores productivos. Considerando la altura de

los volcanes Cumbal y Chiles, en la parte alta del súperpáramo está limitado por un nivel altitudinal de naturaleza glaciario, mientras que en las partes bajas que se encuentran entre estas dos estructuras volcánicas, la vegetación de páramo y selva altoandina, al parecer intervenida se extiende ininterrumpidamente a través de edificios volcánicos antiguos.

La dinámica ambiental de esta región ha configurado diversos espacios estratégicos por sus características ecosistémicas donde las principales zonas de vida, según el esquema de ordenamiento territorial del municipio de Cumbal (2008)³, son el bosque muy húmedo montano, el páramo subandino, páramo y superpáramo. También se encuentran otros tipos de formaciones vegetales como bosques altoandinos con árboles de 8 a 15 metros de altura aproximadamente, matorrales, pastizales, pajonales y turberas. En este sentido este tipo de características naturales son óptimas para el sostenimiento y desarrollo de la sociedad allí asentada.

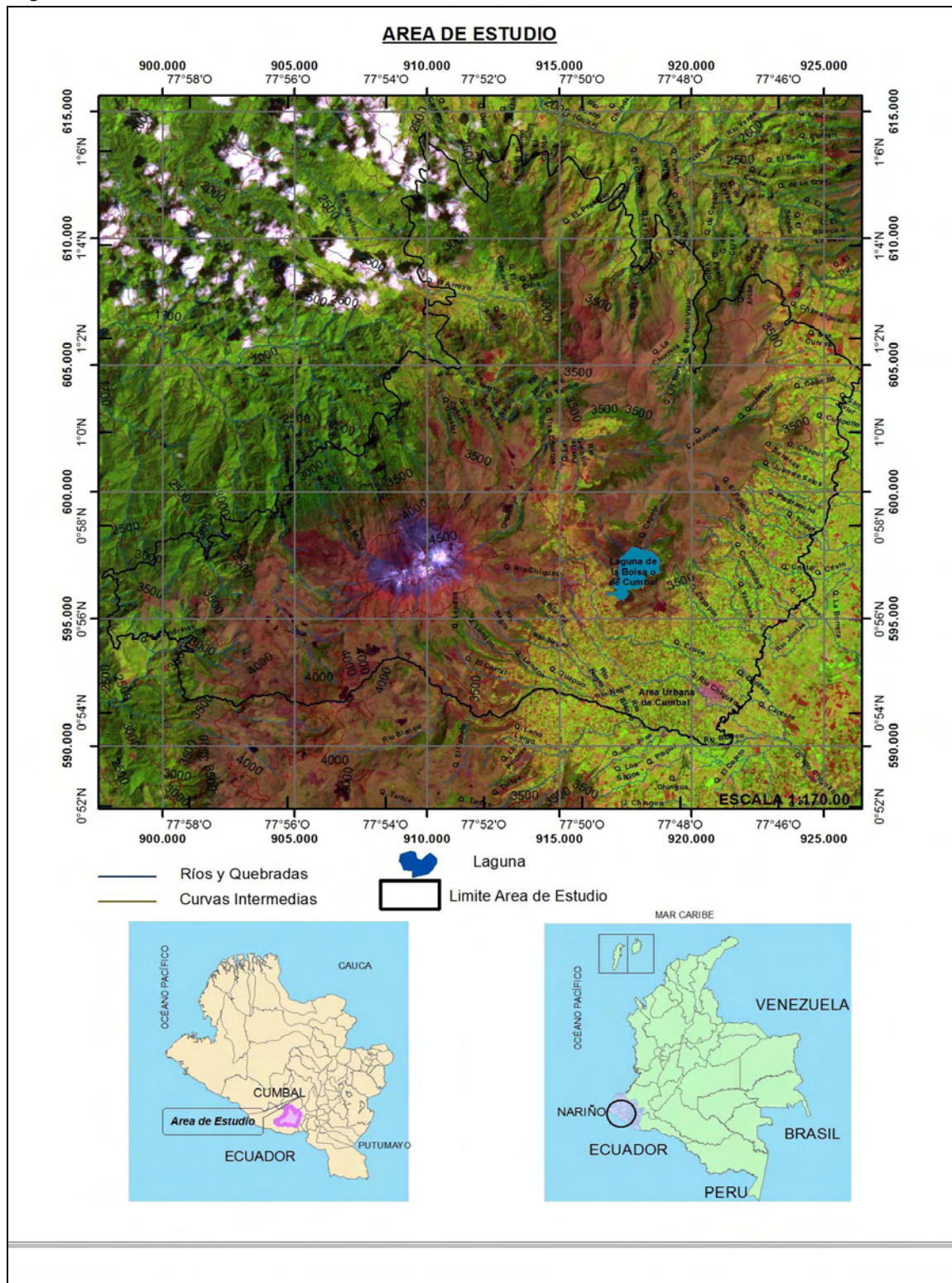
A continuación como se muestra en el Anexo A, se presentan los límites del área de estudio, tomando como referencia el volcán Cumbal, donde se tuvo en cuenta la cota altitudinal (la cual varía entre 2.700 m.s.n.m. y 4.800 m.s.n.m.) en aquellas áreas donde existe intervención y donde el páramo presenta cierta continuidad de cobertura con la selva altoandina, también fue importante para la delimitación la hidrografía.

- Hacia el oriente del volcán Cumbal, el límite del área de estudio se encuentra definido a partir de los 3.100 m.s.n.m., comenzando en el municipio de Cumbal al sur de la zona urbana (resguardo de Gran Cumbal) y extendiéndose hacia los corregimientos de San Diego de Mallamues y Colimba (municipio de Guachucal), hasta la confluencia con la quebrada Chimagual (límite entre Guachucal y Sapuyes), para luego subir por esta quebrada hasta la cota de 3.200 m.s.n.m., en el municipio de Mallama.
- Hacia el norte a los 3.200 m.s.n.m, en el municipio de Mallama, se sigue esta cota, hasta la confluencia con la quebrada Pueblo Viejo, por la cual se baja, a los 2.700 m.s.n.m. con dirección hacia el occidente, pasando por los corregimientos de Chambo y Piedrancha,
- En el lado occidental, ya en el municipio de Cumbal (resguardo indígena de Gran Cumbal), se sigue la cota de 2.700 m.s.n.m. hacia el sur, hasta la confluencia con el río Mulas, donde se sube por este cauce hasta los 3.000 m.s.n.m., hacia el resguardo indígena de Mayasquer.
- Al sur en el resguardo indígena de Mayasquer, se sigue la cota de 3.000 m.s.n.m. hasta la quebrada el Granizo, para tomar la divisoria de aguas con el río Blanco (límite entre los resguardos indígenas de Mayasquer y Cumbal), y seguir este último cauce con dirección hacia el oriente, para subir a los 3.100 m.s.n.m, encontrar el punto altitudinal inicial hacia el sur de la zona urbana de Cumbal y definir el área de estudio.

El área general de estudio surge a partir de considerar dentro del proyecto aquellas zonas de páramo y selva altoandina, que por sus características ecológicas, biogeográficas, poblacionales o de uso del suelo son significativas para comprender y manejar la problemática ambiental de estos ecosistemas estratégicos en cuanto al cambio de uso y cobertura del suelo y el inadecuado aprovechamiento de este.

³ *Ibid.*, p. 234-238.

Figura 1. Área de estudio



FUENTE. Esta investigación

4.2 ANTECEDENTES.

Diferentes estudios adelantados por diferentes entidades fueron realizados en Colombia y América con el propósito de evaluar la cobertura del suelo, y sus cambios sufridos en determinados periodos de tiempo. A continuación se presenta un resumen de las principales iniciativas que enfatizan en la elaboración de mapas de uso y cobertura del suelo utilizando programas especializados e imágenes satelitales, además de la utilización de metodologías para la clasificación de la tierra.

- En Colombia se han realizado continuos avances en el desarrollo y aplicación de los sistemas de clasificación para levantamientos de la cobertura de la tierra por parte de entidades oficiales de nivel nacional y regional. Se destaca dentro de estos estudios, el realizado por el IGAC, a través de la Subdirección de Agrología, en el año 1998⁴ desarrollando la estructuración de una metodología para la clasificación del uso actual de las tierras a diferentes escalas, desde el nivel exploratorio hasta el detallado, en escalas de trabajo que van de 1:500.000, 1:100.000 y 1:50.000; también se determinó una clasificación para el mapa de cobertura y uso actual de las tierras de Colombia, a escala 1.500.000 en el año 2002
- Además fue importante el estudio realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena (Cormagdalena) en el 2007⁵, con la elaboración del mapa de cobertura de la tierra cuenca Magdalena-Cauca, metodología corine land cover adaptada para Colombia escala 1:100.000 que consistió en caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat).
- Así mismo también en Colombia, la dirección nacional de estupefacientes realizó un monitoreo de la cobertura vegetal a través del análisis multitemporal de imágenes de satélite en las cuencas hidrográficas de los ríos Guachaca y Buritaca, localizadas en la vertiente norte de la sierra Nevada de Santa Marta, municipio de Santa Marta entre los años 2000 y 2004.
- Por su parte, a nivel Latinoamericano en el 2005, en la reserva natural de uso múltiple isla de Puan, en Buenos Aires-Argentina⁶, se realizó un análisis multitemporal y actualización cartográfica para evaluar las pérdidas del patrimonio natural y cultural, por los episodios de inundación y anegamiento críticos incrementados en los últimos 20 años, que han ido modificando la línea de costa disminuyendo su superficie y afectando seriamente los recursos ubicados en las zonas inundadas. En razón a lo anterior para esta investigación fue necesario la utilización de la imagen satelital TM

⁴ IGAC, Subdirección de agrología. Metodología para la clasificación del uso actual de las tierras a diferentes escalas, 1:500.000, 1:100.000 y 1:50.000. Colombia. 1998.

⁵ IDEAM, IGAC Y CORMAGDALENA. Mapa de cobertura de la tierra cuenca Magdalena-Cauca, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000. 2007.

⁶ ECOATLAS E IDR (la nueva ruralidad). Determinación de usos del suelo, mediante análisis multitemporal de imágenes landsat en los oasis de la provincia de Mendoza. Mendoza-Argentina. Marzo de 2005.

Landsat-5 (Path/Row: 227-086) y el programa Spring 4.0 y Arc View en la versión 3.1.

- En el departamento de Santa Cruz – Bolivia se realizó el mapa de cobertura y uso actual de la tierra en el año 2005⁷, debido a que la región oriental de Bolivia experimento un crecimiento económico impresionante en las últimas tres décadas, que genero como principal consecuencia la migración interna desde los departamentos altiplánicos (La Paz, Oruro y Potosi) hasta los departamentos de las tierras bajas (Santa Cruz, Beni y Pando), y así explotar la agricultura, principal actividad económica de la zona, que causo un impacto importante en las áreas naturales las cuales sufrieron de grandes cambios en el uso de la tierra. Para llevar a cabo esta investigación fue necesario utilizar entre muchos insumos: imágenes satelitales landsat 5 TM y el programa ERDAS imagine en la versión 9.0.
- En el caso del municipio de Cumbal no existen precedentes puntuales sobre este tipo de estudios. Sin embargo la universidad de Nariño con su grupo de investigación en biología de páramos y ecosistemas andinos, junto con Corponariño, en 2006⁸ realizaron el estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño, el cual en uno de sus apartes referido a la zona suroccidental de Nariño, donde se ubica el volcán Cumbal, analizó la situación de los páramos y selva altoandina, dando como resultado una cartografía temática basada en gran parte en el análisis de imágenes satelitales.

⁷ MUSEO DE HISTORIA NATURAL NOEL KEMPF MERCADO Y PREFECTURA DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ. Mapa de cobertura y uso actual de la tierra, para el departamento de Santa Cruz. Santa Cruz de la Sierra-Bolivia. 2005.

⁸ UNIVERSIDAD DE NARIÑO Y CORPONARIÑO. Estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño. 2006.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

Para el proyecto de investigación sobre el cambio de la cobertura del suelo en el volcán Cumbal, se establecieron nociones relacionadas con el páramo, selva altoandina, entre otros conceptos, donde se citaron un gran número de autores que tratan diferentes puntos de vista, para posteriormente unificarlos y adecuarlos al presente estudio, con el fin de sustentar y conocer técnicamente los términos que se utilizaron, así mismo con respecto a la cobertura del suelo, se resalta que la clasificación de estas unidades se realizaron en base a la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia por PPN y por IDEAM-IGAC-CORMAGDALENA, 2008, aplicada para Parques Nacionales de la Metodología CORINE Land Cover Europa. Estas categorizaciones fueron modificadas y adaptadas para este análisis.

4.3.1 Páramo. La palabra páramo según Monasterio (1980)⁹, viene de la palabra latina “paramus” y se refiere a áreas altas, frías, inhóspitas, con vientos y lluvias de la península Ibérica. Cuando llegaron los españoles a América, le asignaron este nombre a las cumbres de las montañas que se asemejaban al paisaje ibérico. Este es un ecosistema restringido para los andes del norte de Sur América y áreas adyacentes de Centro América, discontinuamente distribuido entre las latitudes 11°N Y 8°S (Luteyn 1999). Por otro lado Walter (1973), Lauer (1981) citados por Hofstede et al (2003) y Luteyn (1999) afirman que el páramo como bioma se distribuye entre los 8°N y los 11°S, razón por la cual es posible encontrar ecosistemas paramunos en el noroccidente de Suramérica y Costa Rica, Nueva Guinea en Oceanía y África ecuatorial oriental. Así mismo Van der Hammen (1998)¹⁰ dice que sus límites pueden variar dependiendo de diversas condiciones propias de la región donde se localice. Así, la posición geográfica, la topografía, la historia geológica y evolutiva del lugar y la latitud, son factores determinantes en la localización altitudinal de los páramos alrededor del mundo¹¹. Su límite inferior puede oscilar entre 3.000 y 4.000 m.s.n.m., de acuerdo con la precipitación, la humedad y la temperatura media anual local.

Por otra parte, Van Der Hammen (1998)¹² dice que el tipo, la frecuencia y la intensidad con que se presente la intervención humana, habitualmente determinan también los límites inferiores del páramo, bien sea por el reemplazo de este por plantaciones forestales o cultivos agrícolas o por la invasión de la vegetación de páramo en los sistemas alto andinos. En un proceso conocido como paramización, que da origen a la formación del páramo antrópico (Ojeda et al. 2002)¹³. Si bien estos procesos de alteración hacen cada vez más difícil el establecimiento de los límites naturales entre el páramo y el

⁹ MONASTERIO, M. Estudios ecológicos de los páramos andinos. Mérida Venezuela. 1980

¹⁰ VAN DER HAMMEN, Thomas, Plan Ambiental de la Cuenca Alta del Río Bogotá, Bogotá. 1998.

¹¹ Walter y Lauer. Citados por HOFSTEDE, R. Los páramos en el mundo: su diversidad y sus habitantes. En: Hofstede, R., Mena, P., Segarra, P. (Eds.). Los páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito. 2003

¹² VAN DER HAMMEN. Op. cit., Bogotá.

¹³ OJEDA, D., J. PINTO, M.C. Cardona, M. Cuellar, S. Cruz, L.S. de la Torre, J. Castañeda, C.R. Barrera, Y. González, J.C. Alarcón. Ecosistemas. En: Leyva, P. (ed.). El medio ambiente en Colombia. IDEAM, Bogotá. 2001.

bosque altoandino (Rangel-ch 1995, 2000)¹⁴, se sabe que en condiciones naturales el límite entre el páramo y los bosques tropicales húmedos de alta montaña parece estar relacionado con las heladas, cuya presencia unas pocas veces al año es suficiente para permitir el establecimiento de la vegetación paramuna y no de la selva.

Según Juan Alejandro Morales-Betancourt (2006)¹⁵, los páramos son considerados como uno de los biomas estratégicos y a la vez, uno de los más vulnerables del norte de Sudamérica y el Neotrópico, lo que les ha valido la denominación de Hotspot, en la cual se contraponen altos grados de biodiversidad y endemismo con factores críticos de amenaza. Esto puede explicarse ya que en Sudamérica el páramo forma parte de la Región Andina, la cadena montañosa más extensa del mundo, y a la vez, uno de los ecosistemas con mayor afectación antrópica del continente. En el país, según el Atlas de los Páramos en Colombia¹⁶, estos se clasifican y localizan de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 1. Clasificación de los páramos en Colombia

Sector	Distrito	Complejo
Cordillera Oriental	Páramos Perijá	Perijá
	Páramos de los Santanderes	Jurisdicciones-Santurban
		Tamá
		Almorzadero
		Yariguies
	Páramos de Boyacá	Cocuy
		Pisba
		Tota-Bijagual-Mamapacha
		Guantiva-La Rusia
		Iguaque-Merchán
	Paramos de Cundinamarca	Guerrero
		Rabanal y rio Bogotá
		Chingaza
Cruz Verde-Sumapaz		
Páramos los Picachos	Los Picachos	
Páramos Miraflores	Miraflores	
Cordillera Central	Páramos Belmira	Belmira
	Páramos Viejo Caldas-Tolima	Nevados
		Chilí-Barragan
	Páramos Valle-Tolima	Las Hermosas
		Nevado del Huila-Moras
	Páramos Macizo Colombiano	Guanacas-Puracé-Coconucos
Sotará		
Nariño-Putumayo	Páramos Nariño-Putumayo	Doña Juana Chimayoy
		La Cocha Patascoy

¹⁴ RANGEL-CH, J.O. Consideraciones sobre la diversidad y la vegetación de alta montaña en Colombia. En: Lozano, J.A., J.D. Pabón. (Eds.). Memorias del Seminario Taller sobre alta montaña colombiana. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Memorias No 3. Santafé de Bogotá, 13-15 de octubre de 1995.

¹⁵ MORALES BETANCOURT, Juan Alejandro. Revista Luna Azul. 2006. s.e.

¹⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT, EL INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI Y EL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Atlas de los Páramos en Colombia. Bogotá. 2007. p. 17.

Tabla 1 (Continuación)

		Chiles-Cumbal
Cordillera Occidental	Páramo Paramillo	Paramillo
	Páramos Frontino-Tatamá	Frontino-Urrao
		Citará
		Tamaná
	Páramos del Duende-Cerro Plateado	Duende
		Farallones de Cali
Cerro Plateado		
Sierra Nevada de Santa Marta	Páramos de Santa Marta	Santa Marta

Fuente. Atlas de los Páramos en Colombia

La regulación hídrica es el valor más notable de los páramos tanto en Latinoamérica como en África y Oceanía. Esta importancia se debe a un balance hídrico positivo (la resta entre precipitación y evapotranspiración es casi siempre positiva y a veces llega hasta 3.000 mm), a la neblina que cubre grandes extensiones durante la mayoría del tiempo, a la estructura de la vegetación que capta el agua, la conduce al suelo y a su vez lo protege contra la erosión y disecación y por supuesto al suelo húmifero. El carácter húmifero del suelo de alta montaña es causado por la lenta descomposición de la materia orgánica por temperaturas bajas y características específicas de cenizas volcánicas. Esta es tan grande que los suelos pueden caracterizarse como ``turberas minerales``. Estos suelos negros y profundos son esponjas naturales capaces de contener hasta dos veces su peso seco en agua. Por tal razón pueden retener toda la lluvia de varios meses en su estructura y liberarla lentamente durante la época seca. Se puede decir que cada metro cuadrado de páramo ``produce`` un litro de agua por día. De tal manera el 85% de las fuentes de agua potable, de agua para la electricidad y para riego de producción de alimentos sale de los páramos.

Además las condiciones climáticas de las cordilleras han resultado bastante favorables para el establecimiento de la mayor cantidad poblacional, lo que ha provocado la disminución progresiva de escenarios naturales por la adecuación de tierras para sistemas agropecuarios y por la expansión. La deforestación, el ascenso del límite de la agricultura, el pastoreo y las quemadas, son los problemas más graves que enfrentan los ecosistemas de alta montaña en Colombia (Van Der Hammen 1998)¹⁷, (Castaño-Urbe et al. 2002)¹⁸, (Verweij 2003)¹⁹, mientras prácticas locales como el turismo mal dirigido, la minería, los cultivos ilícitos (Hofstede 2003)²⁰ y las fumigaciones con glifosato (Rueda-Almonacid et al. 2004)²¹, también contribuyen a la degradación de los páramos.

¹⁷ VAN DER HAMMEN. Op. cit., Bogotá.

¹⁸ CASTAÑO-URIBE, C. (Ed.). Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición Hotspot y Global Climatic Tensor. Ministerio del Medio Ambiente. IDEAM. PNUD. 2002.

¹⁹ VERWEIJ, P.A., K. Kok, P.E. Budde. Aspectos de la transformación del páramo por el hombre. En: Van der Hammen, T., A.G. Dos Santos (eds.). *Estudios de ecosistemas tropoandinos* Volumen 5. La Cordillera Central Colombiana. Transecto Parque Los Nevados. Berlin-Stuttgart. 2003.

²⁰ HOFSTEDE, R. Op. cit., Quito.

En este contexto, si bien es cierto que la mayoría de responsabilidad por la precaria situación de los páramos, recae sobre el Estado, que posee un sistema de gestión debilitado y fragmentado, factores administrativos y culturales también influyen en su deterioro principalmente porque los páramos pueden ser adaptados fácilmente para el cultivo y la ganadería con sólo la quema de predios en los que el fuego se esparce fácilmente por acción de los fuertes vientos y la necromasa seca que se encuentra formando parte del follaje de frailejones (*Espeletia*) y pajonales (*Calamagrostis*). En este sentido, los estudios que documentan los efectos de las quemas y el pastoreo sobre la vegetación paramuna son escasos, estos han demostrado que la recuperación del páramo es un proceso bastante lento ya que se altera significativamente la estructura y composición de las comunidades (Cárdenas et al. 2002)²², (Morales y Sarmiento 2002)²³. En Colombia, tanto los páramos como los bosques altoandinos están fuertemente intervenidos por actividades humanas y en ocasiones, han sido reemplazados por plantaciones forestales o por sistemas agropecuarios a diferente escala, especialmente por el aumento de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) (Rueda-Almonacid et al. 2004)²⁴. Estos cultivos, al igual que las plantaciones de pino (*Pinus spp*) y el pastoreo extensivo de ganado ovino, bovino y caprino, se encuentran entre los principales usos dados a la tierra en el páramo. Por tanto Van der Hammen (1998)²⁵ afirma que la frontera agrícola tiende a desplazarse cada vez más hacia el páramo propiamente dicho principalmente por el desarrollo de cultivos más resistentes a las heladas y por el cambio climático global.

Por otro lado Hofstede (2003)²⁶, asegura que el páramo ha sido objeto de ocupación humana desde tiempos ancestrales. De tal manera la ocupación antes de la colonia fue relativamente escasa y por lo tanto ecológicamente más estable, con la colonización española se introdujeron sistemas nuevos de apropiación de la tierra, desplazamiento de poblaciones a mayores altitudes e introducción de nuevas especies animales como caballos y ganado vacuno y ovino que ocasionaron una pérdida gradual de las formas tradicionales de subsistencia. Por tanto Velez Hildebrando (2004)²⁷ en el documento de discusión para la preparación de la V Conferencia Nacional de Páramos en Colombia: afirma que hay procesos recientes de uso, ocupación y poblamiento de los páramos motivados por distintos factores que en muchos casos configuran preferencias racionales de actores económicos para apropiarse de un valor proporcionado por un bien o servicio

²¹ RUEDA-ALMONACID, J.V., J.D. Lynch, & A. Amézquita (Eds). Libro Rojo de Anfibios de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá-Colombia. 2004.

²² CÁRDENAS, C., C. POSADA, O. VARGAS. 2002. Banco de semillas de la Tierra Desde el Espacio. Editorial Ariel S.A. Madrid 2002.

²³ MORALES, J. & L. SARMIENTO. Dinámica de los macroinvertebrados edáficos y su relación con la vegetación en una sucesión secundaria en el páramo Venezolano. 2002.

²⁴ RUEDA-ALMONACID. Op. cit., Bogotá.

²⁵ VAN DER HAMMEN. Op. cit., Bogotá.

²⁶ HOFSTEDE, R. Op. cit., Quito.

²⁷ VÉLEZ, G, Hildebrando. Documento de discusión para la preparación de la V Conferencia Nacional de Páramos en Colombia. 2004. p. 4.

ambiental.

4.3.2 Selva Altoandina. Además del páramo, la selva altoandina es otro de los ecosistemas estratégicos de alta montaña, al respecto Rangel (2000)²⁸ señaló que los límites del bosque altoandino están entre 3.000 y 3.200 m.s.n.m., la primera de cuatro franjas, que propone, se divide el ecosistema de páramo, por su parte PNN los sitúa entre los 2.800 y 3.200 m.s.n.m., límite que varía en 100 o 200 metros por condiciones climáticas locales distinguido por su amplia diversidad biológica. Árboles como el raque, encenillo, mortiño, canelo, romero, aliso, entre otros, son predominantes. La selva altoandina se caracteriza por las condiciones de niebla y nubosidad permanente, que pueden durar cerca de 8 meses al año, lo cual es un factor limitante para el crecimiento de plantas, por lo que desarrollan adaptaciones tales como las características de las hojas, que además de ser gruesas y coriáceas, poseen una cutícula protectora de colores negros o azules; o por la cutina y las antocianinas que ayudan a reflejar mejor los rayos (Gentry 1991)²⁹. Presentan temperaturas medias diarias que varían entre los 6°C y los 12°C, con una precipitación que oscila entre los 500 y 4.000 mm/año (Castaño 2002)³⁰; los niveles de evapotranspiración son bajos, y los volúmenes de precipitación horizontal son altos. Allí el microclima juega un papel determinante para este tipo de ecosistemas (Gentry 1982)³¹.

Teniendo en cuenta parámetros anteriores se puede generalizar que la selva altoandina cumple funciones específicas como son la regulación del flujo hídrico que desciende de los páramos y la acumulación y administración de sus nutrientes. Por esto crecen árboles hasta de 15 a 20 metros de alto que resguardan y alimentan una amplia y muy importante variedad de especies animales y vegetales.

Dadas estas condiciones, las zonas altoandinas presentan una baja productividad agrícola y ganadera, reflejada en el pastoreo de ganado vacuno y ovino y algunos cultivos de papa. Por tal motivo las economías campesinas de subsistencia toman estos bosques como una fuente importante de recursos. Sin embargo, la presión demográfica ha llevado a la destrucción y a la fragmentación de muchos de estos ecosistemas naturales a lo largo del tiempo. Según Van Der Hammen (1998)³² originalmente había bosque altoandino hasta altitudes de 3.600 m.s.n.m., sin embargo, la intervención humana, el pastoreo y las quemas combinadas con el crecimiento lento de las especies que conforman este tipo de ecosistema, han llevado a su considerable reducción.

En este sentido es muy difícil establecer el límite original entre la selva altoandina y el páramo, ya que en muchas partes el bosque superior ha desaparecido por la acción del hombre con el fenómeno de la paramización, es decir, el hecho de que la vegetación de

²⁸ RANGEL, Orlando, J. La biodiversidad de Colombia. Bogotá-Colombia. p. 296

²⁹ GENTRY. A.H. The distribution and evolution of climbing plants. En: En: F.E. Putz & H.A. Mooney, eds. The Biology of Vines. Cambridge University Press, Cambridge, England. 1992.

³⁰ CASTAÑO-URIBE, C. (Ed.). Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición Hotspot y Global Climatic Tensor. Ministerio del Medio Ambiente. IDEAM. PNUD. 2002.

³¹ GENTRY. A.H. Neotropical floristic diversity: Phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuation, or an accident of the Andean orogeny. 1982.

³² VAN DER HAMMEN. Op. cit., Bogotá.

páramo se extiende remplazando al bosque nativo altoandino. Al respecto el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2007)³³ dice que este fenómeno, que puede presentarse incluso en una altitud de 3.000m.s.n.m, aproximadamente, tiene relación con el lento crecimiento de las especies leñosas en estas altitudes, mientras que las especies de vegetación abierta (hierbas, *Sufrutex*, "*Caulirrosula*") se establecen mucho más rápido. Por su parte Van der Hammen (1998)³⁴ al respecto habla de que el límite inferior original de la zona de vegetación de páramo puede variar en forma considerable entre los 3.000 y 4.000 m.s.n.m. y dicha variación está relacionada con la precipitación, la humedad y la temperatura media anual local, así se puede encontrar que en áreas más cecatas el límite inferior del páramo se encuentra a 3.000 m.s.n.m., pero en lugares húmedos el bosque puede subir hasta 3.700 o 4.000 m.s.n.m.

4.3.3 Uso y cobertura del suelo. Según el mapa de cobertura y uso actual de la tierra del departamento de Santa Cruz–Bolivia (2005)³⁵, la tierra no debe ser considerada simplemente como el suelo y la superficie topográfica sino que abarca otros elementos como los depósitos superficiales, los recursos de agua y clima y también las animales y vegetales que se han desarrollado como resultado de la interacción de esas condiciones físicas, además los resultados de las actividades humanas, reflejadas en cambios en la cobertura vegetativa o en las estructuras también son vistas como características de la tierra.

En este sentido, la cobertura del suelo se refiere al tipo de cubierta (natural o producto del ser humano) que se encuentra en la superficie terrestre (pasto, cultivo, ciudad, entre otros), mientras que el uso es el conjunto de actividades que el ser humano desarrolla en relación con cierto tipo de cobertura, y está asociado con los fines sociales y económicos (agricultura comercial, ganadería intensiva, entre otros).

Por tal motivo, los conceptos de páramo y de selva altoandina, se encuentran directamente relacionados al igual que con los ecosistemas, también con cobertura del suelo, la cual puede definirse como la cubierta vegetal establecida bien sea de forma natural o con la intervención del hombre. El uso por su parte, se refiere a partir del análisis de la cobertura y está relacionado con el aprovechamiento que la sociedad hace de un espacio determinado. Aquí es importante en primer lugar la metodología Corine (Coordination of Information on the Environment) land cover, adaptada para Colombia y posteriormente adaptada para este estudio, desarrollada en Europa en el año de 1987, la cual es un procedimiento para levantamiento e inventario homogéneo de la ocupación del

³³ INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Bogotá-Colombia. 2007.

³⁴ VAN DER HAMMEN. Op. cit., Bogotá.

³⁵ GOBIERNO DEPARTAMENTAL DE SANTA CRUZ-BOLIVIA, SECRETARIA DEPARTAMENTAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE, DIRECCIÓN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CUENCAS-PLUS, EN CONVENIO CON EL MUSEO DE HISTORIA NATURAL NOEL KEMPF MERCADO. Mapa de cobertura y uso actual de la tierra del departamento de Santa Cruz, en base a imágenes de satélite. Santa Cruz-Bolivia. 2007. p. 4 y19.

suelo con características técnicas específicas y que tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos a escala 1:100.000 sobre la cobertura y uso del territorio y de su seguimiento a través del tiempo, mediante la interpretación visual de imágenes satelitales y el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Cabe aclarar que es conveniente utilizar los nombres que los pobladores le atañen a los diferentes tipos de vegetación de la zona de estudio.

Considerando lo anterior, y según el estudio cambio climático y su relación con el uso del suelo en los andes Colombianos (2010)³⁶, los cambios de cobertura y uso del suelo en escalas locales están ligados a una combinación específica de factores económicos, tecnológicos, institucionales, culturales y demográficos, que dependen de cada lugar y de cada contexto histórico, así como a la ubicación geográfica, topografía, geología, suelo, clima y factores antropogénicos como la historia del uso del suelo y las tendencias socioeconómicas y demográficas. Los estudios sobre dinámicas de cambio de la cobertura y uso del suelo pueden orientar una toma de decisiones más acertada para el manejo de los ecosistemas, que va a depender de las diferencias intrarregionales que se dan en una región y se convierten en estudios claves del cambio ambiental global.

4.3.4 Frontera Agrícola. Ligado a lo que ocurre con la cobertura vegetal y uso de suelo, la frontera agropecuaria juega un papel principal con respecto a los cambios que ocurren en el ambiente. Además las políticas y modelos económicos desarrollados por el Estado Colombiano han llevado a la inserción de nuevas áreas a la producción agropecuaria. La ampliación de la frontera agrícola, en más del 30% de su extensión y la incorporación de nuevas tierras a la producción, en su mayoría a actividades ganaderas, hace complejo el panorama para la producción agrícola³⁷. Al respecto el instituto nacional forestal (INAFOR) de Nicaragua (2004)³⁸, habla de zonas de bosque tropical húmedo donde se ubica una amplísima faja de frontera agrícola, amparada hasta ahora por acciones estatales, caracterizada por el uso de áreas con fines agrícola por un par de años y un relativo abandono posterior.

La ampliación de la frontera agrícola, ha sido una constante en la historia de Colombia 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 en la frontera agrícola, y ha causado la transformación del paisaje selvático y la parcelación de la propiedad de las áreas baldías³⁹.

Los campesinos y colonizadores desplazados, transforman los bosques en cultivos de

³⁶ INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Y DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN. Estudio cambio climático y su relación con el uso del suelo en los andes Colombianos. Colombia. 2010. p. 24.

³⁷ KALIPEDIA. Frontera agrícola. <http://co.kalipedia.com/geografia-colombia/tema/geografia-economica-social/ampliacion-frontera-agricola.html>

³⁸ INSTITUTO NACIONAL FORESTAL (INAFOR). Frontera agrícola. Managua-Nicaragua. 2010. p. 3.

³⁹ KALIPEDIA. Frontera agrícola. Op. cit.

subsistencia, que posteriormente, se convierten en potreros o praderas. Estos movimientos colonizadores, se han ubicado en diferentes regiones del país y han consolidado áreas de expansión con una población que habita en condiciones de pobreza, abandono estatal y violencia regional.

La ampliación de la frontera agrícola ejerce un efecto de expansión de la gran propiedad. El campesino, luego de colonizar y adecuar los predios en un corto período, empieza a tener problemas; el irrisorio apoyo institucional, la inexistencia de infraestructuras de transporte para la comercialización de los productos cultivados y el endeudamiento con entidades crediticias, predispone la venta de los predios a los latifundistas, quienes se quedan con las "mejoras" de los bienes⁴⁰. La colonización de la frontera agrícola se ha guiado más por la necesidad de resolver la subsistencia de los campesinos, que por políticas de ordenamiento y distribución de la tierra por parte del Estado.

Las formas de agricultura, ampliamente utilizadas en el Trópico, combinan ciclos de cultivo cortos con ciclos de descanso (barbecho) extensos, los cuales permiten la regeneración de la vegetación y la recuperación de la fertilidad del suelo⁴¹. Esta rotación de uso de suelo es considera menos intensa. En varias regiones paramunas, esta forma de agricultura domina en la frontera agrícola, es decir, en la frontera entre el campo cultivado y la vegetación natural del páramo, donde tanto las condiciones de humedad y vegetación como la orientación productiva papera son factibles.

4.3.5 Agroecosistemas. Se encuentran directamente relacionados con la frontera agropecuaria y por ende con los cambios de cobertura y uso de suelo que se le proporciona a un determinado lugar. Por tanto para la FAO (1998) citado por Machado y Campos⁴² los ecosistemas agrícolas, o agroecosistemas, son aquellos "ecosistemas que se utilizan para la agricultura" en formas parecidas, con componentes similares e interacciones y funciones semejantes. Los agroecosistemas comprenden policultivos, monocultivos y sistemas mixtos, comprendidos los sistemas agropecuarios, agroforestales, agrosilvopastorales, la acuicultura y las praderas, pastizales y tierras en barbecho. Están en todo el mundo, desde los humedales y las tierras bajas hasta las tierras áridas y las montañas, y su interacción con las actividades humanas comprendidas las actividades socioeconómicas y la diversidad sociocultural es determinante. El agroecosistema o como lo llama la asociación española de ecología terrestre AEET (2007)⁴³, sistema antropogenico puede caracterizarse como un ecosistema sometido por el hombre a continuas modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos. Estas modificaciones afectan prácticamente a todos los procesos estudiados por la ecología, y abarcan desde el comportamiento de los individuos, tanto de la flora como la fauna, y la dinámica de las poblaciones hasta la composición de las comunidades y los flujos de

⁴⁰ SCRIBD. Sector primario en Colombia. <http://es.scribd.com/doc/61565358/Agricultura-tradicional>. 2011

⁴¹ LOPEZ, S, María. Universidad de Ratisbona-Alemania. Intensidad de rotación de usos de suelo en lotes de páramo: estudios de caso en la Sierra Norte del Ecuador. <http://www.condesan.org/e-foros/Paramo2004/LopezM.pdf>.

⁴² MACHADO, Hilda y CAMPOS Maybe. Reflexiones acerca de los ecosistemas agrícolas y la necesidad de su conservación. <http://payfo.ihatuey.cu/Revista/v31n4/pdf/pyf05408.pdf>. 2008.

⁴³ ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ECOLOGÍA TERRESTRE. Revista científica de ecología y medio ambiente, La diversidad de los agroecosistemas. Barcelona, 2007. 44 y 45, p.

materia y energía.

Al respecto la AEET concuerda además en que la excesiva intensificación de las actividades agrícolas ha contribuido, en muchos casos, la drástica transformación del paisaje, el empobrecimiento de los suelos y la aceleración de los procesos irreversibles de erosión. El efecto negativo se ha acentuado durante los últimos cincuenta años con el uso de métodos químicos para la protección de los cultivos que ha originado contaminaciones, a menudo de carácter irreversible. Además, la concentración espacial de las explotaciones ganaderas desvinculadas de la producción agrícola ha creado problemas de contaminación de acuíferos, de erosión y de producción de residuos. El cambio de gestión de los sistemas agrícolas y pastorales que se ha producido en los últimos decenios ha motivado que la agricultura y la ganadería tradicional hayan sido desplazadas por un tipo de producción muy intensivo basado exclusivamente en criterios económicos con graves consecuencias medioambientales y paisajísticas.

Como es un proceso generador de cambios intensos, la reproducción de agroecosistemas es el fenómeno más ampliamente extendido, si comparamos el resto de las acciones humanas que modifican el ambiente, el agroecosistemas es el que afecta a la mayor superficie del globo terráqueo. Según estimaciones, más de la mitad de la superficie de la corteza terrestre ha sido destinada a la práctica de la agricultura (12%), la ganadería (25%) o la plantación de bosques artificiales (15%).

Respecto a lo anterior la intensificación y expansión de la agricultura moderna que se inició durante la mitad del siglo XX en Europa representaron un incremento importante del rendimiento de los cultivos. Sin embargo, el aumento de la productividad ha conllevado una extraordinaria simplificación de los sistemas agrícolas y una mayor dependencia de los aportes externos (Altieri 1999)⁴⁴.

Según la FAO⁴⁵ los agroecosistemas pueden clasificarse en diversos tipos:

- **Pastoriles.** Donde se utiliza la biomasa vegetal para alimentación de ganado, es allí cuando hablamos de sistemas agropecuarios.
- **Silvícolas.** En este agroecosistema se foresta con árboles, que en general son las especies que el hombre considera de interés económico. Pudiendo hablarse de Silvopastoriles cuando se asocian árboles y pastizales para el ganado.
- **Cerealeros.** Aquí es importante la producción de: cereales, maíz, sorgo, maní, soja, girasol, algodón, trigo, cebada, colza, centeno, mijo, alpiste, etc.

4.3.6 Teledetección. De acuerdo a Chuvieco (2002)⁴⁶, es la ciencia y el arte de obtener información sobre un objeto, área o fenómeno, a través del análisis de datos adquiridos por un dispositivo que no se encuentra en contacto con el objeto, área o fenómeno bajo

⁴⁴ ALTIERI, M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment* 74. 1999. 19-31. p.

⁴⁵ ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAD PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO). Situación de los bosques del mundo. 2001.

⁴⁶ CHUVIECO Emilio. Teledetección Ambiental. La observación Cultural y Natural del nudo de la Wuaca o de Los Pastos. s. f, s.e. p. 20, 23 – 72.

investigación. El aspecto más frecuentemente medido en percepción remota, es la energía electromagnética reflejada o emitida por los objetos analizados. Con la excepción de los objetos a temperatura de cero absoluto (-273°C, 0 K), todos los objetos emiten radiación electromagnética; de la misma manera, los objetos también reflejan la radiación que ha sido emitida por otros. Los elementos involucrados en el proceso de adquisición de datos por medio de sensores remotos se describen a continuación.

- El sol es la principal fuente de energía electromagnética empleada en sensores remotos. Parte de la señal original es dispersada o absorbida por la atmósfera.
- Los objetos en la cubierta terrestre reciben la energía electromagnética, y la reflejan o emiten de acuerdo a sus características físicas.
- El sensor y la plataforma que lo alberga, el sistema sensor se encarga de captar la energía procedente de la superficie terrestre. Entre los sensores más comunes se encuentran las cámaras fotográficas, las cámaras de video y los satélites especializados para el monitoreo de la superficie terrestre.
- El sistema de recepción-comercialización, recibe la información transmitida por el sistema sensor, graba la misma en un formato apropiado, se realizan las correcciones del caso y se distribuye a los interesados. En este sentido las fotografías aéreas, las imágenes satelitales y de radar son algunos ejemplos de la información obtenida a partir de la teledetección.
- El intérprete que convierte los datos en información temática de interés, ya sea visual o digitalmente, a fin de facilitar la evaluación del fenómeno en estudio
- El usuario final, el cual es el encargado de analizar la información generada por el intérprete para la toma de decisiones.

Como se nombro anteriormente en cualquier sistema de teledetección deben existir los siguientes elementos: sensor, objeto y flujo energético, el cual es el responsable de la interacción entre los objetos, este mismo puede ser emitido ya sea por el objeto, el sensor u otra fuente externa como el sol, aquí es importante el espectro electromagnético que como dice los fundamentos físicos de teledetección⁴⁷, es el conjunto de las longitudes de onda que puede adoptar la radiación. Por razones prácticas se suele dividir en una serie de regiones debido a que las longitudes de onda dentro de esas regiones presentan cierta homogeneidad en determinados aspectos. Cada una de estas regiones se divide además en categorías adicionales. La luz visible suele dividirse en azul, verde y rojo, aunque en la realidad se presenta un continuo de colores.

Con respecto a lo anterior, según Chávez y Bautista⁴⁸, las tres formas de adquirir información mediante los sensores remotos son: por reflexión, por emisión y por emisión-reflexión. En cualquiera de los casos, el flujo energético entre la cubierta terrestre y el

⁴⁷ Fundamentos físicos de teledetección, tema 1. <http://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema01.pdf>. p. 9

⁴⁸ CHAVEZ Eduardo y BAUTISTA Harold. <http://www.nasa.gov>: Manual para el manejo y procesamiento de imágenes satelitales obtenidas del sensor remoto Modis de la NASA, aplicado en estudios de ingeniería civil. Bogotá D.C. 2005. p. 30.

sensor remoto constituye una forma de radiación electromagnética, este fenómeno de radiación es el que principalmente interactúa en los procesos de teledetección, científicamente este fenómeno se ha descrito desde dos teorías contrapuestas una, determinada como un haz ondulatorio y la otra concebida como una sucesión de unidades discretas de energía (fotones o cuantos) con masa igual a cero.

Por otra parte según el inventario nacional de bosques nativos⁴⁹, la teledetección es la ciencia que engloba al conjunto de los conocimientos y técnicas utilizados para la obtención de información de objetos o fenómenos a distancia, sin entrar en contacto directo con ellos. No sólo trata de los procesos de adquisición de información, sino también de su posterior análisis desde una perspectiva de aplicación en particular. Las imágenes obtenidas a partir de plataformas espaciales constituyen una fuente muy importante de información sobre los recursos naturales y del ambiente. En efecto, las imágenes satelitales: en primer lugar proveen una visión sinóptica de grandes áreas de la superficie terrestre, lo que permite una mejor comprensión de la organización espacial; además permiten acceder a información que nuestra visión no capta, tal como las bandas del infrarrojo y son menos costosas por unidad de superficie que las fotografías aéreas o la información tomada en el terreno.

De esta forma, además las imágenes obtenidas por los satélites de teledetección ofrecen una perspectiva única de la Tierra, sus recursos y el impacto que sobre ella ejercen los seres humanos. La teledetección por satélite ha demostrado ser una fuente rentable de valiosa información para numerosas aplicaciones, entre las que cabe citar la planificación urbana, vigilancia del medio ambiente, gestión de cultivos, prospección petrolífera, exploración minera, desarrollo de mercados, localización de bienes raíces y muchas otras. El valor de las imágenes de satélite y la información extraída de ellas son evidentes. Ofrecen una visión global de objetos y detalles de la superficie terrestre y facilitan la comprensión de las relaciones entre ellos que pueden no verse claramente cuando se observan a ras de tierra. Por supuesto, el carácter "remote" de la teledetección aumenta también este valor, ya que proporciona una visión parcial del globo sin tener que moverse de la oficina⁵⁰. Así mismo se definen cuatro tipos de resolución con las cuales se trabaja en teledetección⁵¹.

- Resolución espacial (tamaño de pixel).
- Resolución temporal (tiempo que tarda el satélite en tomar dos imágenes del mismo sitio).
- Resolución espectral (capacidad de discriminar entre longitudes de onda vecinas en el espectro, así como el número de bandas disponible).
- Resolución radiométrica (número de intervalos de intensidad que puede captar el sensor).

⁴⁹ MINISTERIO DE SALUD DE LA NACIÓN Y SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Manual de teledetección, inventario nacional de bosques nativos. argentina. 2004. p. 2

⁵⁰ SRGIS, REMOTOS & GIS. Guía básica sobre imágenes satelitales y sus productos. http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf.

⁵¹ Teledetección, capítulo 10. http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario_10.pdf

Con respecto a lo anterior, una de las aplicaciones más comunes en teledetección es analizar los cambios en la cobertura del suelo, mediante estudios multitemporales. Su utilización, combinada con la fotografía aérea y los trabajos de campo, permiten un análisis detallado de los cambios sucedidos en el paisaje. En este sentido como dice Romero⁵², el objetivo principal de los estudios multitemporales es encontrar una forma de combinar o integrar en el proceso varias imágenes satelitales correspondientes a diferentes fechas, con distintos estados fenológicos en la vegetación, de cara a la obtención de un incremento en la precisión de las clasificaciones.

La integración de imágenes de satélite relativas a una misma área pero de fechas sucesivas, se realiza a través de un procedimiento de registro multitemporal de las imágenes. Este proceso consiste, en líneas generales, en obtener la posición de una imagen con respecto a otra que proporciona la máxima correlación en el espacio de los datos radiométricos. El resultado final que se obtiene es una sola imagen que posee tantos canales espectrales como bandas suman las imágenes procesadas. En los estudios multitemporales se pueden emplear diversas metodologías, pero conviene tener en cuenta algunas consideraciones:

- La intersección de clasificaciones de imágenes pertenecientes a distintas fechas reduce generalmente las clasificaciones erróneas, en el sentido de que un elemento que no posea cierta cualidad puede ser clasificado como poseedor de ella, pero también aumenta los errores en el sentido de que un individuo que tiene dicha cualidad puede ser clasificado como que no la posee.
- La superposición o integración de las imágenes previamente a la clasificación reduce generalmente los errores de clasificación en ambos sentidos.
- El producto de las probabilidades de clasificación por separado en ambas imágenes, generalmente proporciona mejores resultados que el método anterior, estando además mejor adaptado a la metodología de clasificación supervisada, pues permite mayor libertad en la elección de las áreas de entrenamiento en cada una de las imágenes por separado.

⁵² ROMERO, Sacristán Francisco. La teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. Madrid, España. 2006. p. 22.

4.4 MARCO LEGAL

El análisis multitemporal de cambio de la cobertura del suelo en la selva alto andina y el páramo del volcán Cumbal, (Departamento de Nariño), está enmarcado por una serie de normas de orden nacional, en las cuales se determinan que estos ecosistemas deben preservarse, entre otras razones, por los servicios ambientales que estos proveen a la comunidad. Indudablemente los planteamientos formulados por esta normatividad, vislumbran la dinámica de este proceso investigativo orientado a comprender, mediante la caracterización y análisis de los cambios de cobertura del suelo, inmersos en el marco de la sostenibilidad ambiental. En vista de ello la perspectiva de solventar esta problemática a través de esfuerzos colectivos, requiere de los distintos actores de los pueblos que habitan la zona de estudio, para la construcción de políticas y acciones estratégicas a desarrollar, con el concurso de instituciones como la Universidad de Nariño con su programa de Geografía, el Grupo de Investigación en Geografía Física y Problemas Ambientales (TERRA) y la Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI).

En consecuencia, a continuación se presenta una síntesis de la normatividad que se relaciona con este proceso investigativo, acorde al manejo especial de los ecosistemas de selva alto andina y páramo.

Constitución Política Nacional de 1991. En su calidad de norma de normas en sus artículos 79 y 80 plantea el derecho de gozar por 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, para garantizar el desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Considerando además el Ordenamiento Territorial como política de Estado y un instrumento de planificación donde el ordenamiento ambiental del territorio es un componente fundamental. Para la investigación, este concepto recae en una acertada disposición de los asentamientos poblacionales, para que no se ubiquen en ecosistemas frágiles, contribuyendo a preservar su vocación natural.

Ley 99 de 1993, Principios Generales Ambientales. Bajo los lineamientos de protección especial de ecosistemas de páramo, subpáramo, zonas de recarga de acuíferos y el paisaje, en la formulación de políticas ambientales teniendo en cuenta el proceso investigativo, científico y el manejo ambiental. Esta ley enmarca el presente estudio, que tiene como propósito la explicación de posibles factores antrópicos que han incidido en el cambio de uso y cobertura del suelo, en los ecosistemas frágiles, como los páramos y la selva alto andina del volcán Cumbal, haciendo partícipes además, a la comunidad que se asienta en la zona, para mancomunadamente contribuir en la búsqueda de soluciones en beneficio de la calidad de los recursos naturales.

Ley 160 de 1994, Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino. Esta ley en nuestro marco investigativo de análisis multitemporal de cambio de uso y cobertura del suelo, se enfatiza en el cambio rápido y radical del régimen de propiedad y explotación de la tierra, implicando múltiples factores de orden social, político, económico y cultural, que afecta en sí, la estabilidad ambiental de estos ecosistemas frágiles de selva altoandina y páramo en el volcán Cumbal. También es importante la inclusión de esta reforma, en criterios de

parcelas, con la denominación de minifundios y latifundios, que posiblemente imperan en el área de estudio.

Ley 388 de 1997, Reforma Urbana. La investigación también está enmarcada bajo los lineamientos de esta Ley, donde se consolida el proceso ambiental del territorio, a través de la formulación de Planes y Esquemas de Ordenamiento Territorial (POT, EOT), en dichos planes es fundamental la visión o enfoque ecosistémico debido a que es una estrategia para la conservación y uso sostenible de la tierra, el hombre y los recursos naturales de una manera equitativa.

Resolución 769 de agosto 5 de 2002. Emanada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual, se dictan disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos, ya que estos son ecosistemas de una singular riqueza cultural y biótica, con un alto grado de especies de flora y fauna endémicas de inmenso valor, que constituyen un factor indispensable para el equilibrio ecosistémico, el manejo de la biodiversidad y del patrimonio natural del país. Además estos ecosistemas de alta montaña, vienen siendo usados y degradados por actividades antrópicas como, el establecimiento de monocultivos, las quemas y la ganadería extensiva, ocasionando compactación y empobrecimiento de suelos, pérdida de materia orgánica, cobertura vegetal y diversidad biológica, erosión y contaminación de suelos y aguas.

Resolución 839 de agosto 1 de 2003. Emanada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por 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 Páramos. En el desarrollo de la investigación este lineamiento normativo se constituye en la base que permite concretar el análisis del cambio de uso y cobertura del suelo en el volcán Cumbal, por tal motivo, es importante tener claridad en los aspectos que definan el problema vivido actualmente en la zona, para la aplicación adecuada de una metodología que trace el camino para conocer las diferentes causas y efectos. Además es importante direccionar la investigación hacia la búsqueda de esfuerzos institucionales y administrativos, con entidades autónomas regionales como CORPONARIÑO, con el propósito de fortalecer los estudios de carácter ambiental en el Departamento de Nariño, para el adecuado manejo y administración de los recursos naturales, como los ecosistemas de alta montaña en pro del desarrollo ambiental sostenible.

Política de Bosques (Documento CONPES 1996) y el Plan Estratégico para la Restauración y Establecimiento de Bosques en Colombia (Plan Verde 1998). Estas fueron formuladas con el propósito general de lograr el uso sostenible de los bosques, consolidar la incorporación del sector forestal en la economía nacional, mejorar la calidad de vida de la población, la restauración de ecosistemas degradados y el uso sostenible de los ecosistemas considerados como, sumideros de carbono. Estas políticas son una propuesta del Ministerio del Medio Ambiente para brindar respuestas efectivas e integrales que contribuyan a proteger y conservar nuestros bosques; a detener y revertir sus procesos de deterioro; a prevenir los impactos negativos generados por las políticas públicas de otros sectores y a asegurar el compromiso de la sociedad civil y del sector privado en la conservación, utilización y aprovechamiento sostenible de los bosques.

5. METODOLOGIA

El proceso de análisis multitemporal del cambio de cobertura del suelo en la selva alto andina y la vegetación de páramo en el volcán Cumbal, Departamento de Nariño, se encuentra dentro de la línea de investigación Caracterización Biofísica y Ambiental del Espacio Geográfico (Problemáticas y Evaluación Ambiental), donde se aplicó el tipo de investigación cuali-cuantitativa y un enfoque analítico-descriptivo. Por ende, el cumplimiento de los objetivos de esta investigación, se caracterizó por el siguiente diseño metodológico, que establece el desarrollo de cuatro fases de trabajo con sus respectivas actividades, encaminadas además a la estructuración del documento final.

5.1 FASE UNO, RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

El proceso investigativo en primera instancia, estuvo acompañado de la documentación e información secundaria pertinente y a la cual se tuvo acceso. Los registros, cartografía (análoga y digital), fotografías aéreas, imágenes satelitales, estudios, documentos de diverso orden (jurídico, técnico, económico, ambiental, social y cultural), que se consultaron bajo una reflexión crítica, se apoyaron en la elaboración de esta investigación, con el propósito de dar validez, credibilidad y confiabilidad a esta información para determinar lo conocido, lo inadvertido, los aportes, las creencias, los vacíos, y lo que se debió indagar o replantearse en beneficio de la investigación. Por tal motivo en el afán de establecer esta base bibliográfica fue necesario consultar en diferentes sitios e instituciones de orden público y privado a nivel municipal, regional y nacional. Las actividades correspondientes a esta fase son.

5.1.1 Estructuración del marco conceptual. Esta actividad implicó revisar, analizar y sintetizar diversas fuentes documentales específicas y generales, considerando todas las teorías, aspectos históricos, conceptos relevantes, estado actual, entre otros criterios, para consolidar un constructo teórico, lo suficientemente claro y preciso referente a los ecosistemas de páramo y selva altoandina, contribuyendo así a estructurar un conocimiento concreto del tema de investigación en todo sentido. Cabe resaltar que este marco conceptual fue actualizado permanentemente conforme se desarrollo la investigación.

5.1.2 Identificación y análisis preliminar de la cartografía, fotografías aéreas e imágenes satelitales de la zona de estudio. En esta actividad fue importante la selección y adquisición de este tipo de información para el desarrollo de la investigación, en cuanto a la elaboración en primer lugar del mapa topográfico de la zona de estudio, y posteriormente para observar y analizar de forma preliminar el estado actual de las coberturas de selva altoandina y páramo en el volcán Cumbal, y sus cambios ocurridos en el período tentativo 1989-2009. Aquí es conveniente subrayar que dicho período fue ajustado dependiendo de la disponibilidad de la información. Por tal motivo y en primer lugar, se manejaron mapas en formatos digitales y análogos, tanto topográficos como las planchas del IGAC en formato pdf números 447 y 428, a escala 1:100.000, un espacio mapa en formato PDF Path 10 Row 59, así como también temáticos de la zona como la plancha geológica 447 Ipiales 447 BIS Tallambí de INGEOMINAS, indispensables para la localización, delimitación e interpretación. En cuanto a las fotografías aéreas adquiridas al IGAC de 1995 e imágenes satelitales se estableció el requerimiento de lo siguiente:

Tabla 2. Fotografías aéreas, zona de estudio

No. vuelo	<i>C-2541</i>	<i>C-2554</i>	<i>C-2570</i>
No. foto	<i>143 a 151</i>	<i>070 a 080</i>	<i>041 a 050</i>
Cantidad	<i>9</i>	<i>11</i>	<i>10</i>

FUENTE. Esta investigación

Tabla 3. Imágenes Satelitales

Cantidad	Descripción	Proveedor
<i>2</i>	<i>Imágenes ASTER de 15 bandas multiespectrales de fechas 5 de febrero de 2007 y 24 de octubre de 2009</i>	<i>Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), Cotopaxi, Ecuador</i>
<i>1</i>	<i>Imagen LANDSAT-5, Path 10 Row 59 del 29 de septiembre de 1997</i>	
<i>1</i>	<i>Imagen LANDSAT-5, Path 10 Row 59 de 1987</i>	<i>Global Land Cover Facility extensión ESDI</i>

FUENTE. Esta investigación

Todas las imágenes satelitales que se utilizaron, tuvieron como requisito la presencia de una cobertura de nubes mínima. Estas dos últimas herramientas en el proceso investigativo, se constituyeron en material clave para el análisis multitemporal, ya que de esta manera se pudo observar morfología del terreno y la dinámica de las coberturas de páramo y selva altoandina, evidenciando los posibles grados de intervención antrópica.

5.2 FASE DOS, PROCESO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS E IMÁGENES SATELITALES

Una de las principales actividades para tener en cuenta es la teledetección y las tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (SIG), en especial los programas ARCGIS ® y ERDAS ®, como herramientas para identificar los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo en los ecosistemas de páramo y selva altoandina del volcán Cumbal. En el desarrollo del estudio la utilización de este tipo de software fue fundamental para que las imágenes satelitales y cartografía digital principalmente, pasaran por procesos de depuración o ajuste, que conllevaron a productos precisos, de manera que al hacer comparaciones aquellas arrojaron información de alta calidad acerca de los cambios de uso y cobertura del suelo en el período de tiempo 1989-2009, permitiendo establecer en primer lugar el diagnóstico y la clasificación de uso y cobertura, teniendo en cuenta la metodología Corine Land Cover. Las actividades correspondientes a esta fase son.

5.2.1 Interpretación de fotografías aéreas. En esta actividad se requirió la utilización de estereoscopios de espejos, necesarios para observar de forma apropiada las fotografías aéreas utilizadas de la zona de estudio. El objetivo principal de la interpretación fue el de complementar y precisar el reconocimiento del área de estudio. Además a través del análisis de las fotografías aéreas se afianzó la información de la metodología computarizada antes mencionada, y se realizó la identificación de la red hidrográfica, divisorias de aguas, además de detallar algunos rasgos de cobertura vegetal,

concentración social de poblados, morfología, entre otros, correspondientes a las áreas de páramo y selva altoandina en el volcán Cumbal.

5.2.2 Realización del mapa topográfico. En primer lugar se generó el mapa topográfico, tomando como base el Modelo de Elevación Digital (DEM) de la NASA, cual tiene una resolución de 32 x 58 m, realizando el respectivo recorte del área de estudio, para luego efectuar las correcciones pertinentes con las herramientas Fill, Sink y Skin del programa ArcGIS con el fin de identificar, visualizar y eliminar los sumideros erróneos que existían. Luego de este proceso se generaron las curvas de nivel, las cuales fueron representadas en la base topográfica como curvas índice cada 500 metros y curvas intermedias cada 100 metros; aquí es importante precisar que dado a que estas curvas se generan de forma quebrada, se procedió a realizar un leve suavizado. En cuanto a la mapificación de la red de drenaje también se generó con el corte del DEM del área de estudio y al igual que con las curvas de nivel, se procedió a realizar un suavizado con la herramienta smooth, por otro lado para los órdenes de corriente de esta red hídrica se utilizaron valores de 4, 5, 6, 7, 8 y 9, los cuales fueron editados mediante la tabla de atributos para la asignación de los nombres de los ríos y quebradas.

Es importante resaltar que la información cartográfica, para la zona de estudio es escasa debido a la permanente nubosidad existente en el área, las planchas a escala 1: 25.000 son en su mayoría inexistentes, por tanto se utilizó la cartografía base y temática de los Esquemas de Ordenamiento Territorial de los Municipios de Cumbal, Guachucal y Mallama, al igual que las planchas topográficas y geológica PDF a escala 1:100.000, antes mencionadas adquiridas en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, esto con el fin de detallar los respectivos nombres de ríos, quebradas y veredas, así como también comprobar que la red hídrica y las curvas de nivel, generadas por el DEM sean precisas, porque en zonas donde el relieve tiene pendientes bajas o planas por lo general tiende a presentar errores. Entonces con el programa ArcGIS® se procedió a mover las polilíneas, así como también precisar el nombre de las veredas de cada uno de los municipios que conforman el área de estudio con las herramientas editor y modify feature (Anexo A)

5.2.3 Procesamiento de Imágenes Satelitales y realización del mapa de cobertura.

Para este proceso se destaca la resolución en los sensores remotos la cual implica, al menos cuatro manifestaciones: espacial, espectral, radiométrica y temporal.

- La resolución espacial designa el objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen, sobre las fotografías se mide en unidades de longitud que corresponden a distancias en el terreno y dependen de la distancia focal de la cámara y de la altura sobre la superficie (escala). En sensores óptico – electrónicos corresponde al tamaño de la mínima unidad de información incluida en la imagen, denominada PIXEL. A menor tamaño del píxel se incrementa la probabilidad de identificar con mayor detalle el objeto.
- La resolución espectral indica el número y anchura de las bandas espectrales que pueden detectar un sensor. Un sensor será mejor mientras más bandas proporcione y mientras más estrechas sean estas.

- La resolución radiométrica hace mención a la sensibilidad del sensor, esto es, a la capacidad de detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe. El número máximo de niveles digitales que puede detectar un sensor óptico – electrónico es lo que recibe el nombre de resolución radiométrica. Los primeros sensores ofrecían 64 o 128 niveles digitales. Actualmente ofrecen más de 1024. Sin embargo los más utilizados son los de 256 niveles digitales (ND).
- La resolución temporal se refiere a la frecuencia de cobertura que proporciona el sensor y la periodicidad con que este adquiere datos de la misma porción de la superficie terrestre. El ciclo de la cobertura es función de la órbita del satélite (altura, velocidad, inclinación), así como del diseño del sensor, principalmente al ángulo de observación y de abertura

Entonces para realizar el mapa de cobertura actual se usaron las imágenes Aster de 2007 y la de 2009, el mapa fue generado con la imagen más reciente que es la del 2009, pero debido a la cantidad de nubes en la zona de Guan se tomo como soporte visual la imagen de 2007 principalmente para el sector oriental del área de estudio, puesto que esta imagen no presentaba nubes.

Luego de obtener las imágenes satelitales lo primero que se realizo fue la rectificación el cual 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.

No solo se tuvo que georeferenciar sino que además fue necesario la ortorectificación, este es un proceso que remueve la distorsión geométrica presente en las imágenes y que está ocasionada por la orientación del sensor, el desplazamiento debido al relieve y los errores sistemáticos asociados con ella.

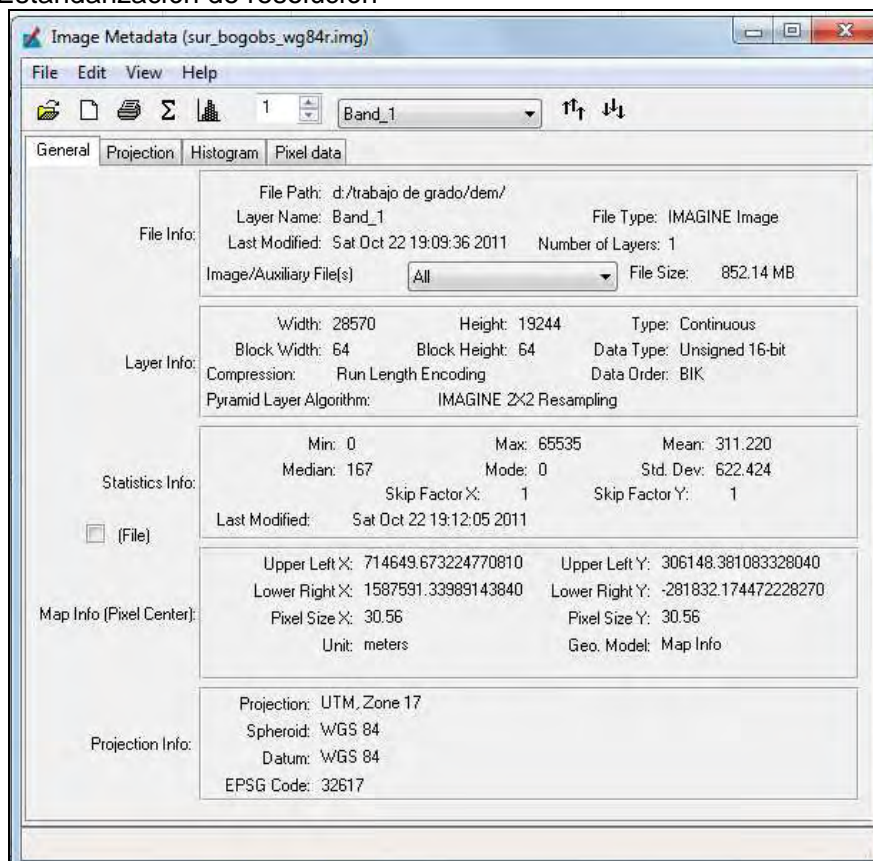
Este proceso se lo realizo a las imágenes Áster del año 2009 y 2007, puesto que estas a pesar de tener una mayor resolución que las imágenes Landsat, presentaron distorsión del relieve por tener diferencias mínimas en la orientación del sensor, con respecto a Landsat. Como resultado se obtuvo una homogenización de estas para ser procesada. Es esencial e indispensable para la realización de estudios multitemporales de cobertura del suelo aplicar otros procesos además de los mejoramientos espectrales que se le realiza normalmente a una imagen satelital, por lo cual también se deben hacer mejoramientos radiométricos y mejoramientos topográficos a las imágenes a tratar.

Para que nuestro proceso de clasificación de imágenes satelitales fuera precisa, se uso el programa Erdas imagine 2011, siguiendo un número secuencial de pasos:

5.2.3.1 Proceso de estandarización de resolución. El cual consiste en darle una resolución igual a todas las imágenes, tomando como referencia la medida de pixel de una imagen, la imagen fue de 1997 y tiene una medida de pixel de 32.58 igual al DEM, entonces este patrón se utilizo en todas las imágenes que usamos en este estudio (Figura 2). Para este proceso se utilizo la herramienta spatial que la encontramos en raster, entonces seleccionamos la opción resample pixel size y con la herramienta

spatial en la opción resample fue posible la igualación, cabe resaltar que la imagen tenía un tamaño de resolución de 30.56 y la igualamos a 32.58.

Figura 2. Estandarización de resolución



FUENTE. Esta investigación

5.2.3.2 Georeferenciación de las imágenes. Luego se procedió a georeferenciar las imágenes usando AutoSync Workstation y tomando como referencia, la imagen de 1997, como el modelo (AutoSync Workstation) toma los puntos automáticamente, solo fue necesario ingresar un punto de control de terreno (GCP) a nivel de pixel, y se dejo que el software automáticamente tome los demás puntos de control en común, luego de este procedimiento el programa arrojó unos porcentajes de error o RMSE el cual deben ser menor a 0,1. En este estudio fue igual a 1,2, por tanto se borraron manualmente los números superiores a 1 y siempre realizando la respectiva sumatoria para que nos arroje el total de error en la georeferenciación. Como resultado se obtuvo un empate bastante preciso entre las diferentes imágenes.

5.2.3.3 Corrección topográfica y atmosférica. El proceso de mejoramientos radiométricos y topográficos que se realizó a las imágenes consistió en hacer correcciones en la incidencia que tiene la atmosfera sobre el satélite, ya que este lo que hace es captar la radiancia de la vegetación con influencia de la misma atmosfera, el relieve, la posición del sol etc. La corrección consiste en establecer 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.

Además de estas correcciones se hizo un mejoramiento atmosférico, ya que las partículas que se encuentran suspendidas en la atmosfera, la niebla del vapor de agua, entro otros, 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.

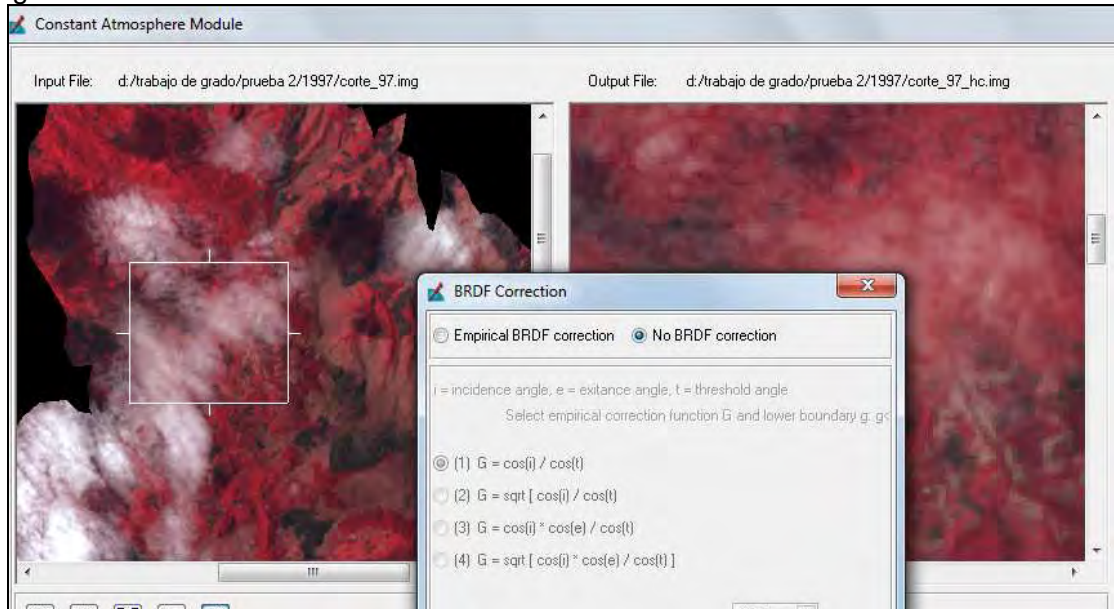
La calibración radiométrica y la corrección atmosférica son indispensables para efectuar estudios multitemporales, con imágenes satelitales del mismo o diferente sensor.

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 al momento de captura de la imagen por satélite.

Para realizar este proceso se utilizo el modelo de corrección atmosférica o ATCOR el cual es utilizado para estudios multitemporales, generando los modelos de pendiente, elevación y diferentes puntos de iluminación en la escena. El Objetivo de utilizar este modelo es calcular un mapa de pendiente de aspecto y de sombras (Figura 3).

Para la corrección se uso el mismo modelo atcor, pero la opción atcor 3 workstation y después de realizar la corrección topográfica se procedió a realizar la correccion atmosférica con la herramienta atmospheric correction. Cuando la imagen contiene nubes, en algunos casos solamente se nota un ligero cambio en los bordes de estas mismas.

Figura 3. Corrección atmosférica



FUENTE. Esta investigación

Luego se proceden a normalizar los niveles digitales a reflectividad aparente por medio del modelo catrad.

5.2.3.4 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 2007 y 2009 tiene una resolución espacial de 15 m y para efecto, fue necesario homogenizar la resolución de 15 m a la resolución de las dos imágenes LandSat que es de 32.58 m al igual que el modelo de elevación digital (DEM).

Cabe resaltar que dicha homogenización se realiza para obtener mayor precisión en la clasificación de coberturas, aunque refleje desventajas como la pérdida de resolución para la imagen ASTER.

Las correcciones radiométricas y la conversión de los niveles digitales (ND) a valores de radiancia para la posterior transformación a reflectividad, se tuvo en cuenta el mismo objetivo utilizado para las imágenes LandSat; aunque no se utilizó un módulo como el de ATCOR, para la corrección de reflectividad, se utilizó la ecuación planteada por Wooster⁵³ para el cálculo de la reflectancia planetaria.

El producto de la reflectancia es expresado en unidades de porcentaje de reflectancia (0–100%). Todos estos valores para el cálculo están incluidos en el archivo de cabecera de la imagen y se utilizaron en la siguiente fórmula:

$$RTOA = (\pi * Lrad * d^2 / ESUNi * \cos(z))$$

Donde: RTOA= reflectancia planetaria

Pi= 3,14159

Lrad = radiancia espectral (radiación registrada en el sensor)

ESUNi = 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 Thome⁵⁴.

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

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

Tabla 4. Cálculo de distancia tierra – sol para proceso de imagen Aster 2011

<i>Fecha de toma de la Imagen</i>	<i>Día juliano (JD)</i>	<i>Distancia tierra - sol (d) (en unidades astronómicas)</i>
24 – Octubre – 2009	298	0,890108

FUENTE. Esta investigación

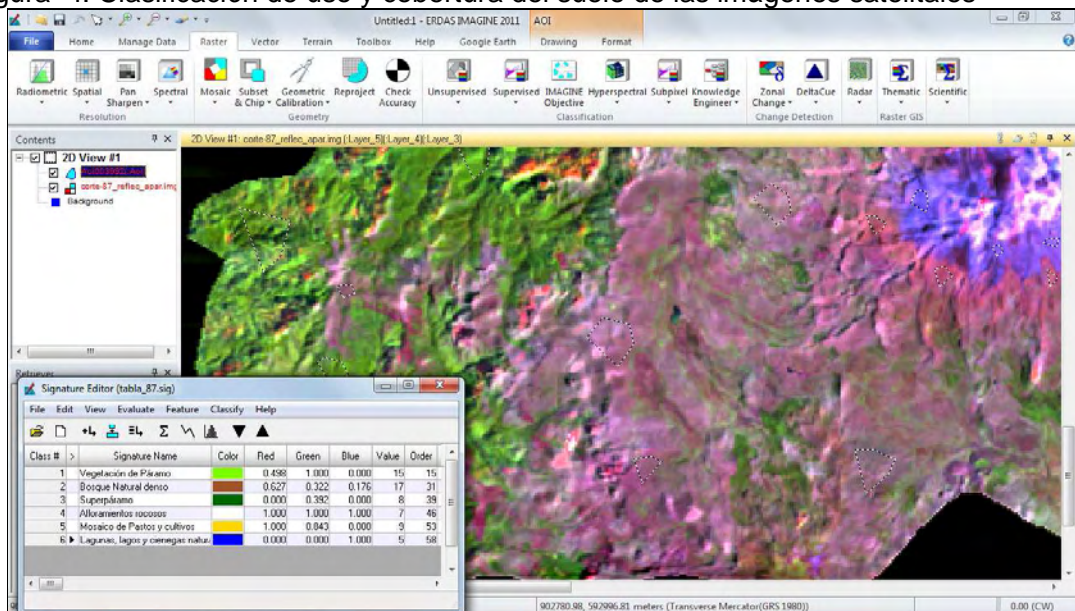
⁵³ Wooster, M.J. 1996. In orbit calibration of the ATSR-1 1.6 mm channel using high resolution data from the JERS-1 (Fuyo-1) optical sensor. International Journal of Remote Sensing 17(5): 1069-1074.

⁵⁴ Thome, K., F. Palluconi, T. Takashima and K. Masuda. 1998. Atmospheric correction of ASTER. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 36(4): 1199-1211.

5.2.3.5 Clasificación de uso y cobertura del suelo de las imágenes satelitales. Cabe resaltar que para este asunto se realizó un recorrido por la zona de estudio, para identificar los tipos de cobertura mencionados en la clasificación. 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.

Luego de los anteriores procesos, se procedió a realizar la respectiva clasificación de la imagen utilizando la herramienta classification supervised, inicialmente completando los datos en signature editor, tomando muestras manualmente de las diferentes coberturas que se presentan en la imagen, luego de este proceso se ultimaron detalles en la herramienta supervised classification (Figura 4).

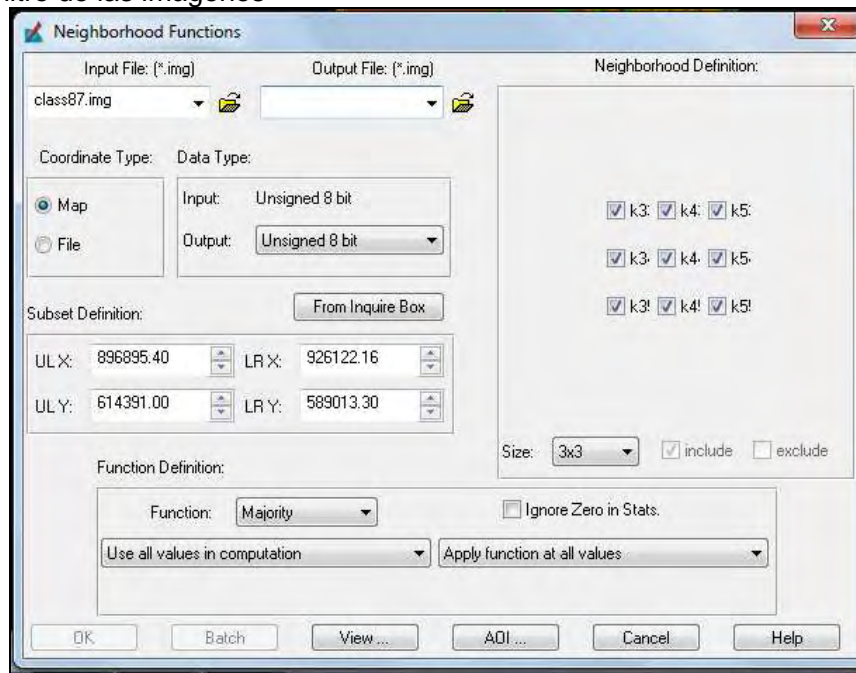
Figura 4. Clasificación de uso y cobertura del suelo de las imágenes satelitales



FUENTE. Esta investigación

Luego se usó la herramienta neighborhood la cual realiza un filtro en la imagen con la finalidad de que las clases predominantes absorban los píxeles vecinos (Figura 5), para que la generalización sea adecuada fue necesario realizar el proceso de neighborhood 2 veces en la misma imagen.

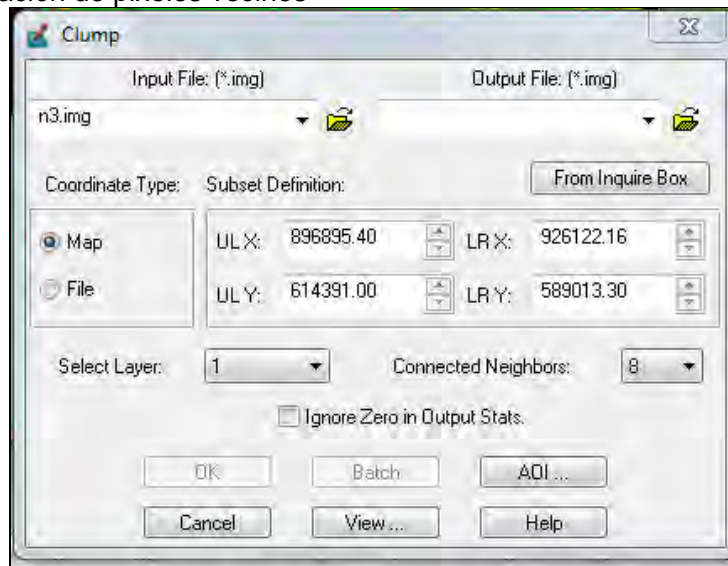
Figura 5. Filtro de las imágenes



FUENTE. Esta investigación

Seguido de este proceso se utilizó la herramienta clump la cual agrupa píxeles vecinos con niveles digitales iguales, uniéndolos en una entidad (Figura 6).

Figura 6. Agrupación de píxeles vecinos

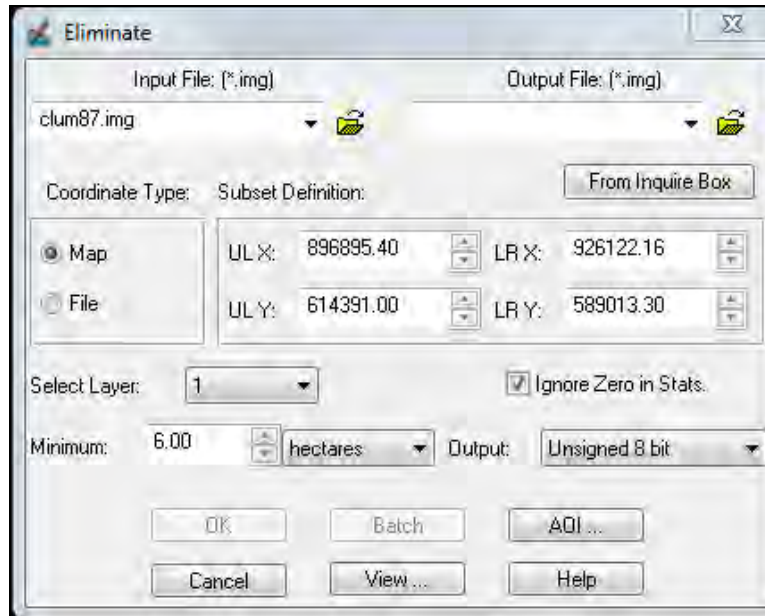


FUENTE. Esta investigación

Finalmente se utilizó la herramienta Eliminate (Figura 7), la cual permite la unión de polígonos automáticamente, en esta se introdujeron datos como los archivos de salida, de entrada y la unidad mínima de mapeo que para nuestro estudio es de 6 has. Eliminate

permite unir los polígonos que sean mayores a la unidad mínima de mapeo, agrupándolas en la unidad de cobertura más grande o la que tiene mayor predominancia.

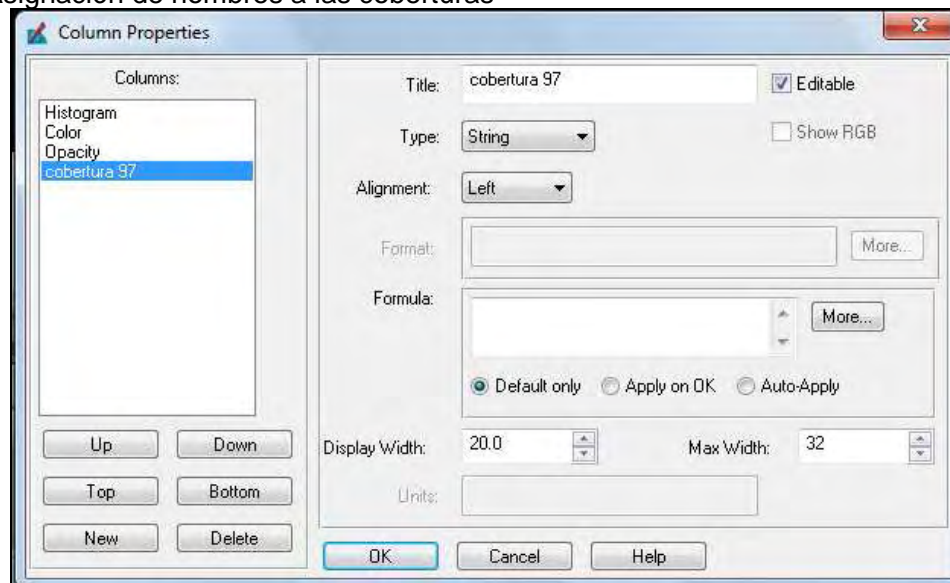
Figura 7. Herramienta Eliminate



FUENTE. Esta investigación

Después de todo este procedimiento fue necesario pasar el archivo de raster a vector, pero antes de eso se colocó en la tabla los respectivos nombres de las coberturas. Por tanto vamos a column properties y agregamos una nueva columna en la tabla (Figura 8).

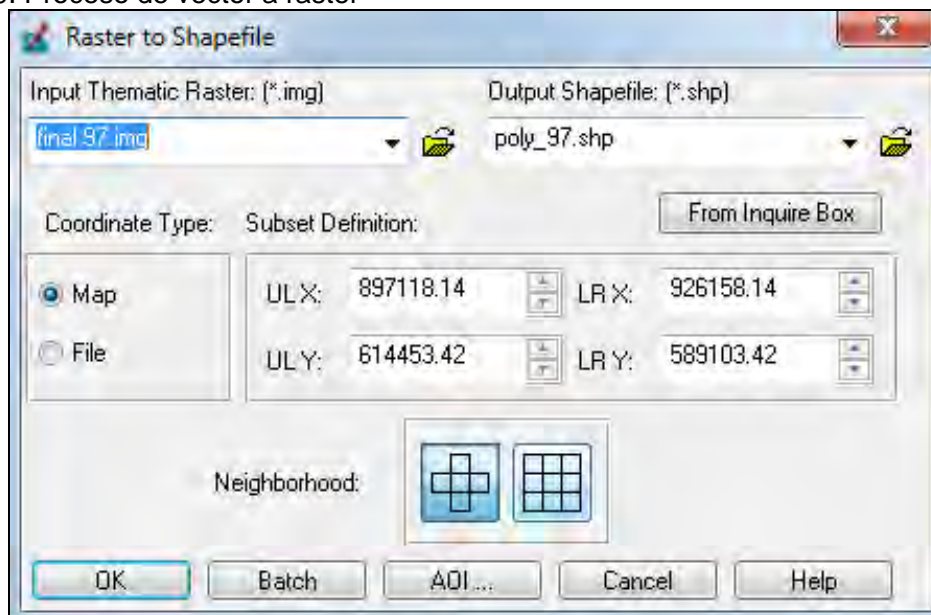
Figura 8. Asignación de nombres a las coberturas



Fuente. Esta investigación

Después se paso de raster a vector para trabajar los polígonos en el programa argis 9.2 (Figura 9).

Figura 9. Proceso de vector a raster



FUENTE. Esta investigación

5.2.3.6 Adaptación de la metodología de clasificación corine land cover a este estudio. Para la adaptación y la respectiva delimitación de las diferentes unidades expuestas en la leyenda del mapa de uso y cobertura del suelo de 1987, 1997 y 2009, 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”⁵⁵, págs. 48 – 90.

- **Adaptación de la nomenclatura.** Se utilizó para este proyecto la nomenclatura ajustada de cobertura (Tabla 5), utilizada en el programa europeo Corine Land Cover a partir de los siguientes indicios.

- Las unidades de esta nomenclatura deben poder ser distinguidas 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 6 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 36.919,46 has. Se utilizó la escala de 1:50.000 para tener una mejor visualización e interpretación de los mapas.

⁵⁵ 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

Tabla 5. Clasificación de uso y cobertura del suelo Corine Land Cover, para la zona de estudio

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1. Territorios artificializados (TA)	1.1 Zonas urbanizadas (TAu)	1.1.1 Tejido urbano continuo (TAuc)
2. Territorios agrícolas (AG)	2.1 Pastos (AGp)	2.1.1 Pastos limpios (AGpl)
	2.2 Áreas agrícolas heterogéneas (AGhm)	2.2.1 Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1) 2.2.2 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2) 2.2.3 Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3)
3. Bosques y áreas seminaturales (BN)	3.1 Bosques (BNb)	3.1.1 Bosque natural denso (BNbd) 3.1.2 Bosque natural fragmentado (BNbf)
	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva (BNa)	3.2.1 Arbustos y matorrales (BNam1) 3.2.2 Bosques achaparrados de páramo (BNam2) 3.2.3 Vegetación de páramo (BNap) 3.2.4 Vegetación rupícola (BNar)
	3.3 Áreas abiertas sin o con poca vegetación (BNr)	3.3.1 Afloramiento rocoso (BNrr)
4. Áreas húmedas (AH)	4.1 Áreas Húmedas continentales (AHc)	4.1.1 Turberas (AHct)
5. Superficies de agua (SA)	5.1 Aguas continentales (SAc)	5.1.1 Lagunas (SAcl)

FUENTE. Esta investigación

La sistematización de los diferentes tipos de cobertura vegetal sobre las imágenes satelitales se realizó directamente en pantalla utilizando ArcGIS 9.3 ® que permitió delinear y editar las diferentes unidades de mapeo.

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.

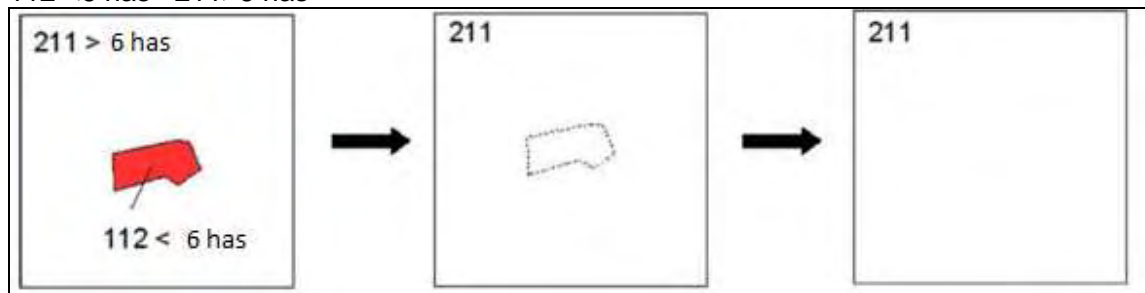
Durante la clasificación puede ocurrir que algunos polígonos se encuentren rodeados por una unidad mayor en forma individual o que formen parte de un grupo de unidades que no reúnen los requisitos de mapeo, se aplicaron criterios de generalización para agregar

estas coberturas de área reducida a las coberturas vecinas que si 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 uso y cobertura del suelo.

Si la unidad (<6 has) se encuentra rodeada por una sola unidad de tamaño mayor a 6 has, la unidad pequeña se agrega a la unidad grande, (Figura 10).

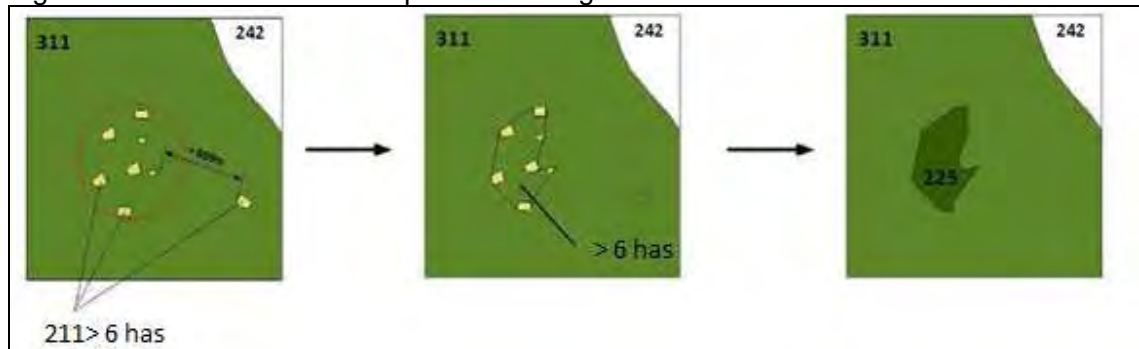
Figura 10. Caso donde se encuentra un polígono pequeño dentro de un polígono grande 112 <6 has 211 >6 has



Modificado de CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007⁵⁶. Pg. 23

Si una unidad grande de bosque natural denso de mator a 6 has (311) presenta un conjunto de pequeñas áreas de deforestación y/o cultivos menores a 6 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



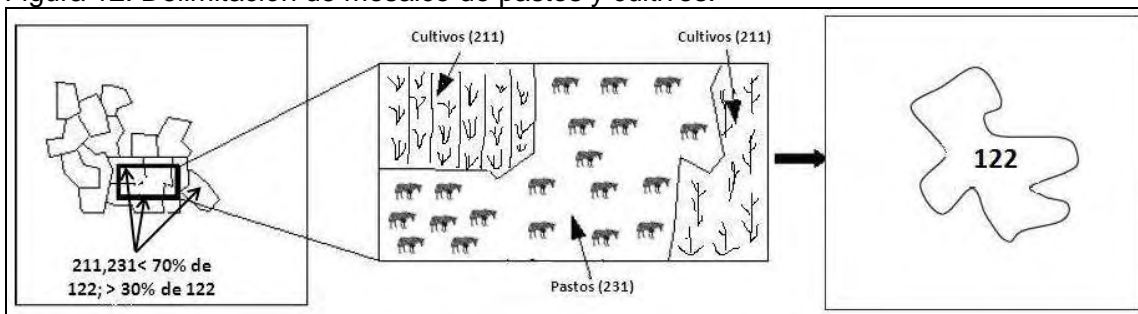
Modificado de CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007. Pg.30⁵⁷

⁵⁶ Ibid. Pg. 23

⁵⁷ CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM. Op cit. Pg.30

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).

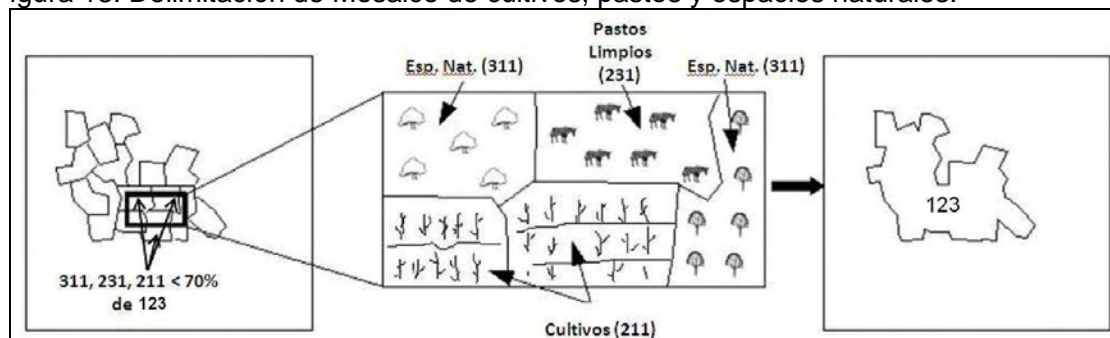
Figura 12. Delimitación de mosaico de pastos y cultivos.



Modificado de CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007. Pg 31⁵⁸

Delimitación del mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (Figura 13), 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. Modificado de CORMAGDALENA, IGAC, IDEAM 2007. Pg 30⁵⁹

5.2.4 Realización de los mapas de cambios. La elaboración de los mapas de cambios y cobertura vegetal se hizo a partir del cruce entre polígonos de cobertura vegetal, correspondientes a cada año, es decir se cruzaron las coberturas de los años 1987-1997, 1997-2009 y 1987 – 2009, en la siguiente figura se muestra la tabla que resulto del cruce de las diferentes coberturas (Figura 14), este proceso se hizo con la herramienta geoprocresamiento en intersecar, del programa ArcGis 10 versión en español.

⁵⁸ Ibid Pg 30.

⁵⁹ Ibid. Pg 30

Figura 14. Cruce de polígonos entre 1987 – 2009

cobert87	cobert2009	cambios
afloramientos rocosos	afloramientos rocosos	sin cambios
afloramientos rocosos	vegetación rupícola	regeneracion/restauracion
lagunas, lagos y ciénegas natura	lagunas, lagos y ciénegas naturales	sin cambios
lagunas, lagos y ciénegas natura	paramo	sedimentacion
lagunas, lagos y ciénegas natura	turberas	sedimentacion
lagunas, lagos y ciénegas natura	mosaico de pastos y cultivos	sedimentacion
mosaico pastos con espacios natu	bosque fragmentado	regeneracion/restauracion
mosaico pastos con espacios natu	pastos limpios	intervencion agropecuaria
mosaico pastos con espacios natu	mosaico de cultivos, pastos y areas naturales	intervencion agropecuaria
mosaico pastos con espacios natu	paramo	paramizacion
mosaico pastos con espacios natu	arbustos y matorrales	regeneracion/restauracion
Tejido urbano continuo	tejido urbano continuo	sin cambios
Tejido urbano continuo	pastos limpios	intervencion pecuaria
Tejido urbano continuo	mosaico de pastos y cultivos	intervencion agropecuaria
vegetacion rupicola	afloramientos rocosos	erosion
vegetacion rupicola	paramo	paramizacion
vegetacion rupicola	vegetación rupícola	sin cambios
bosque natural denso	bosque natural denso	sin cambios
bosque natural denso	bosque fragmentado	deforestacion
bosque natural denso	pastos limpios	intervencion pecuaria
bosque natural denso	mosaico de cultivos, pastos y areas naturales	intervencion agropecuaria
bosque natural denso	paramo	paramizacion
bosque natural denso	mosaico de pastos y cultivos	intervencion agropecuaria
bosque natural denso	arbustos y matorrales	regeneracion/restauracion
Bosque natural fragmentado	bosque natural denso	regeneracion/restauracion
Bosque natural fragmentado	bosque fragmentado	sin cambios
Bosque natural fragmentado	pastos limpios	intervencion apecuaria
Bosque natural fragmentado	mosaico de cultivos, pastos y areas naturales	intervencion agropecuaria
Bosque natural fragmentado	paramo	paramizacion
Bosque natural fragmentado	mosaico de pastos y cultivos	intervencion agropecuaria
Bosque natural fragmentado	arbustos y matorrales	regeneracion/restauracion
paramo	afloramientos rocosos	erosion
paramo	lagunas, lagos y ciénegas naturales	anegamiento
paramo	pastos limpios	intervencion pecuaria
paramo	mosaico de cultivos, pastos y areas naturales	intervencion agropecuaria
paramo	paramo	sin cambios
paramo	turberas	anegamiento

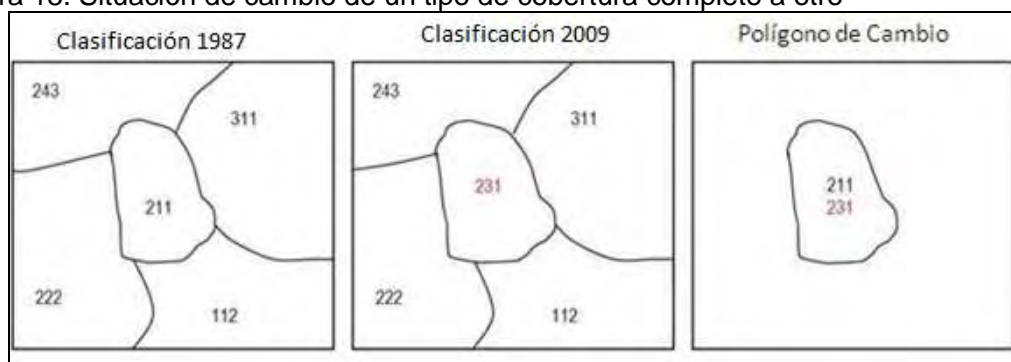
Fuente: Esta investigación

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 6 has y la raíz cuadrada de esta es la unidad es 2,4 has, 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 1987 pasa a ser un tipo de cobertura 231 para el año de 2009, 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.

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



Modificado de CORINE Land Cover updating for the year 2000⁶⁰

Situación donde un polígono de cobertura 112 del año de 1987, incrementa su área de cobertura para el año de 2009, 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.



Modificado de CORINE Land Cover updating for the year 2000⁶¹

Situación donde un polígono (324) del año de 1987, para el año de 2009 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.

⁶⁰ 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 99

⁶¹ Ibid. Pg 97.

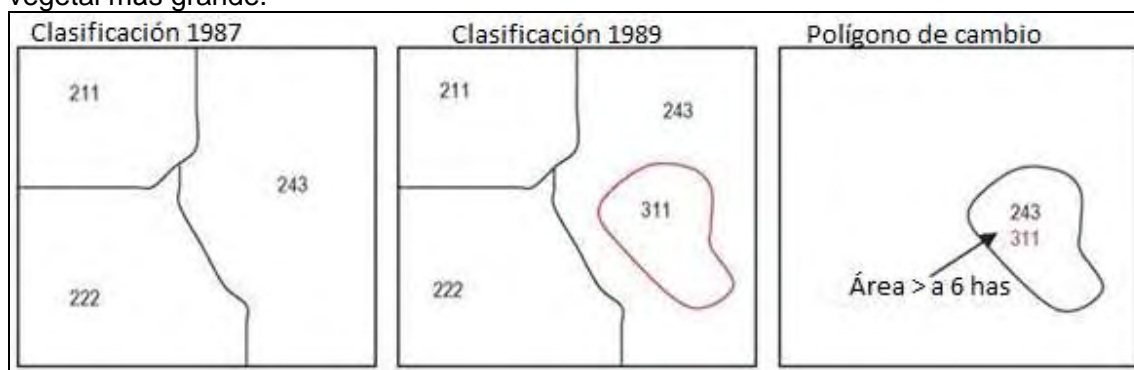
Figura 17. Situación de cambio donde un polígono desaparece



Modificado de CORINE Land Cover updating for the year 2000⁶²

Situación donde en un polígono grande (243) del año de 1987 ocurre un cambio para el año de 2009 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.



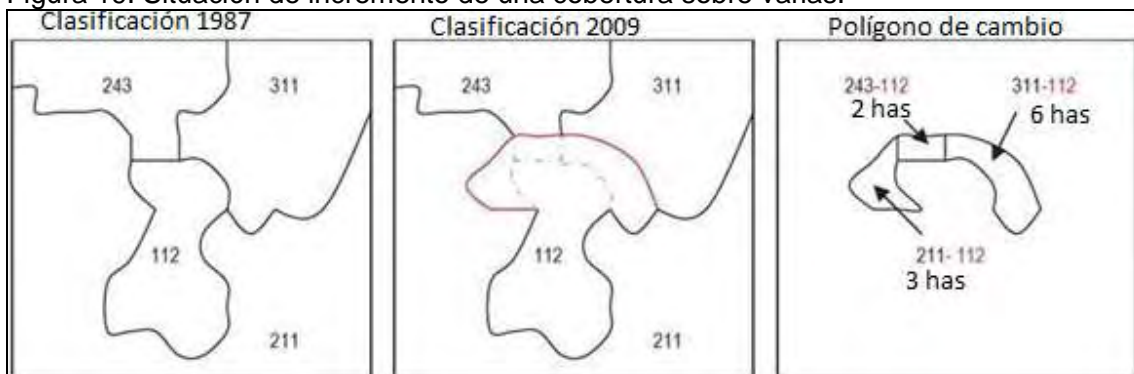
Modificado de CORINE Land Cover updating for the year 2000⁶³

Situación donde el aumento total de un polígono (> 2,4 has) puede incluir varios cambios elementales inmediatos, algunos de ellos más pequeños que 2,4 has. En la figura 19 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.

⁶² Ibid. Pg 97.

⁶³ Ibid. Pg 37.

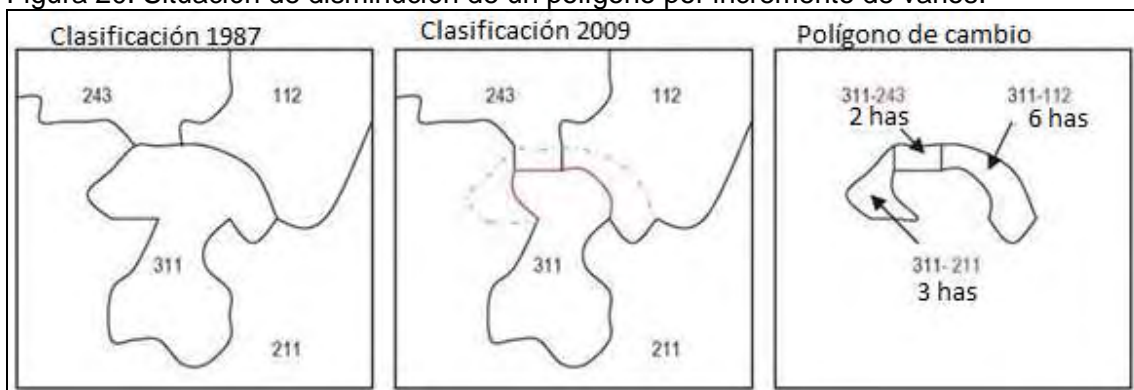
Figura 19. Situación de incremento de una cobertura sobre varias.



Modificado de CORINE Land Cover updating for the year 2000⁶⁴

Situación donde el decrecimiento total de un polígono (> 2,4 has) puede incluir varios cambios elementales inmediatos, algunos de ellos pueden ser más pequeños que 2,4 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.



Modificado de CORINE Land Cover updating for the year 2000⁶⁵

El diseño y presentación de los mapas se realizaron acorde al diseño de la mancha, la cual fue realizada por los integrantes del grupo de Investigación TERRA

5.3 FASE TRES, TRABAJO DE CAMPO

Hacer el trabajo de campo fue necesario para corroborar, afianzar y ajustar la información secundaria, principalmente en zonas donde existían ciertas dudas sobre las coberturas vegetales previamente clasificadas con el procesamiento de las imágenes satelitales, además de vincular a la comunidad al proceso investigativo. Las actividades correspondientes a esta fase fueron.

⁶⁴ Ibid. Pg 98

⁶⁵ Ibid. Pg 98.

5.3.1 Entrevistas no estructuradas y/o en profundidad. La utilización de esta técnica fue indispensable para obtener información de parte de las personas claves, sobre la problemática de cambio en la selva altoandina y el páramo en el volcán Cumbal. El desarrollo de la entrevista en profundidad para las comunidades indígenas y campesinas en la zona, se apoyo en la interacción social entre personas gracias a la que se generó una comunicación de significados, estimulando las conversaciones con preguntas como: ¿desde hace cuánto tiempo vive en la zona?, ¿qué tipo de trabajos, sobre el suelo son los más practicados?, ¿qué clase de áreas vegetales existían hace 20 años?, ¿existieron cambios sobre las zonas vegetales, principalmente en los páramos y la selva altoandina?, ¿cuáles fueron los motivos, para dichos cambios sobre las zonas vegetales?; ¿dónde se ubican los cambios?, entre otras.

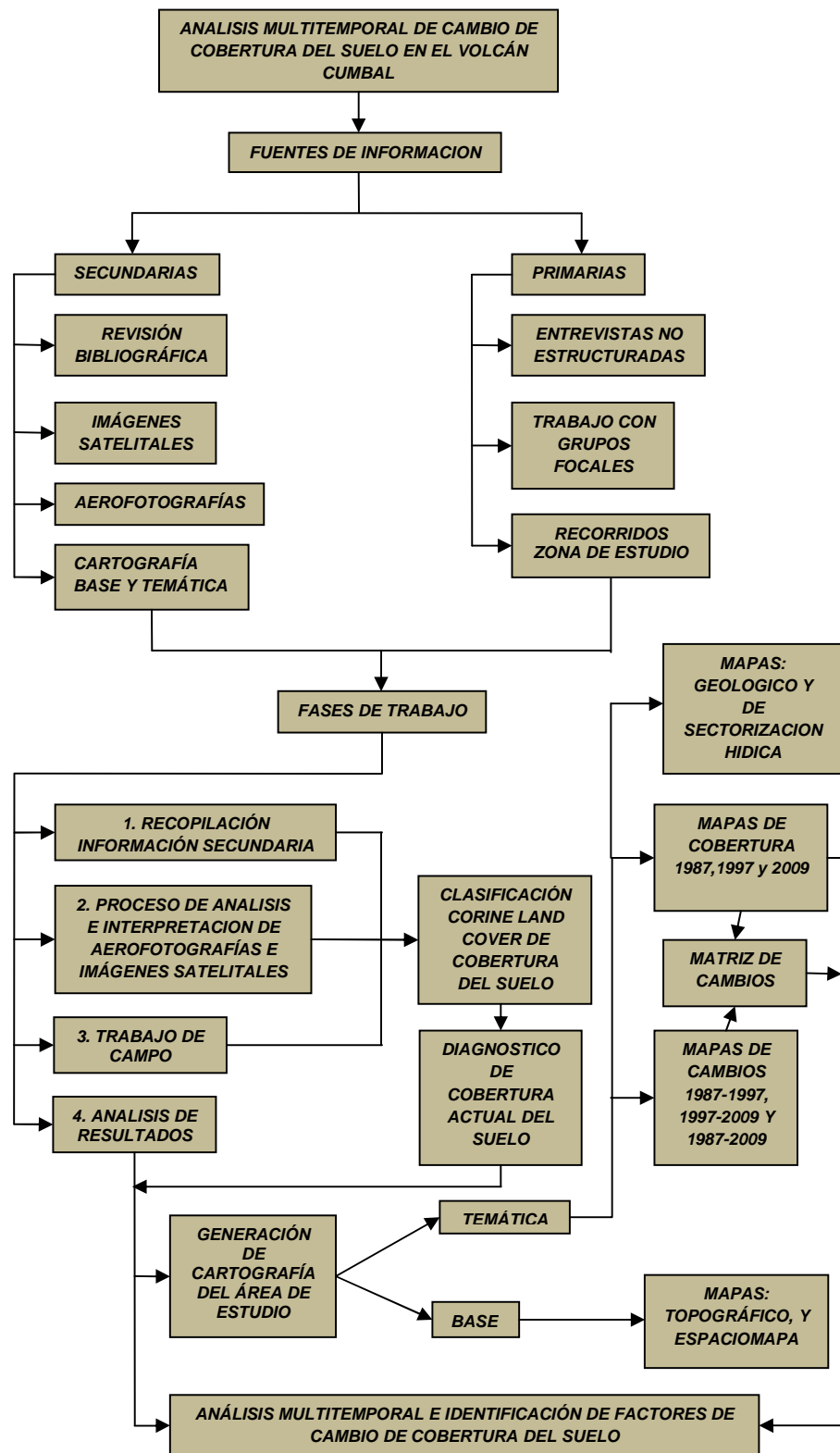
5.3.2 Grupos focales. Esta técnica de recolección de información primaria se realizó en la Casa del Cabildo indígena del Resguardo de Gran Cumbal, con el Consejo de Mayores conformado por los señores José Humberto Cumbalaza, José Fidencio Alpala, Adelmo Alpala, Fidencio Alpala, José Abel Chiral, José Fidencio Colimba, José Bernardo Taimal y Félix María Puerres, entre otras personas, donde el objetivo principal fue socializar el tema de investigación, mediante la representación social, por tal motivo desde su visión generaron mapas, imágenes, conceptos, lugares comunes, para el análisis del territorio proporcionando una mejor comprensión y sensibilización en cuanto a la identificación de los factores que causaron cambios en la coberturas de suelo en especial sobre los páramos y la selva altoandina “monte” del volcán Cumbal.

Considerando lo anterior se logró reunir información desde los actores fundamentales para esta investigación, que en este caso fueron las personas mayores. En este sentido se realizo un grupo focal con el Consejo Mayor, por tal motivo con la información obtenida descubrimos aspectos que desconocíamos y necesitábamos saber, principalmente para el ajuste de toda la cartografía topográfica y temática realizada en la zona de estudio, además de sus respectivas caracterizaciones y análisis expuestos en el capítulo de resultados.

5.3.3 Recorridos por la zona de estudio. Esta actividad se realizo al inicio de la investigación para reconocer las coberturas que existan en la zona y aunque se encuentra en el último lugar, fue fundamental, para adquirir datos del área, de las diferentes coberturas de suelo, que permitieron la realización del diagnostico de uso y cobertura actual del suelo, corroborar y afianzar la cartografía temática preliminar como el mapa topográfico, además de los mapas de cobertura del suelo del año 2009 en primer lugar y posteriormente de 1987 y 1997, producto de la interpretación y análisis de las fotografías aéreas e imágenes satelitales. También fueron importantes las diferentes observaciones, entrevistas y vivencias recolectadas para caracterizar y analizar de una forma mucho más acertada cómo se ha manifestado la problemática del cambio cobertura del suelo en el área de estudio, determinando así causas y efectos. Además de la cartografía temática que se genero, el desarrollo de esta actividad implicó tener la colaboración de algunos regidores de las veredas del resguardo de Cumbal, en especial del señor regidor de la vereda de Miraflores Diego Martínez y el señor Ángel Guadir, que conocían el lugar y sabían de alguna manera sobre la problemática, y nos brindaron sus experiencias que enriquecieron a la investigación.

Considerando lo anterior, según lo observado en las imágenes satelitales y fotografías aéreas principalmente se escogieron ciertas áreas sobre la zona de estudio en las que se presentaban los mayores cambios, además de escoger ciertas zonas donde existían dudas en la interpretación y/o adaptación en la nomenclatura Corine Land Cover de cobertura del suelo. Por tal motivo los recorridos de campo se realizaron en la vereda Miraflores (Cumbal) al noroccidente del área de estudio, en el trayecto se atravesó la zona del Tambillo, al occidente de la laguna de Cumbal. Otro punto donde se realizó recorrido de campo fue hacia los alrededores de la laguna de Cumbal como las veredas Pequeño Refugio, Ravila, entre otras. Las veredas Quilismal y Cuetial, además del valle de la quebrada el Hondon y alrededores, en el flanco oriental del volcán Cumbal fue otro punto de recorrido. Por otra parte en lo que respecta al municipio de Guachucal los recorridos se hicieron por las veredas de los corregimientos de San Diego de Muallamués y Colimba. Finalmente los recorridos de campo se realizaron también al norte del área de estudio, en el municipio de Mallama específicamente en la vereda Pueblo Viejo y el valle de quebrada del mismo nombre.

Figura 21. Esquema metodológico



FUENTE. Esta investigación

6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Considerando que el estudio “Análisis multitemporal del cambio de la cobertura del suelo, en la selva altoandina y el páramo del volcán Cumbal, departamento de Nariño-Colombia”, se basó en información primaria y secundaria disponible para esta zona, que posteriormente fue sistematizada, a continuación se exponen los resultados obtenidos.

6.1 DIAGNOSTICO FISICO-BIOTICO

La realización de este breve diagnóstico se basó en información secundaria, el cual tiene únicamente como propósito contextualizar al lector en algunas características físico-bióticas, generales del área de estudio, tales como clima, hidrología, suelos, geología y geomorfología.

6.1.1 Clima. Tomando como referencia el estudio de UDENAR-CORPONARIÑO (2006)⁶⁶, sobre los páramos del departamento, la caracterización climática en el territorio de Cumbal está definida por los climas muy frío y húmedo y extremadamente frío y húmedo. El área que pertenece al piso termico muy frío y húmedo, la de mayor extensión al suroccidente del departamento de Nariño, se distribuye espacialmente desde el volcán Azufral y el páramo de Quitasol hasta los páramos localizados al oriente del volcán Chiles en la frontera con el Ecuador. Esta área ocupa la zona del altiplano de Tuquerres-Cumbal y cubre también el páramo de Paja Blanca. Por último la zona concerniente al piso termico extremadamente frío y húmedo se encuentra entre los páramos y superpáramos que hacen parte del complejo Cumbal-Chiles. Por tal motivo, se han tenido para esta breve caracterización climática de los páramos del suroccidente de Nariño y más específicamente de la zona de Cumbal que es donde se encuentra la el área de estudio, los datos de las estaciones más cercanas (Figura 22).

Figura 22. Estaciones climatológicas y pluviométricas en la zona de los páramos del Suroccidente

Información	Nombre Estaciones							
	El Paraíso	Villa Rosa	Samaniego	Guachavés	Gualmatán	Cumbal	Chiles	Aeropuerto San Luis
Código	5205502	5205510	5205002	5205005	5205010	5205011	5205013	5205501
Tipo	CO	CO	PM	PM	PM	PM	PM	SP
Municipio	Túquerres	Sapuyes	Samaniego	Santacruz	Gualmatán	Cumbal	Cumbal	Aldana
Departamento	Nariño	Nariño	Nariño	Nariño	Nariño	Nariño	Nariño	Nariño
Corriente	Guáitara	Sapuyes	Pacual	Pacual	Guáitara	San Juan	Guáitara	Guáitara
Latitud	1°05'	1°02'	1°20'	1°13'	0°54'	0°54'	0°48'	0°51'
Longitud	77°34'	77°37'	77°35'	77°40'	77°34'	77°47'	77°51'	77°41'
Altura	3120	3000	1522	2649	2550	3119	3266	2961
Periodo	1986 2005	1990 2005	1987 2006	1987 2005	1987 2005	1987 2005	1987 2005	1987 2005

FUENTE. Universidad de Nariño, Corponariño. (2006)

6.1.1.1 Precipitación. Según el estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño, elaborado por UDENAR-CORPONARIÑO,

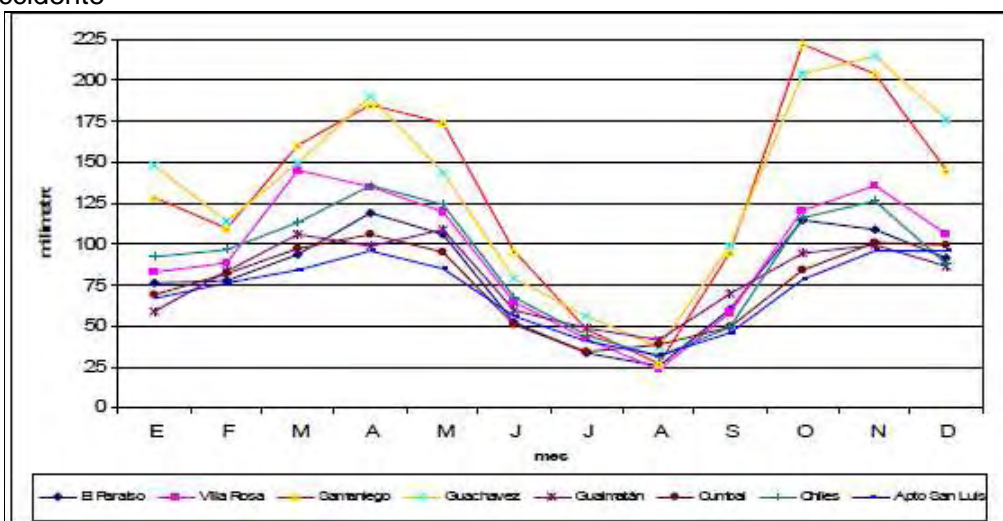
⁶⁶ UNIVERSIDAD DE NARIÑO, y CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO, CORPONARIÑO. Estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño, tomo II Características biofísicas de los páramos de Nariño. 2006. p. 150.

(2006)⁶⁷, en las características biofísicas de los páramos del suroccidente, el régimen pluviométrico que prevalece de manera semejante a otras áreas andinas Nariñenses, es el bimodal con dos periodos lluviosos y dos secos durante el año. Sin embargo tanto los periodos lluviosos como los secos no poseen la misma intensidad según las estaciones climatológicas y pluviométricas en las zonas de los páramos del suroccidente de Nariño. La caracterización de la precipitación en esta región la clasifica como precipitación orográfica generada en la acción de corrientes horizontales de aire húmedo cercanas a la superficie de la altiplanicie Túquerres-Ipiales las cuales chocan con las cadenas o cordones montañosos próximos y son inducidas hacia arriba hasta alcanzar la altura de condensación y precipitarse sobre la superficie terrestre.

Respecto a lo anterior y teniendo en cuenta que todas las estaciones se encuentran en la zona intraandina, no se observa un comportamiento distinto al bimodal como si ocurre con algunos sectores de los páramos del centro y del norte de Nariño, lo que significa que en los páramos perimetrales de los altiplanos de Túquerres-Cumbal y de Ipiales, los periodos lluviosos son producidos exclusivamente por la ZCIT y que la afectación de las masas de aire provenientes de la amazonia y del Pacífico es mínima. En este sentido en la figura 23 se ilustra el comportamiento de la precipitación total durante los 12 meses del año en las ocho estaciones de referencia. Como puede observarse el régimen pluviométrico que prevalece de manera semejante a otras áreas andinas nariñenses, es el bimodal con dos periodos lluviosos y dos secos durante el año. Sin embargo tanto los periodos lluviosos como los secos no poseen la misma intensidad, especialmente en las estaciones ubicadas a lo largo del valle del río Pacual al norte de la zona de páramos. La segunda época de lluvias que se extiende entre los meses de octubre y diciembre es ligeramente más intensa que la desarrollada entre los meses de marzo a mayo. Por su parte, el periodo seco de mitad de año (entre junio y septiembre) es más fuerte y largo que el presentado en los meses de enero y febrero. Este régimen bimodal nuevamente evidencia la influencia de la ZCIT en el área, pues en su desplazamiento hacia el norte produce en la región, el primer periodo lluvioso del año y luego, al desplazarse nuevamente hacia el sur, condiciona el desarrollo del segundo periodo lluvioso a finales del año.

⁶⁷Ibíd., p. 151

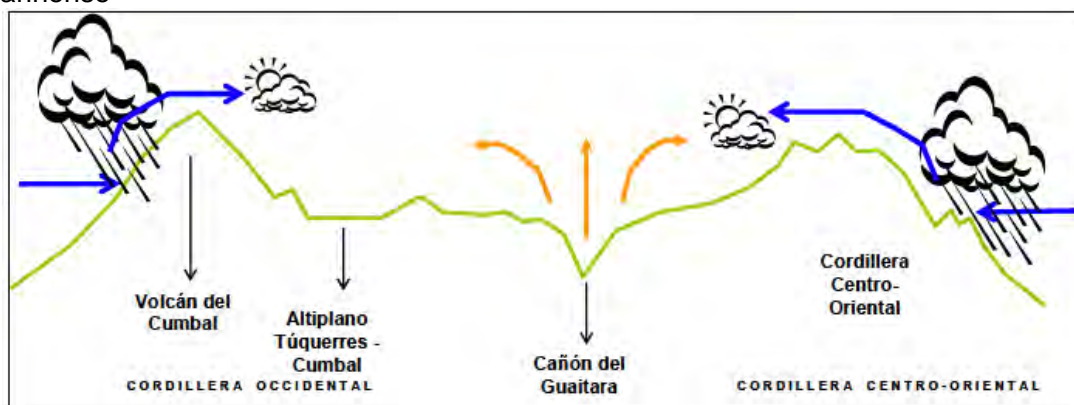
Figura 23. Precipitación total mensual en la zona de influencia de los páramos del suroccidente



FUENTE: Universidad de Nariño, IDEAM (2006).

En relación con toda la región de los páramos suroccidentales, se infiere que las masas de aire superhúmedo que proceden del Pacífico afectan el flanco de barlovento, es decir la vertiente occidental de la cordillera Occidental, no obstante considerando la altitud del volcán Cumbal y del Chiles, dichas masas de aire no logran determinar significativamente la ocurrencia de lluvias en el altiplano ubicado a sotavento. En la figura 24 puede apreciarse el modelo de circulación de las masas de aire que afectan y caracterizan la distribución de la precipitación en los páramos del suroccidente del departamento.

Figura 24. Circulación atmosférica y distribución de lluvias en el suroccidente andino nariñense



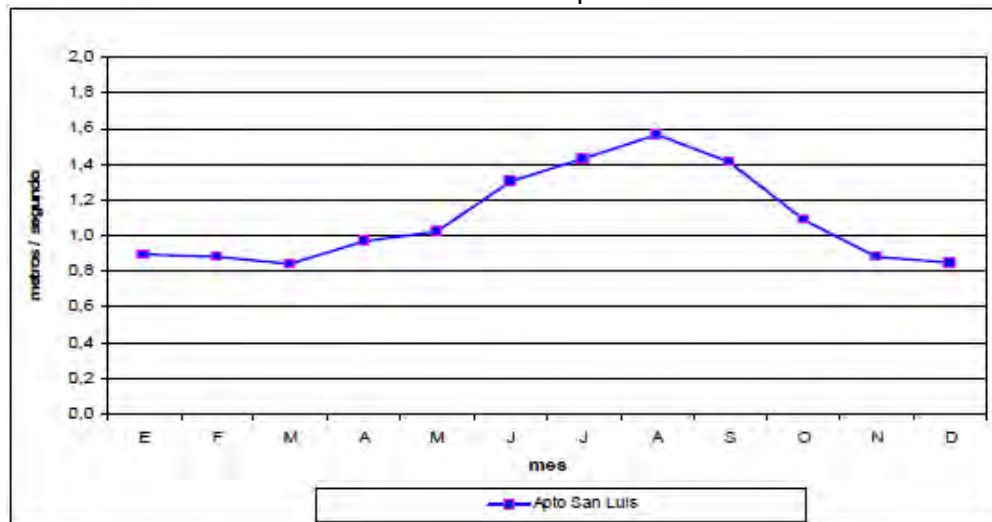
FUENTE. Universidad de Nariño, Corponariño. (2006)

Por tal motivo puede afirmarse que en los andes nariñenses, a esta latitud, tanto la vertiente oriental como la occidental son muy húmedas debido a la influencia de las masas de aire procedente de la amazonia y la región pacífica. De hecho, y considerando la distribución de la precipitación en ambas vertientes, el flanco del

pacífico es mucho más húmedo que el amazónico, lo cual tiene repercusiones directas sobre la humedad y precipitación de los sectores de páramos que se encuentran hacia barlovento. En el caso del altiplano de Túquerres-Cumbal, la altura de los volcanes no permite que haya una mayor precipitación hacia el oriente de la divisoria de aguas, razón por la cual, los sectores de páramo ubicados en esta zona, incluyendo Paja Blanca, mostrará una menor precipitación y humedad atmosférica.

6.1.1.2 Viento. Para la zona de estudio referente a datos acerca de los valores de dirección y velocidad del viento, son importantes los suministrados por la estación sinóptica del aeropuerto San Luís en Aldana. En lo concerniente con la velocidad del viento, en la figura 25 se encuentra que los mayores valores para dicha estación se presentan hacia el tercer trimestre del año entre los meses de junio y septiembre. El valor más alto se presenta en el mes de agosto (1.6 m/s). Los valores más bajos se presentan entre diciembre y marzo fluctuando entre 0.8 m/s y 0.9 m/s.

Figura 25. Velocidad del viento en la estación Aeropuerto San Luís

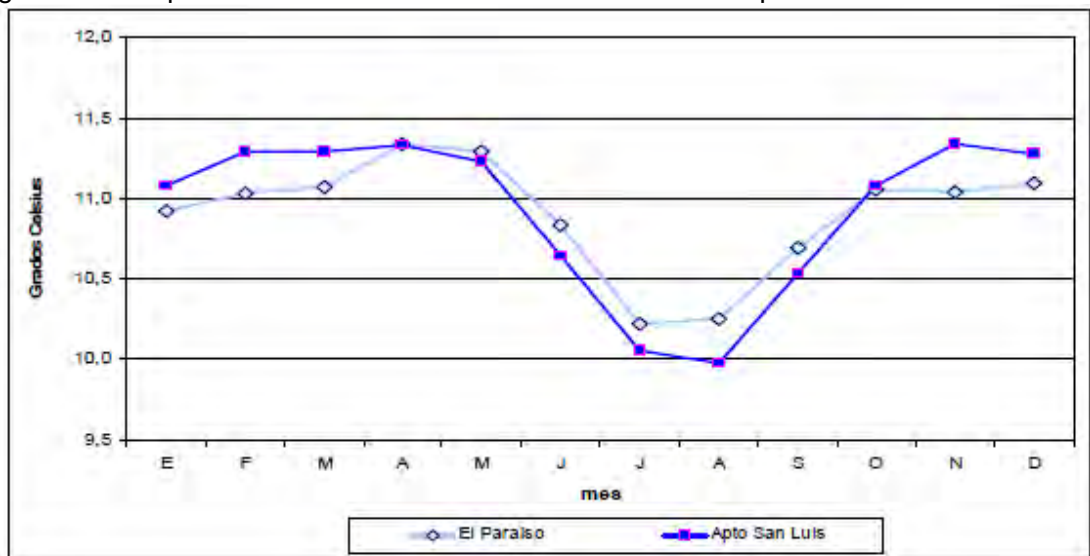


FUENTE: Universidad de Nariño, IDEAM. (2006)

6.1.1.3 Temperatura. El territorio de Cumbal y específicamente el área de estudio se caracterizan por presentar bajas temperaturas ocasionadas por estar en cercanía de grandes elevaciones como el Volcán Chiles (4.748 m.s.n.m.) y el Volcán Cumbal (4.768 m.s.n.m.); sin embargo un amplio sector de su territorio localizado en la zona del resguardo de Mayasquer es de clima con temperaturas medias lo que enriquece la biodiversidad por la variedad de pisos térmicos. Por tal motivo para el análisis de la temperatura de los páramos del suroccidente de Nariño y en especial la zona de Cumbal, se toma como referencia los datos de las estaciones: aeropuerto de San Luis y el Paraíso, como se muestra en la siguiente figura, los cuales respecto a temperatura media, la fluctuación anual es baja, pues esta no varía más de 1,5°C. Igualmente se observa un régimen tendiente a la monomodalidad, con un mínimo bien marcado entre julio y agosto y unos máximos variables entre octubre y mayo y temperaturas máximas cercanas a los 11,5°C y mínimas los 10°C. Este comportamiento particular se debe que las temperaturas más bajas se presentan a mitad de año cuando, incluso, se presentan heladas debido a la excesiva disminución de la temperatura en el suelo. Aunado a esta situación, las

temperaturas máximas no son muy altas en esta época, razón por la cual, la temperatura media termina siendo jalonada hacia valores aún más bajos, tal como se observa en la gráfica. Por otro lado, la temperatura media presenta un leve incremento especialmente en las épocas lluviosas, lo cual probablemente está relacionado con dos aspectos: primero, la ausencia de heladas en las épocas lluviosas y segundo, la influencia del calor latente que es generado por los procesos convectivos que dan lugar a la formación de nubes de lluvia. Dicho calor permanece en la atmósfera, y si bien, no aumenta la temperatura, tampoco permite que ésta disminuya radicalmente.

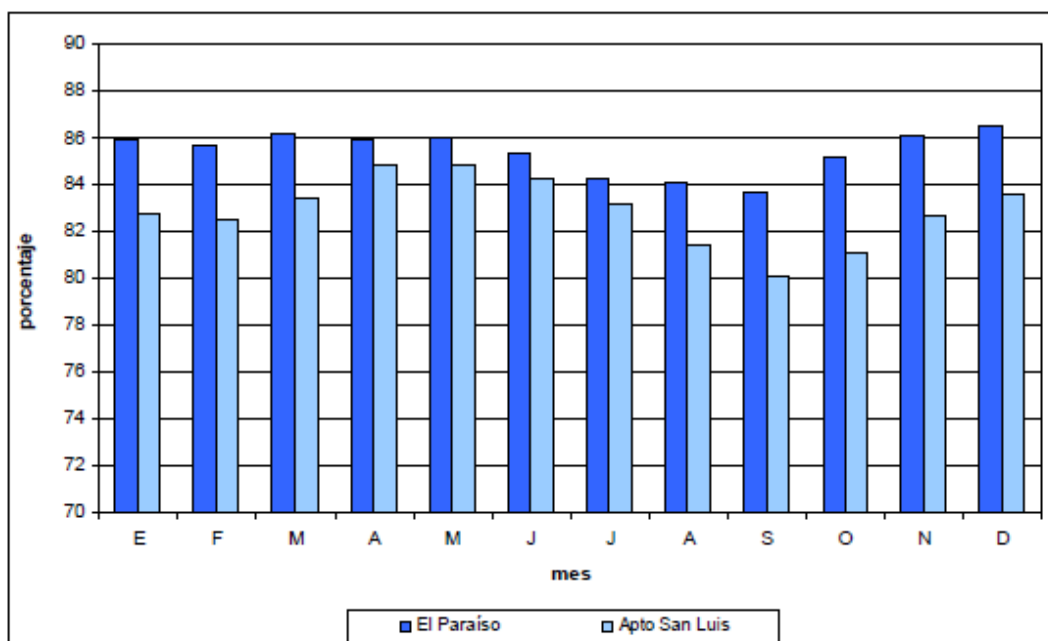
Figura 26. Temperatura media en la zona de influencia de los páramos del suroccidente



FUENTE: Universidad de Nariño, IDEAM. (2006)

6.1.1.4 Humedad relativa. La humedad relativa del territorio de Cumbal está gobernada por las características propias de la zona tales como regímenes de lluvias, temperatura, vegetación, magnitud y sentido del viento entre otras. De esta forma como se ilustra en la siguiente figura según las estaciones en primer lugar de San Luis presenta los valores más bajos (promedio de 82,9%), donde se hace más notoria la época seca que se presenta entre julio y septiembre y se prolonga hasta mediados de octubre, mientras que los más altos corresponden a la estación el Paraíso (85,4%). Por otro lado en la época más húmeda que se presenta a finales de año, la humedad relativa oscila entre 82% y 86%, y en contraste en épocas secas, esta variable fluctúa entre 80% y 84%.

Figura 27. Humedad Relativa en la zona de influencia de los páramos del suroccidente



FUENTE: Universidad de Nariño, IDEAM. (2006)

6.1.2 Hidrografía e hidrología. Hidrográficamente el IDEAM (2006)⁶⁸, describe que en general el complejo Chiles-Cumbal presenta múltiples nacimientos de corrientes de agua que alimentan ríos importantes para el departamento de Nariño como Guátara, San Juan, Mira y Tapaje, y Telembí. Estos páramos pertenecen al área hidrográfica del Pacífico y a las zonas de las cuencas de los ríos Mira y Patía. Algunas corrientes localmente relevantes son los ríos Chiles, Minguaspud, Játiva, Grande, Blanco, Capote o Nazate, El Tambo, Arrayanal y Marpi.

En lo que respecta a la zona de Cumbal y según El estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño elaborado por UDENAR-CORPONARIÑO (2006)⁶⁹, en las características biofísicas de los páramos del suroccidente, se toma como principal sistema hidrográfico la cuenca del río Blanco la cual se origina en el volcán Cumbal, por tal motivo entre sus principales afluentes se destacan los siguientes:

- El río Cuacé en donde se localizan los acueductos del casco urbano de Cumbal y la vereda el Rolmerillo.
- El río Blanco es el río Chiquito el cual nace en el Glaciar del Volcán de Cumbal, su principal afluente es la quebrada la Vieja, la cual en su recorrido atraviesa el casco

⁶⁸ IDEAM. Información climatológica de los aeropuertos de Colombia. En: www.ideam.gov.co. Citado por UNIVERSIDAD DE NARIÑO, y CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO, CORPONARIÑO. Estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño, tomo II Características biofísicas de los páramos de Nariño. 2006. p. 195.

⁶⁹ UNIVERSIDAD DE NARIÑO Y CORPONARIÑO. Op. cit., p. 199

urbano de Pueblo Viejo, es utilizado en estos momentos como colector de excretas.

- La quebrada río Blanco, originada en volcán Cumbal que recibe el aporte de numerosos manantiales y quebradas tales como Quebrada Río Negro, Quebrada Guapup y Quebrada London.

Además son importantes afluentes para el río Blanco, las quebradas el Corral, el Capote, Tarfué, San José, los Sapos y Pispur.

6.1.3 Suelos. Según el IGAC 2004⁷⁰, los suelos de la zona de Cumbal, están constituidos por un material parental común (cenizas y vidrios volcánicos) que define, junto con las condiciones climáticas, su génesis. Se distinguen dos tipos de suelos: aquellos formados en las laderas de fuertes pendientes y los desarrollados en los valles, depresiones y sectores pobremente drenados. Los primeros son superficiales a profundos, ácidos, con alto contenido de materia orgánica y fertilidad baja, y pertenecen a las clases Melanocryands, Haplocryands, Melanudands, Hapludands y Placudands. Los suelos con deficiencias de drenaje son superficiales, con muy alto contenido de materia orgánica, fuertemente ácidos y de las clases Cryosaprists, Cryaquands, Haplofibrists y Endoaquands.

Por otro Lado, el estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño (elaborado por UDENAR-CORPONARIÑO 2006)⁷¹, en las características socioeconómicas de los páramos, la zona de Cumbal se caracterizan por tener suelos cenagosos y con pendientes abruptas que van desde los 3.400 a los 3.600 m.s.n.m, además se observa un alto grado de intervención antrópica, caracterizada por las quemadas, talas, sobrepastoreo.

La vegetación predominante es la llamada Herbazal de Páramo, caracterizada por ser vegetación baja predominante, herbácea nativa desarrollada en un ambiente climático con bajas temperaturas, frecuente nubosidad y excesiva humedad.

6.1.4 Geología descriptiva. En este aparte es importante referirse a la formación geológica del sector suroccidental del departamento de Nariño, en la cual según INGEOMINAS (1980)⁷², El Azufral, Paja Blanca, Cumbal y Chiles son estratovolcanes donde se encuentran rocas volcánicas del Terciario-Cuaternario conformadas por lavas de composición andesítica; localmente lavas vítreas e intercalaciones de aglomerado volcánico y pumita, originadas posiblemente por flujos piroclásticos. Alrededor de estos volcanes se encuentran tobas, aglomerados, ignimbritas y capas de ceniza y lapilli, entre las cuales se identifican suelos fósiles o paleosuelos e intercalaciones locales de lava

⁷⁰ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, IGAC. Estudio general de suelos y zonificación de tierras Departamento de Nariño. 2004.

⁷¹ UNIVERSIDAD DE NARIÑO Y CORPONARIÑO. Tomo II. Características socioeconómicas de los páramos de Nariño. 2006. p. 123.

⁷² INGEOMINAS. Mapa Geológico generalizado del departamento de Nariño. Informe No 1818. 1980. p. 65. Citado por UNIVERSIDAD DE NARIÑO, y CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO, CORPONARIÑO. Estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño, tomo II Características biofísicas de los páramos de Nariño. 2006. p. 164.

andesítica. Hacia el oriente del Azufral, Cumbal y Chiles, se encuentran depósitos cuaternarios de tipo lacustre y fluvioglaciario, cuya acumulación dio origen al altiplano que se extiende entre Túquerres y Cumbal.

Para el sector Chiles-Cumbal, donde se ubica el área de estudio, la caracterización geológica según INGEOMINAS (2002)⁷³, está dada por las siguientes principales formaciones, (Anexo D).

6.1.4.1 Andesitas del Cumbal antiguo. Definidas por un borde calderico que rodea la laguna de Cumbal, prolongándose hacia el norte, con un diámetro aproximado de 9 Km, por tal motivo, dicha formación se encuentra compuesta por rocas con una estructura brechosa que contienen bloques centimétricos de lavas porfídicas de colores rojo, verde, violeta y gris, rodeados de un 30% de matriz alterada a limo y arcillas de color pardo a ocre. La edad probable calculada para esta formación es alrededor de 4.6 millones de años, es decir que corresponden a Plioceno (Neógeno).

6.1.4.2 Andesitas del cerro Crespo – Nazate. Los cerros Crespo y Nazate conforman un conjunto de edificios volcánicos localizados entre los volcanes Chiles y Cumbal y cuya edad corresponde al pleistoceno inferior. Las lavas y piroclastos correspondientes a los vestigios de esta estructura se extienden por más de 7 Km. de longitud en especial hacia el oriente donde se han conservado mejor, en vista de que al occidente se localiza el Cerro Colorado que es un edificio posterior. Las capas piroclásticas parecen corresponder a colapsos de domos por su alto contenido de bloques andesíticos con una proporción de matriz inferior al 30%.

6.1.4.3 Andesitas del cerro Colorado. Estas andesitas componen varios edificios volcánicos que surgieron en el Pleistoceno Inferior. La estructura volcánica de cerro Colorado se localiza inmediatamente al SW del Volcán Cumbal y consiste de un cerro cónico, central, del cual se desprende una alternancia de flujos piroclásticos delgados y con flujos de lava que se pueden apreciar en el valle superior de la quebrada Granizo y el río Blanco.

6.1.4.4 Andesitas del Cumbal moderno. Según INGEOMINAS (2002)⁷⁴, el desarrollo del edificio volcánico moderno del Cumbal ha sido objeto de varios estudios, entre ellos Gorman (1997)⁷⁵, en la cual habla que el edificio volcánico del Cumbal se ha desarrollado en tres etapas la más antigua a partir del cráter norte (Punta Vieja), con edad de 194.000 años, sus principales productos se extendieron hacia el norte y el noreste, hasta una actividad tardía de 176.000 años. La segunda etapa de construcción comenzó aproximadamente hace 100.000 años, con productos efusivos lávicos que se desprendieron del sector central de la cumbre donde se encuentran los cráteres Cumbal, Fogones y Mundo Nuevo; los productos se dispersaron básicamente hacia el sector

⁷³ _____ Geología de la plancha 447 - Ipiales y 447 BIS – Tallambí. Departamento de Nariño. Escala 1:100.000, y memoria explicativa. INGEOMINAS. Medellín-Colombia. 2002.

⁷⁴ _____ Ibíd.

⁷⁵ GORMAN, C. The constructive history and petrology of volcan Cumbal, Southern, Colombia. Tesis Master, Arizona State Univ. Arizona. 1997. Citado por INGEOMINAS. Geología de la plancha 447 - Ipiales y 447 BIS – Tallambí. Departamento de Nariño. Escala 1:100.000. INGEOMINAS. Medellín-Colombia. 2002.

suroeste, con una etapa tardía de edad menor a 50.000 años. La tercera y última etapa, tuvo como centro de efusión el cráter sur, llamado Mundo Nuevo; las lavas constituyentes de esta unidad forman un conjunto que conserva las características de los flujos de lava originales (formas lobuladas, superficies cordadas), lo que implica que las glaciaciones posteriores no afectaron sensiblemente las lavas de la última etapa. La tercera etapa puede tener una edad que oscila entre los 25.000 y 15.000 años, razón por la cual fue afectada solo por glaciaciones menores ocurridas en el Pleistoceno Tardío, que de acuerdo con Van der Hammen (1981)⁷⁶, sus máximos glaciares se sitúan entre 10.000 y 16.000 años.

Con respecto a lo anterior, la actividad principal del Cumbal a partir de sus diferentes cráteres, ha sido esencialmente lávica, por tal motivo se presentan en flujos espesos con textura porfídica en la cual se destacan fenocristales de plagioclasa en proporción del 20% al 30%, los ferromagnesianos están presentes en cantidades inferiores al 15%. La matriz le da una coloración gris oscura a gris verdosa a la roca por su carácter afanítico. Esta formación geológica caracteriza la parte alta del edificio volcánico del Cumbal, y hacia el oriente desciende de manera regular hasta la cota de 3600 m.s.n.m., abarcando las áreas propias de páramo y limitando con los depósitos glaciares que conforman el piedemonte de los volcanes del altiplano de Túquerres – Cumbal.

6.1.4.5 Depósitos glaciares. INGEOMINAS (2002)⁷⁷, además establece que los depósitos de origen glaciar se conservan a ambos lados de la divisoria de aguas sobre el eje de los volcanes Chiles y Cumbal y en las cabeceras del río Pun o Carmelo y hacia el sur en inmediaciones de cerro Negro. Otras formas glaciares de ablación pueden identificarse cerca del páramo de Paja Blanca y al oriente de Muellamués, sin embargo, éstas se encuentran cubiertas por piroclastos. Por otro lado, en el sector occidental de los volcanes Chiles y Cumbal, la misma fuente confirma que los depósitos se extienden hasta la cota de 3.600 m.s.n.m., en tanto que en el flanco oriental se preservan formas glaciares muy antiguas casi hasta la altura del municipio de Cumbal en la cota 3.150 m.s.n.m., pero se encuentran cubiertas por espesores importantes de cenizas volcánicas que superan los dos metros.

6.1.5 Geomorfología. Según INGEOMINAS (2002)⁷⁸, puede afirmarse que especialmente las partes central y sur de la zona de páramos suroccidentales (Cumbal, Chiles y Paja Blanca) se distribuye entre dos conjuntos geomorfológicos: edificios volcánicos y las formas glaciares y periglaciares.

Con respecto al volcán Cumbal, Estévez et al (1997)⁷⁹, habla de la existencia de un

⁷⁶ Van der HAMMEN, T. Glaciares y glaciaciones en el Cuaternario de Colombia: paleoecología y estratigrafía. Rev. CIAF, 6(1-3):635-638. Bogotá. 1981. Citado por INGEOMINAS. Geología de la plancha 447 - Ipiales y 447 BIS – Tallambí. Departamento de Nariño. Escala 1:100.000. INGEOMINAS. Medellín-Colombia. 2002.

⁷⁷ INGEOMINAS. Op. Cit.

⁷⁸ Ibíd.

⁷⁹ ESTÉVEZ BIANCHINI, Tomás, CEBALLOS LIEVANO, Jorge Luis y GOMEZ DURAN, Camilo. Volcanes de Colombia. Banco de Occidente. Cali, 1997. Citado por UNIVERSIDAD DE NARIÑO, y CORPORACION AUTONOMA

volcán adventicio al Cumbal, denominado Mundo Nuevo, juntos conforman lo que geológicamente se denomina Complejo Volcánico de Cumbal, reconocido en el catálogo del Instituto Smithsonian. El Cumbal es un estratovolcán tiene una estructura reconstruida sobre un volcán aún más grande. Alcanza una altitud de 4764 m.s.n.m.; tiene forma cónica, no muy bien conservada, que se levanta 1.460 m desde su base y remata en una cumbre bastante simétrica donde se localiza el cráter plazuelas, de forma ovalada con un diámetro de 250 m y una profundidad de 100 m. Dentro de él se observa un domo que obstruye su chimenea. En el fondo del cráter hay un pequeño glaciar, sin embargo, desde 1985 no se considera nevado.

En resumen, el Cumbal, así como el Chiles son dos volcanes en los cuales se hacen visibles dos conjuntos de geformas: las volcánicas y las glaciares, donde se observan varios valles glaciares, morrenas laterales y terminales, producto del modelado que las masas de hielo hicieron durante diversos eventos en la última glaciación. De forma complementaria, el modelado volcánico se hace presente especialmente en la parte alta de los volcanes del área observándose algunos flujos de lava, domos y estructuras cratéricas.

6.2 DIAGNOSTICO SOCIOECONOMICO

Este diagnóstico al igual que con el físico biótico, se basa en información secundaria, el cual tiene como propósito únicamente contextualizar al lector en algunas características socioeconómicas, generales del área de estudio, tales como: división política administrativa, actividades productivas y características demográficas.

6.2.1 División política administrativa del área de estudio. En la siguiente tabla, se aprecia la división política administrativa del área de estudio según municipios, corregimientos y veredas.

Tabla 6. División política administrativa

<i>Municipio</i>	<i>Área total (has)</i>	<i>Área total dentro de la zona de estudio (has)</i>	<i>Corregimiento o resguardo</i>	<i>Veredas o zonas urbanas</i>
<i>Cumbal</i>	<i>118.111</i>	<i>22.304,58</i>	<i>Gran Cumbal</i>	<i>Zona urbana, Guan, Tasmag, Cuaical, Quilismal y Miraflores-San Martin</i>
			<i>Mayasquer</i>	
<i>Guachucal</i>	<i>15.037</i>	<i>6.441,89</i>	<i>San Diego de Muellamués</i>	<i>San Diego de Muellamués Centro, Niguala, Riveras Cuatines, Cristo, Guan Puente Alto y Guan Comunidad</i>
			<i>Colimba</i>	<i>Colimba Centro, Chapud, Quetambú, Chimagual</i>
<i>Mallama</i>	<i>56.530</i>	<i>8.172,99</i>	<i>Chambu</i>	<i>Pueblo Viejo, Chambu</i>
<i>Total</i>	<i>189.678</i>	<i>36.919,46</i>		

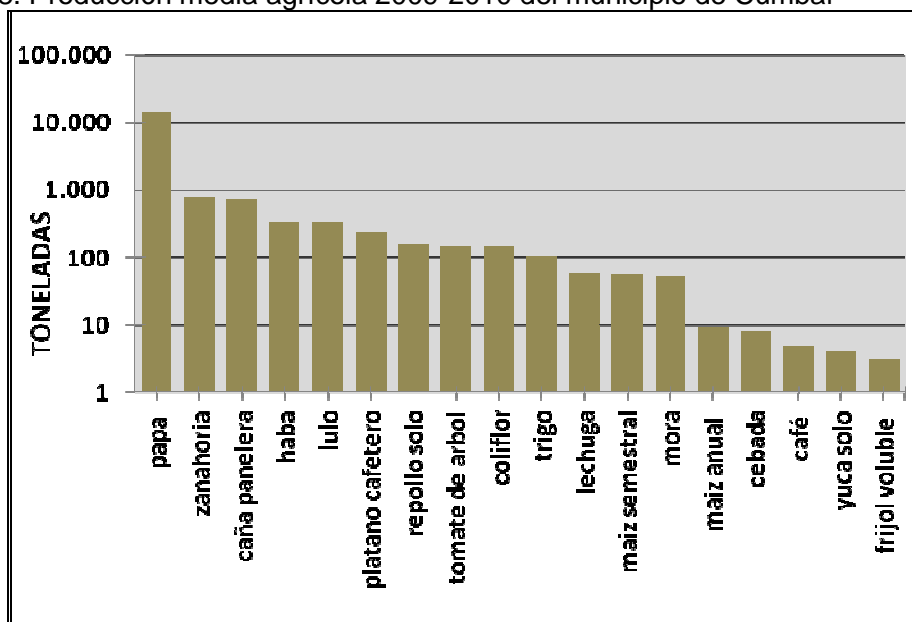
FUENTE. Planes de desarrollo municipales (Cumbal, Guachucal 2008-2011, Mallama 2004-2007), esquemas de ordenamiento territorial (Cumbal 2004-2015, Guachucal 2006-2015, Mallama 2002-2010) y esta investigación

De acuerdo a la anterior tabla y mapa referentes a la división política administrativa, el área de estudio abarca principalmente el municipio de Cumbal con un 60%, además de los municipios de Mallama con 23% y Guachucal con 17%. Por otra parte el total de corregimientos para los tres municipios que conforman el área de estudio asciende a cinco para un total de 16 veredas y tres zonas urbanas como las de Cumbal, San Diego de Muellamués Centro y Colimba Centro. Con respecto a la ubicación de los corregimientos o resguardos, el resguardo indígena de Gran Cumbal abarca la mayor parte del área de estudio, el resguardo indígena de Mayasquer se localiza al occidente (municipio de Cumbal), hacia el oriente se encuentran los corregimientos de San Diego de Muellamués y Colimba (municipio de Guachucal) y hacia el norte el corregimiento de Chambu (municipio de Mallama).

Por otro lado el número de veredas dentro del área de estudio se aprecia que es equitativo entre Cumbal y Guachucal, a excepción del corregimiento de Chambu (Mallama) con una.

6.2.2 Actividades productivas, sector agrícola. De acuerdo a los consolidados agropecuarios más recientes del departamento de Nariño (2009-2010) se hace a continuación una aproximación del comportamiento económico agrícola medio de los municipios de Cumbal, Guachucal y Mallama, aclarando que la información representada en las graficas está en una escala logarítmica, puesto que la diferencia existente entre cada producto en rendimiento en algunos casos es muy grande.

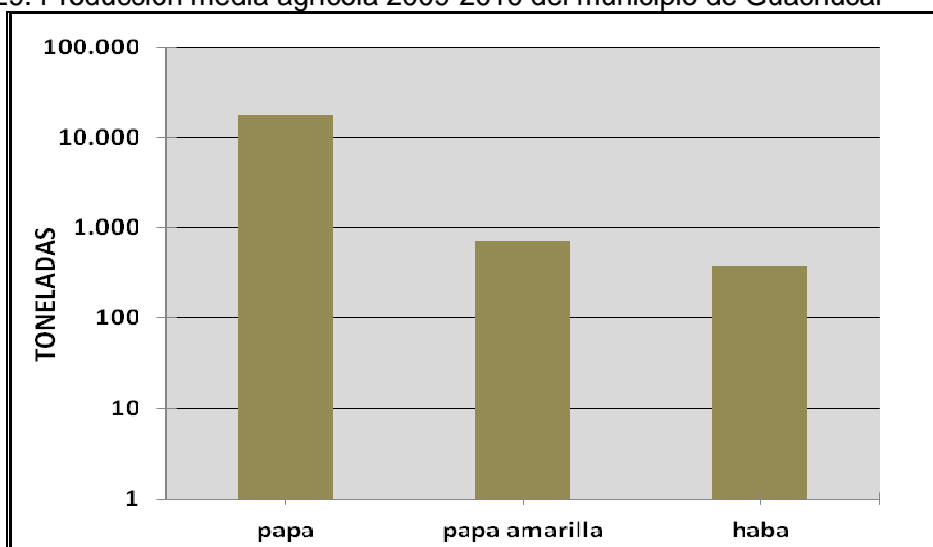
Figura 28. Producción media agrícola 2009-2010 del municipio de Cumbal



FUENTE. Secretaria de Agricultura Departamental, consolidados agropecuarios 2009-2010 (Cumbal) y esta investigación

Como se observa en la anterior figura, Cumbal produce especialmente papa (14.670 ton), caña panelera (763,8 ton), zanahoria (785,2 ton), lulo (336 ton), haba (340 ton) y en menor proporción cebada, coliflor, maíz semestral y anual, lechuga, repollo, trigo, frijol, yuca, café, mora, plátano cafetero y tomate de árbol. Esta producción agrícola de la economía campesina sigue siendo tradicional minifundista con medios de producción artesanales que no permiten generar economías de escala, aunque la papa es monocultivo con alto nivel de insumos externos.

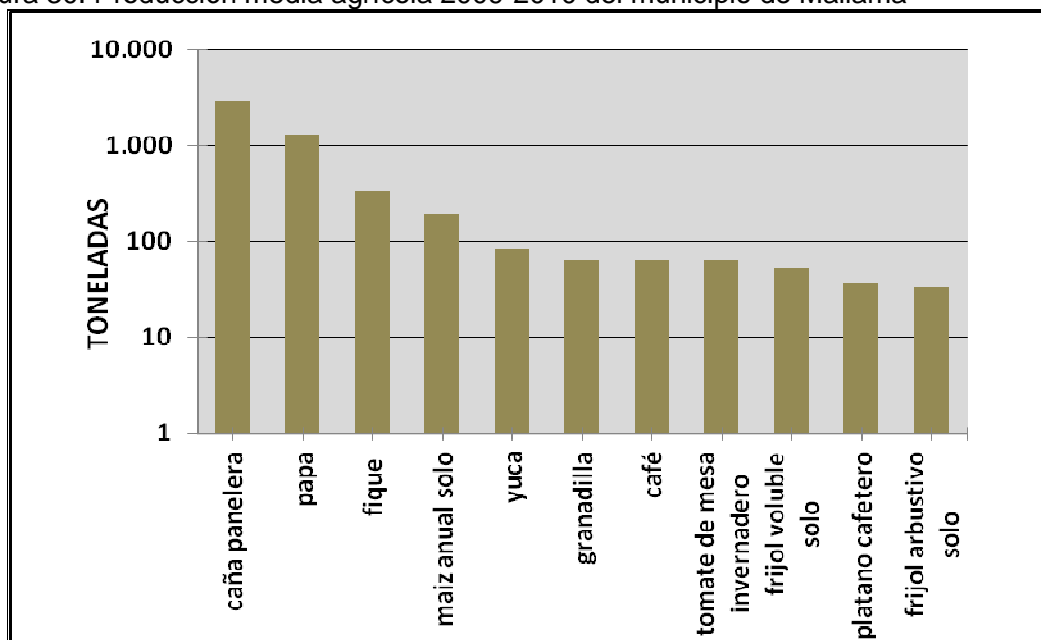
Figura 29. Producción media agrícola 2009-2010 del municipio de Guachucal



FUENTE. Secretaria de Agricultura Departamental, consolidados agropecuarios 2009-2010 (Guachucal) y esta investigación

Como se aprecia en la anterior figura, los cultivos predominantes papa (17.991 ton), papa amarilla (720 ton) y haba (378 ton), se realizan mediante prácticas tradicionales, además estos productos de carácter transitorio se comercializan en altos porcentajes, especialmente la papa que es llevada al mercado en un 100%, mientras que los demás están por debajo de este porcentaje hasta llegar a un 60% aproximadamente, destinando el porcentaje restante al autoconsumo.

Figura 30. Producción media agrícola 2009-2010 del municipio de Mallama



FUENTE. Secretaria de Agricultura Departamental, consolidados agropecuarios 2009-2010 (Mallama) y esta investigación

Según el EOT de Mallama 2010⁸⁰, la base de la economía del municipio de Mallama es la agrícola, caracterizada por realizarse en pequeñas parcelas familiares o minifundios, con tecnología tradicional y una escasa capacitación y asistencia técnica que genera bajos niveles de producción e ingresos. En este sentido en la figura anterior se aprecia que los cultivos más sobresalientes son: la caña panelera (2.860 ton) el de mayor preponderancia por tener un mercado importante a nivel regional, papa (1.300 ton) característico en las partes altas del municipio como la vereda Pueblo Viejo, fique (336,8 ton) y maíz (191,25 TON) con bajos rendimientos en comparación con promedios Departamentales y otros cultivos por la producción en pequeña escala como frijol, tomate de mesa invernadero, frijol voluble, yuca, café, granadilla y plátano cafetero.

Con respecto a lo anterior es evidente que la producción agrícola es muy similar en los tres municipios que corresponden al área de estudio, destinada tanto al consumo familiar, como al abastecimiento de los mercados local y regional, siendo la papa el cultivo que más sobresale.

6.2.3 Actividades productivas, sector pecuario. Los municipios que integran el área de estudio se desatan por su actividad pecuaria en especial Cumbal y Guachucal, en la mayor parte de estas zonas, la tierra se utiliza para la producción de leche y levante de ganado. En este sentido la producción de leche es destinada al consumo familiar y al mercado a través de cooperativas que se encargan de la producción y comercialización en el ámbito local y nacional, como es el caso de COLACTEOS Y más recientemente ALPINA, dos importantes plantas lecheras, situadas entre Cumbal y Guachucal. Con respecto a lo anterior y según los consolidados agrícolas y SAGAN 2009-2010, se presentan unos promedios en cuanto a inventario de ganado bovino en los tres municipios de interés (Tabla 7).

Tabla 7. Inventario de ganado bovino

<i>Municipio</i>	<i>Total de cabezas de ganado, promedio 2009-2010</i>
<i>Cumbal</i>	<i>24.929</i>
<i>Guachucal</i>	<i>26.706</i>
<i>Mallama</i>	<i>4.314</i>
Total	55.949

FUENTE. Secretaria de Agricultura Departamental, consolidados agropecuarios 2009-2010 (Cumbal, Guachucal y Mallama) y SAGAM 2011

Como se puede observar en la anterior tabla, los municipios de Guachucal y Cumbal, importantes para la actividad pecuaria, son los que más cabezas de ganado poseen, destinadas principalmente para la industria lechera, donde el promedio total de producción entre 2009 y 2010 es para Guachucal 100.316,9 L y Cumbal 102.496 L.

6.2.4 Características demográficas. Según los cuatro últimos censos del DANE (1973, 1985, 1993 y 2005) el comportamiento poblacional en los municipios que conforman el área de estudio se puede observar en la tabla 8, con respecto al total de la población y su distribución según cabecera y resto.

⁸⁰ ALCALDÍA MUNICIPAL DE MALLAMA. Esquema de ordenamiento territorial. 2002-2010

Tabla 8. Población total y distribución por cabecera y resto, censos (1973, 1985, 1993 y 2005)

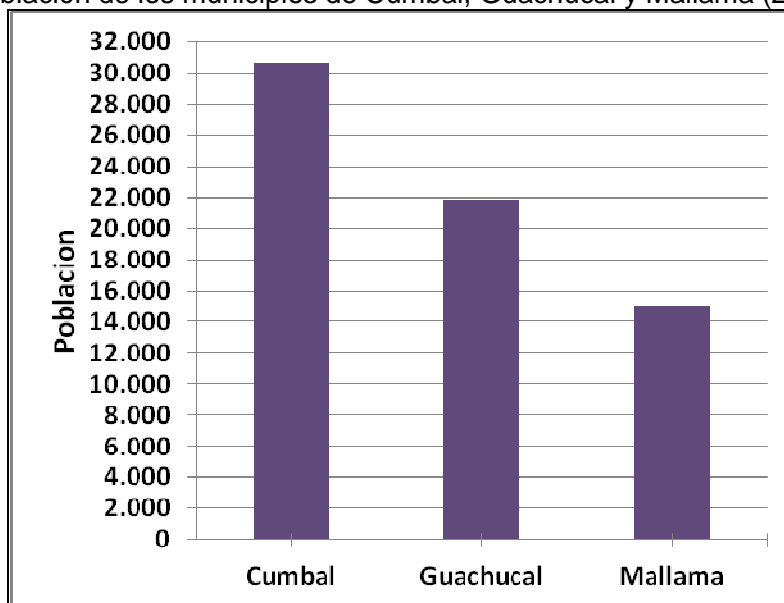
Censo 1973			
Municipio	Total	Cabecera	Resto
Cumbal	16.774	2.993	13.781
Guachucal	10.663	2.196	8.467
Mallama	6.391	1.294	5.097
Total	33.828	6.483	27.345
Censo 1985			
Municipio	Total	Cabecera	Resto
Cumbal	19.486	3.527	15.959
Guachucal	13.434	3.479	9.955
Mallama	5.708	542	5.166
Total	38.628	7.548	31.080
Censo 1993			
Municipio	Total	Cabecera	Resto
Cumbal	22.546	4.888	17.658
Guachucal	18.410	2.704	15.706
Mallama	10.604	772	9.832
Total	51.560	8.364	43.196
Censo 2005			
Municipio	Total	Cabecera	Resto
Cumbal	30.679	7.514	23.165
Guachucal	21.846	3.990	17.856
Mallama	15.044	1.769	13.275
Total	67.569	13.273	54.296

FUENTE. Banco de datos DANE San Juan de San Juan de Pasto (1973, 1985, 1993 y 2005)

Con respecto a la tabla anterior, y como se aprecia en la figura 31, la población total para los tres municipios del área de estudio en 2005 según DANE, corresponde a un total de 67.569 personas con un crecimiento poblacional constante con respecto a los años anteriores (1973, 1985 y 1993). En este sentido como se aprecia en la figura 32 se puede inferir que el crecimiento poblacional ha sido mayor en el municipio de Mallama con un 58% y una población de 15.044 habitantes en 2005, caso contrario ocurre en Cumbal que presenta un crecimiento poblacional más bajo del 45%, pero con una población de 30.679 personas en el 2005, dos veces mayor a la de Mallama.

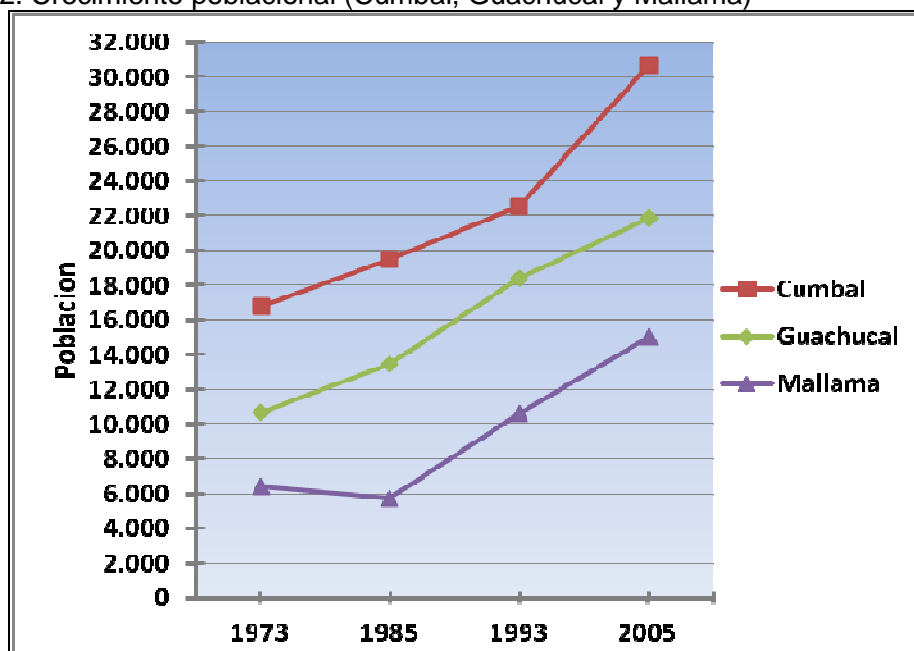
Esta población en 2005 y como ha sido la constante de los censos anteriores, se encuentra distribuida en un 19,6% en las cabeceras o zonas urbanas, como la de Cumbal dentro de la zona de estudio, y el resto, o sea, 80,4% se ubica en el sector rural. Aquí se infiere que Cumbal, Guachucal y Mallama y como ocurre en los demás municipios de Nariño, se presenta una alta concentración de la población en los sectores rurales, dedicada en su mayoría a labores agropecuarias.

Figura 31. Población de los municipios de Cumbal, Guachucal y Mallama (2005)



FUENTE. Banco de datos DANE San Juan de San Juan de Pasto (1973, 1985, 1993 y 2005)

Figura 32. Crecimiento poblacional (Cumbal, Guachucal y Mallama)



FUENTE. Banco de datos DANE San Juan de San Juan de Pasto (1973, 1985, 1993 y 2005)

Por otro lado en los tres municipios que hacen parte del área de estudio es importante la población indígena de los Pastos representada en la siguiente tabla.

Tabla 9. Número de personas y familias que conforman la etnia de los Pastos, según Cumbal, Guachuca y Mallama

Municipio	Resguardo	Familias	Personas
<i>Cumbal</i>	4	4.681	17.487
<i>Guachuca</i>	3	2.322	9.685
<i>Mallama</i>	1	875	4.266
Total	8	7.878	31.438

FUENTE. Diagnóstico comunidades indígenas y afrodescendientes del departamento de Nariño. Gobernación de Nariño. 2003-2007

Como se establece en la anterior tabla, en estos municipios se asienta un total de 31.438 indígenas, conformando 7.878 familias pertenecientes a la etnia de los Pastos. Estos resguardos indígenas se organizan mediante las autoridades cabildantes, situación que conlleva a una alta presencia de población indígena sobretodo en Cumbal en sus cuatro resguardos (Gran Cumbal, Mayasquer, Chiles y Panam).

6.3 CARACTERIZACIÓN SEMIDETALLADA DE LA COBERTURA VEGETAL

Esta caracterización semidetallada se limita a conceptualizar y describir los aspectos más representativos de las coberturas identificadas en el área de estudio en los años 1987, 1997 y 2009, según la metodología Corine Land Cover Europa adaptada para Colombia por PPN y por IDEAM-IGAC-CORMAGDALENA (2008)⁸¹. Además esta caracterización de coberturas del área de estudio, con sus respectivos códigos de identificación cartográfica, fue realizada en base a la información de las imágenes satelitales, fotografías aéreas y trabajo de campo.

Con respecto a lo anterior, las definiciones de cada categoría de cobertura expuestas a continuación para el área de estudio, fueron adaptadas en base al instructivo Nomenclatura Cobertura de Tierras para Colombia, propuesto por el Comité Nacional Leyenda CORINE Land Cover Colombia. UAESPNN, (2008)⁸², el cual muestra las características de los diferentes niveles de cobertura del suelo, existentes actualmente sobre el territorio Colombiano. Así mismo las siguientes definiciones son ilustradas con fotografías que pertenecen al área de estudio y otras zonas o fuentes documentales, ya que el único propósito es facilitar al lector la identificación de las diferentes categorías de cobertura del suelo.

6.3.1 Territorios artificializados (TA). Comprende los ámbitos urbanos, además de aquellas áreas periféricas que están en proceso de urbanización. Se agrupa en la siguiente categoría.

6.3.1.1 Zonas urbanizadas (TAu). En esta categoría se encuentra inmersa la zona urbana del municipio de Cumbal, en el cual se configura una infraestructura con mayoría de viviendas y algunos edificios, además las calles, parques y espacios verdes. Para efectos de este estudio este tipo de cobertura contiene una sola categoría.

- **Tejido urbano continuo (TAuc).** En esta unidad como se muestra en la figura 33, son importantes los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80% de la superficie del terreno que en este caso para el área de estudio es la zona urbana de Cumbal, además el suelo desnudo y la vegetación representan una baja proporción. Se incluye.

- Centro de aglomeraciones y centros históricos.
- Zonas de habitación periféricas.
- Parqueaderos y áreas cubiertas por asfalto o cemento.
- Casas individuales y de jardín.
- Red de carreteras, con ancho de la vía inferior a 50 metros.
- Áreas deportivas, pequeños parques y zonas peatonales con tamaño inferior a 6 has.
- Edificaciones de servicios públicos (escuelas, hospitales), mercados o industrias, con sus infraestructuras asociadas (parqueaderos, infraestructuras de comunicación, áreas asfaltadas y verdes) con tamaño inferior a 6 has.

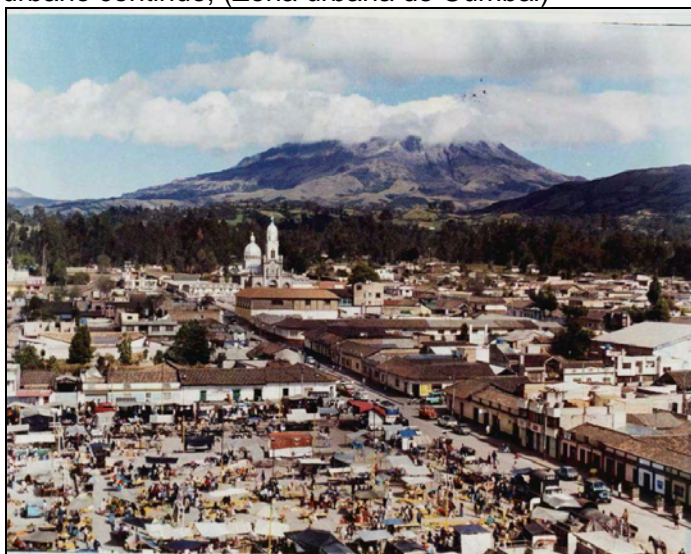
⁸¹ COMITÉ NACIONAL LEYENDA CORINE LAND COVER. Colombia. UAESPNN, 2008

⁸² COMITÉ NACIONAL LEYENDA CORINE LAND COVER. Colombia. UAESPNN. Instructivo nomenclatura cobertura de tierras para Colombia. 2008. p. 9-69

En esta categoría no se incluye.

- Áreas verdes urbanas que representan más de 20% del área del polígono.
- Instalaciones de servicios públicos (escuelas, hospitales), mercados o industria, con sus infraestructuras asociadas (parqueaderos, infraestructuras de comunicación, áreas asfaltadas y verdes) de un tamaño superior a 6 has.
- Áreas deportivas, pequeños parques y zonas peatonales con tamaño superior a 6 has.
- Red de carreteras, con ancho de la vía superior a 50 metros.

Figura 33. Tejido urbano continuo, (Zona urbana de Cumbal)



FUENTE. Esquema de ordenamiento del municipio de Cumbal, diagnostico urbano. (2008)

6.3.2 Territorios agrícolas (AG). Estos dentro del área de estudio, son dedicados primordialmente a la producción de alimentos, el cual se traduce en cultivos y pastos principalmente. Comprende dos categorías como las zonas de pastos y áreas agrícolas heterogéneas con sus respectivas subdivisiones.

6.3.2.1 Pastos (AGp). Comprende las tierras cubiertas por hierba densa, dedicadas al pastoreo permanente. Para su clasificación se definió la siguiente unidad de pastos

- **Pastos limpios (AGpl).** Esta unidad como se aprecia en la figura 34, comprende las tierras ocupadas únicamente por pastos, con un porcentaje de cobertura superior al 70%; debido a la realización de prácticas de manejo como la limpieza que impide el desarrollo de otras coberturas. Por tal motivo en el área de estudio se encuentran pastos limpios asociados a factores naturales como el clima y el relieve, además de factores antropicos como las practicas ganaderas, entre otras labores de intervención sobre el medio natural y las costumbres regionales de los municipios (Cumbal, Guachucal y Mallama) que conforman el área de estudio. Se incluye.

- Pastos limpios con área mayor o igual a 6 has.
- Pastos con presencia esporádica a ocasional de matorrales o árboles, con cubrimiento menor al 30% del área de pastos.

- Pastos limpios con presencia de áreas de cultivos, con cubrimiento menor al 30% del área de pastos.
- Infraestructuras asociadas a los pastos manejados (viviendas rurales, cercas vivas (setos)).

En esta categoría no se incluye.

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

Figura 34. Pastos limpios, (Corregimiento de Colimba-Guachucal)



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Natalia Portilla. (2011)

6.3.2.2 Áreas agrícolas heterogéneas (AGhm). Este tipo de unidad reúne varias clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón confuso de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales, por tal motivo para el área de estudio los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios. A continuación se definieron las siguientes unidades.

- **Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1).** Este tipo de cobertura como se observa en la figura 35, para el área de estudio comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos de pisos térmicos: templado y frío principalmente, con un patrón de distribución de los lotes demasiado intrincado para ser representados cartográficamente de manera individual. Esta categoría incluye además.

- Pastos y cultivos bordeados con setos de árboles o arbustos (frutales o no).
- Mezcla de parcelas de pastos y cultivos, donde ninguno de los cultivos representa

- más del 70% del área total del mosaico.
- Infraestructuras asociadas a los mosaicos de pastos y cultivos (viviendas rurales, setos, vías) con área menor a 6 has.

En esta categoría no se 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.

Figura 35. Mosaico de pastos y cultivos, (Vereda la Ortiga-Cumbal)



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Narváez. (2011)

• **Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2).** Este tipo de cobertura como se observa en la figura 36, comprende cultivos y pastos en combinación con espacios naturales importantes. Al igual que con el mosaico de pastos y cultivos esta unidad no puede representarse individualmente, En cuanto a la cobertura las áreas de cultivos y pastos ocupan entre el 30% y 70% de la superficie total de la unidad, por otro lado los espacios naturales están conformados por áreas de relictos de bosque natural, arbustos y rastrojos, bosques de galería y/o riparios, zonas pantanosas y otras áreas poco intervenidas y que debido a limitaciones en el uso del suelo por sus características físico-bióticas permanecen en estado natural o seminatural. A esta categoría corresponden.

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

Es importante aclarar que en el anterior listado, pueden existir áreas menores a 6 has, pero en combinación con otras coberturas, ya sean de cultivos de diversa índole, pastos y espacios naturales.

En esta categoría no se incluye.

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

Figura 36, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, (vereda Miraflores-Cumbal)



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Natalia Portilla. (2011)

- **Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3).** Esta cobertura está constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales, como se observa en la figura 37. 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 6 has. 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, 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. Esta cobertura incluye.
 - Mezcla de parcelas de pastos y zonas de espacios naturales con área mayor a 6 has.
 - Pequeños cuerpos de agua con área menor a 6 has.
 - Relictos de bosques menores con área menor a 6 has.
 - Bosques de galería y/o riparios, arbustos y matorrales con área menor a 6 has.
 - Infraestructuras asociadas a los pastos manejados (viviendas rurales, setos, vías).

En esta categoría no se incluye.

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

Figura 37. Mosaico de pastos con espacios naturales, (Caquetá)



FUENTE. Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM (2010).

6.3.3 Bosques y áreas seminaturales (BN). Esta unidad encierra grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, además del páramo, con poca o ninguna intervención antropica, además de los territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales. Dentro del área de estudio esta unidad se subdivide en las siguientes coberturas.

6.3.3.1 Bosques (BNb). Comprende áreas naturales y seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas.

De acuerdo con FAO (2001)⁸³, 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% del área y una superficie superior a 0,5 has. 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.

Con respecto a lo anterior esta categoría para el área de estudio se divide en bosque natural denso y bosque natural fragmentado, definidos a continuación.

- **Bosque natural denso (BNbd).** Este bosque como se observa en la figura 38, está constituido por una cobertura vegetal arbórea de 8 a 15 metros de altura aproximadamente, además se caracteriza por sufrir mínimamente de intervención antropica, por lo que no se ha alterado de forma significativa la estructura y funciones naturales. En este tipo de bosque se incluye.

- Cobertura de Bosque natural con área mayor a 6 has.

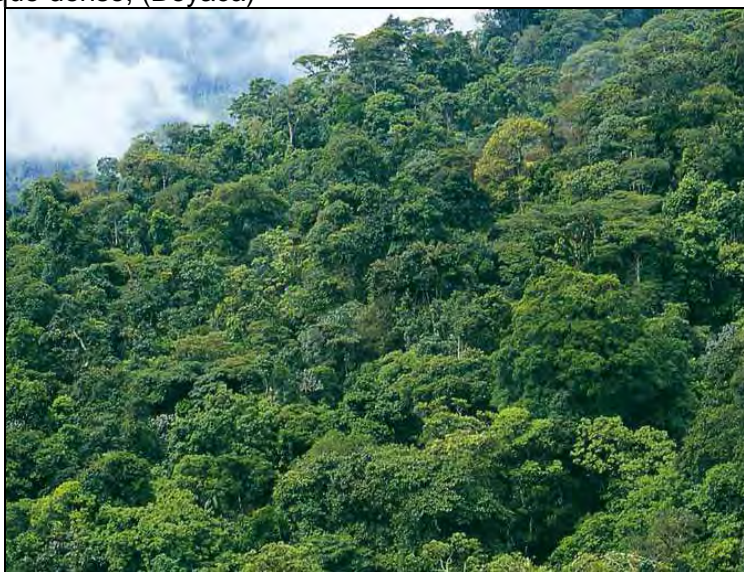
⁸³ ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAD PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO), Situación de los bosques del mundo 2001. p. 131. Citado por el Comité Nacional Leyenda CORINE Land Cover. Colombia. UAESPNN. Instructivo nomenclatura cobertura de tierras para Colombia. 2008. p. 40.

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

En esta categoría no se incluye.

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

Figura 38. Bosque denso, (Boyacá)



Fuente. Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los Andes Colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia y Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2010).

• **Bosque Natural Fragmentado (BNbf).** Esta unidad que se ilustra en la figura 39, mantiene su estructura original, dentro del área de estudio comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos, cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otro tipo de coberturas como pastos, cultivos, rastrojos o vegetación en transición, debido a la ocurrencia de posible intervención humana, las cuales no representan más del 30% del área de la unidad de bosque natural. La unidad de bosque fragmentado incluye.

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

En esta categoría no se incluye.

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

Figura 39. Bosque fragmentado, (Valle de la quebrada El Hondon-Cumbal)



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Narváez. (2011)

6.3.3.2 Áreas con Vegetación Herbácea y/o Arbustiva (BNa). Comprende coberturas naturales de tipo arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y niveles altitudinales, con poca o ninguna intervención antropica. Para el área de estudio se identificaron dentro de esta cobertura las siguientes unidades.

- **Arbustos y matorrales (BNam1).** Este tipo de cobertura como se observa en la figura 40, para el área de estudio comprende una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos de porte bajo aproximadamente menor a 5 m, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más del 70% del área total de la unidad. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales. La unidad de arbustos y matorrales incluye.

- Vegetación arbustiva, la cual se ubica entre los 2.700 y 2.800 m.s.n.m.
- Cobertura de arbustos y matorrales con área mayor o igual a 6 has.

Figura 40. Arbustos y matorrales, (Vereda Miraflores-Cumbal)



Fuente. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

• **Bosques achaparrados de páramo (BNam2).** Como se observa en la figura 41, para el área de estudio son territorios cubiertos por vegetación de porte bajo desarrollada en forma natural, donde predominan los matorrales con un dosel irregular y alturas entre 1 y 5 m aproximadamente. También se incluye lo siguiente.

- Vegetación achaparrada correspondiente al subpáramo, el cual se ubica entre los 3.000 y 3.500 m.s.n.m bordeando los páramos.
- Cobertura de bosques achaparrados con área mayor o igual a 6 has.
- Coberturas naturales arbustivas de subpáramo.
- Coberturas de porte bajo conocidas como rastrojos bajos.

En esta categoría no se incluye.

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

Figura 41. Bosques achaparrados de páramo, (Loma la Yegua-Guachucal)



Fuente. Esta investigación. Fotografía: Germán Narváez. (2011)

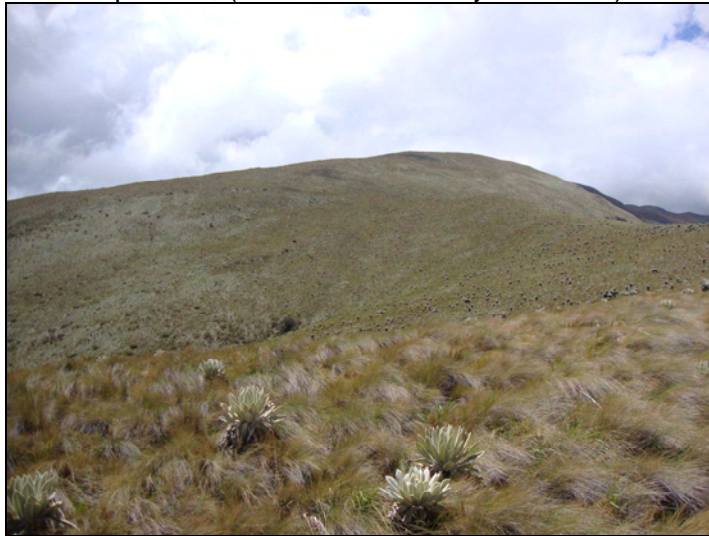
• **Vegetación de páramo (BNap).** Esta unidad en el área de estudio como se aprecia en la figura 42, presenta una extensa zona y se caracteriza por presentar cobertura vegetal de bajo y alto porte, compuesta principalmente por pastizales, pajonales, vegetación herbácea y frailejones como *Espeletia Pycnophylla*, *Puya Clavaherculis*, *Blechnum Loxense*, entre otras especies. Esta cobertura se localiza geográficamente más o menos entre 3.000 y 4.200 m.s.n.m. Se incluye además.

- Coberturas de vegetación de páramo y subpáramo con área mayor a 6 has.
- Cobertura de pajonales con área mayor a 6 has, localizadas en alturas superiores a los 2.800 m.s.n.m.

En esta categoría no se incluye.

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

Figura 42. Vegetación de páramo, (Vereda Pueblo Viejo-Mallama)



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

- **Vegetación Rupícola (Bnar).** Este tipo de cobertura que es en cierta medida el límite entre el superpáramo y los afloramientos rocosos en el volcán Cumbal, consta de vegetación muy especializada de porte achaparrado con adaptaciones que deben tener para vivir en condiciones de gran altitud, por tal motivo se han originado a partir de pequeños resquicios entre las grietas de la roca madre donde penetran las raíces, que sirven de firme anclaje y son capaces de aprovechar los nutrientes y minerales disueltos en las aguas que temporalmente circulan por las paredes de estas rocas (Figura 43). En esta unidad se incluye.
 - Cobertura de vegetación rupícola con área mayor a 6 has.
 - Afloramientos rocosos con área menores a 6 has.
 - Coberturas de arbustos y matorrales con área menor a 6 has.

Figura 43. Vegetación rupícola, (Complejo Volcánico Doña Juana Cascabel)



Fuente. P.N.N. (2010)

6.3.3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación (BNr). Aquí se comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente para efectos de este estudio por afloramientos rocosos y suelos desnudos. Comprende los siguientes tipos de cobertura.

- **Afloramientos rocosos (BNrr).** En la zona de estudio este tipo de cobertura se evidencia en la cima del volcán Cumbal como se aprecia en la figura 44, por lo que está conformada por capas de rocas expuestas sin desarrollo de vegetación, generalmente este lugar está rodeado de laderas abruptas y escarpadas, relacionadas con la actividad eruptiva y glaciación que ha tenido este volcán a lo largo del tiempo. Asociados también a estos afloramientos rocosos en el volcán Cumbal se encuentran depósitos sedimentarios y volcánicos finos y gruesos. Esta unidad incluye.

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

En esta categoría no se incluye.

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

Figura 44. Afloramiento rocoso, (Cerro Punta Vieja-cráter volcán Cumbal)



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

6.3.4 Áreas húmedas (AH). Comprende aquellas coberturas constituidas por terrenos anegadizos o pantanosos, que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática.

6.3.4.1 Áreas húmedas continentales (AHc). Son las áreas húmedas localizadas al interior de la tierra y hacen referencia a los diferentes tipos de zonas inundables, pantanos y terrenos anegadizos en los cuales el nivel freático está a nivel del suelo en forma temporal o permanente. Aquí se diferencia el siguiente tipo.

- **Turberas (AHct).** En el área de estudio este tipo de cobertura, característico en cotas altitudinales de 3.400 m.s.n.m, como al norte de la laguna de Cumbal y 3.700 m.s.n.m, comprende terrenos pantanosos, de textura esponjosa, cuyo suelo está compuesto principalmente por musgos y materia vegetal descompuesta, (Figura 45). Se incluye.

- Depósitos de turbas con superficie mayor a 6 has.

En esta categoría no se incluye.

- Cuerpos de agua localizados dentro de la turbera con área mayor a 6 has.

Figura 45. Turberas, (Suroriente volcán Cumbal)



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Narváez. (2011)

6.3.5 Superficies de agua (SA). Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa. De acuerdo con la ubicación de la zona de estudio se encuentran las aguas continentales.

6.3.5.1 Aguas Continentales (SAc). En esta categoría se habla de cuerpos de agua dulce permanentes y naturales como la laguna de Cumbal. Para este estudio se ha identificado la siguiente unidad.

- **Lagunas (SAcl).** Esta unidad como se aprecia en la figura 46, hace referencia a la laguna de Cumbal o de la Bolsa, la cual es una superficie natural de agua y en la que confluyen y nacen gran cantidad de ríos. Registra una longitud de 5 Km de largo por 2 Km en su parte más ancha. Se encuentra localizada a una altura aproximada de 3.036 m.s.n.m.

Figura 46. Laguna, (Laguna de Cumbal)



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

Teniendo en cuenta las definiciones anteriormente descritas de los tipos de cobertura de los suelos presentes en la zona de estudio, según la metodología Corine Land Cover

adaptada para la zona de Cumbal, a continuación en los siguientes capítulos, se hace una descripción detallada de las coberturas presentes para los años 1987, 1997 y 2009.

6.4 COBERTURA DEL SUELO, AÑO 1987

Esta caracterización para el área de estudio se realizó según el mapa de cobertura de 1987 a escala 1:50.000 (Anexo E), generado a partir de la interpretación y procesamiento de la imagen satelital Landsat 1987, al igual que variada información secundaria. Por tal motivo en la tabla 10 se consignan los 14 tipos de cobertura e información respectiva al nivel al que pertenecen de acuerdo a la metodología Corine Land Cover adaptada para este estudio, código y color de identificación cartográfica, área y porcentaje que abarco en la zona de estudio. En consideración se observo que las coberturas más significativas fueron en su orden la vegetación de páramo, el mosaico de pastos y cultivos, los bosques naturales denso y fragmentado y el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, que abarcaron un área total de 32.479 has, en relación a las nueve coberturas restantes que sumaron 4.440,46 has.

Tabla 10. Cobertura del suelo 1987















Cobertura			Código	Área (has)	%
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3			
Territorios artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	 TAuc	50,68	0,13
Territorios agrícolas	Pastos	Pastos limpios	 AGpl	912,12	2,47
	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de pastos y cultivos	 AGhm1	6.766,02	18,32
		Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	 AGhm2	1.561,71	4,23
		Mosaico de pastos con espacios naturales	 AGhm3	672,30	1,82
Bosques y áreas seminaturales	Bosques	Bosque natural denso	 BNbd	5.497,73	14,89
		Bosque natural fragmentado	 BNbf	3.980,22	10,78
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Arbustos y matorrales (bosques chaparros)	 BNam1	146,69	0,39
		Bosques achaparrados de páramo	 BNam2	526,04	1,42
		Vegetación de páramo	 BNap	14.673,32	39,74
		Vegetación rupícola	 BNar	590,32	1,59
	Áreas abiertas sin o con poca vegetación	Afloramiento rocoso	 BNrr	840,89	2,27
Áreas húmedas	Áreas húmedas continentales	Turberas	 AHct	488,51	1,32
Superficies de	Aguas	Lagunas	 SAcl	212,91	0,57

Tabla 10 (Continuación)

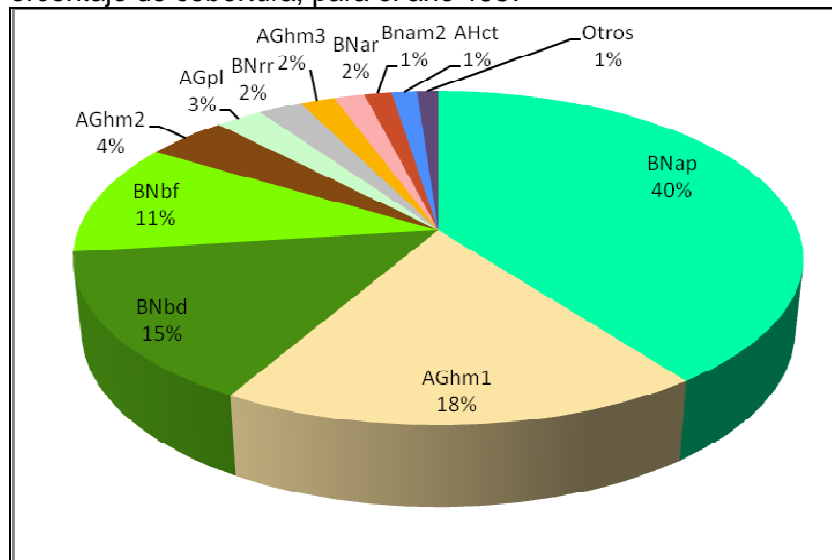
<i>agua</i>	<i>continentales</i>			
Total			36.919,46	100

FUENTE. Esta investigación

Con respecto a la anterior tabla a continuación en la figura 47 se muestran los porcentajes de área superiores al 1%, todas las categorías con porcentajes inferiores a 1 se las agrupo en otros. En este sentido se pudo visualizar el dominio, en primer lugar de las coberturas naturales como la vegetación de páramo con 14.673,32 has y los bosques: denso y fragmentado con 5.497,73 y 3.980,22 has respectivamente. En cuanto a las coberturas asociadas a labores productivas, fueron importantes los mosaicos: de pastos y cultivos con 6.766,02 has y de cultivos, pastos y espacios naturales con 1.561,71 has.

Por otro lado, el área de cada una de las nueve coberturas restantes fue relativamente baja, en relación al tamaño de la zona de estudio, ya que cada unidad estuvo por debajo de las 915 has, como el caso de los pastos limpios con 912,12 has, afloramiento rocoso con 840,89 has, vegetación rupícola con 590,32 has, entre otras.

Figura 47. Porcentaje de cobertura, para el año 1987



FUENTE. Esta investigación

6.4.1 Tejido urbano continuo (TAuc). Esta cobertura estuvo representada únicamente por la zona urbana del municipio de Cumbal con un área de 50,68 has significando el 0,13% del total del área de estudio. Este tejido urbano se localiza en el extremo suroriental de la zona de estudio en el resguardo indígena de Gran Cumbal.

6.4.2 Pastos limpios (AGpl). Este tipo de cobertura para el año de 1987 estaba representada por 912,12 has que significaban apenas el 3% del área de estudio, por lo que se localizaban en dos zonas representativas: la primera las cuales fueron áreas muy pequeñas que sumaron 517,18 has, se concentraron en el municipio de Guachucal en el extremo nororiental en la vereda Chimagual, sectores límites con el municipio de Sapuyes como: Cascajal, Tolepaja y quebrada Colimba, Colimba Centro en un sector en común entre Piscanguer, Maipud y el Romerillo y en el corregimiento de San Diego de Muallamues en límites con el municipio de Cumbal.

La otra zona representativa donde hubo existencia de pastos limpios con un total de 389,85 has, fue en el municipio de Cumbal en el extremo suroriental del área de estudio en el resguardo indígena de Gran Cumbal en veredas como: Tasmag, Cuaical, Guan y en el sector de Guanguisan, además de la quebrada la Cantero cercana al casco urbano de Cumbal hacia el nororiente.

6.4.3 Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1). Esta cobertura tenía la mayor extensión entre los tres mosaicos que existían en la zona de estudio, ya que poseía un área de 6.766,02 has representadas en un 18%. El área más destacada con 6.531,52 has se localizo al oriente de la zona de estudio entre Cumbal, Guachucal y Mallama con una franja que cubre parte de estos tres municipios a una altura entre los 3.100 y 3.400 m.s.n.m aproximadamente. Este territorio agrícola comprende pastos con intercalaciones de cultivos de piso térmico frío principalmente como la papa, haba, alverja, hortalizas, etc.

Considerando lo anterior, con respecto al municipio de Cumbal el mosaico de pastos y cultivos se localizo en el resguardo de Gran Cumbal en sectores como Tasmag, Cuaical, la Ortiga, Machines, La Empalizada, entre otros, que hacen parte además de la zona media de la microcuenca del Río Blanco. También fue importante una zona al oriente de la laguna de Cumbal en sectores como Ravila y Pequeño Refugio, además de la microcuenca Llano Grande.

Por otro lado en el municipio de Guachucal este tipo de cobertura se ubico en el corregimiento de San Diego de Muallamues en sectores como Guan Comunidad, Guan Puente Alto, Tula, Poliza, entre otros lugares. Además este mosaico en Guachucal se localizaba en el corregimiento de Colimba en las microcuencas de las quebradas Chapud y Quetambu. Por último en el municipio de Mallama esta unidad de cobertura se hizo evidente en mínima proporción en las microcuencas de las quebradas el Amarillo y Honda.

6.4.4 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2). Este otro tipo de mosaico en el área de estudio se caracterizo por presentar cultivos de piso termico frío y templado, áreas de pastos y relictos boscosos. La zonas más significativas se localizaban al norte del área de estudio en el municipio de Mallama con una extensión de 1.338,42 has a una altura entre los 2.700 y 3.300 m.s.n.m. Las poblaciones o sitios más representativos fueron Pueblo Viejo, Chambú, El Guabo, El Verde, entre otros sectores.

Otras dos zonas donde se evidencio este tipo de cobertura aunque en mínima proporción fue en el municipio de Cumbal al occidente de la loma la Yuegua en la parte alta de la microcuenca del río Miraflores a una altura de 3.400 m.s.n.m, además de una pequeña parte al sur (limite del área de estudio) cercana al sector de San Ignacio.

6.4.5 Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3). Esta cobertura en el área de estudio solo se encontraba presente al noroccidente con 672,30 has equivalente al 2% a una altura entre 2.700 y 3.300 m.s.n.m en la vereda Miraflores (Cumbal). Los relictos boscosos son los espacios naturales más representativos dentro de este mosaico.

A partir de la caracterización de cobertura de mosaicos en el área de estudio, se pudo constatar que estos tres se desarrollaron en los pisos térmicos frío y templado principalmente, por lo que posiblemente fueron tierras que han sufrido una considerable intervención antropica modificando su vegetación nativa con fines productivos pecuarios y

agrícolas.

6.4.6 Bosque natural denso (BNbd). Esta unidad de cobertura, la tercera en extensión en el área de estudio para 1987 con 5.497,73 has equivalente al 15%, se distribuyó específicamente en dos zonas: la primera con 1.946,70 has en el extremo noroccidental entre Cumbal y Mallama en alturas entre 2.700 (límite del área de estudio) y 3.300 m.s.n.m. La otra zona de bosque denso, representada por una franja de 3.419,76 has entre los 3.000 (límite del área de estudio) y 3.400 m.s.n.m, se localizó al occidente del volcán Cumbal entre los resguardos de Gran Cumbal y Mayasquer (Cumbal).

Con respecto a lo anterior, es claro que en el área de estudio el límite superior del bosque denso en general oscila entre los 3.400 y 3.300 m.s.n.m y el límite inferior entre los 2.700 y 3.000 m.s.n.m, por lo que la intervención antropica sea posiblemente baja.

6.4.7 Bosque natural fragmentado (BNbf). Este tipo de cobertura que también manifestó un importante cubrimiento en el área de estudio con un total de 3.980,22 has, se distribuyó en primer lugar hacia el norte en el municipio de Mallama en las partes altas de las microcuencas de quebradas como: Las Borrás, Pueblo Viejo, El Bosque, Primavera, Florida, El Chorrillo, El Presidio, entre otras pequeñas zonas que sumaron un área de 789,7 has a una altura que oscila entre 2.800 y 3.400 m.s.n.m.

Por otro lado en el municipio de Cumbal la mayor concentración de bosque fragmentado con un área de 2.775,82 has a alturas entre los 2.800 y 3.500 m.s.n.m se ubicó al noroccidente del área de estudio en las partes altas de dos microcuencas, la primera en la microcuenca del río Negro en afluentes como las quebradas Pistejo, Tres Chorros, Pilches, Las Cueras, Guastar, La Aguada, Agua tibia, río El Tambo y río El Tambillo y sobre cauces que drenan sus aguas de oeste a este al río El Tambillo. La segunda microcuenca fue la del río Miraflores en los nacimientos y sectores aledaños de afluentes como las quebradas El Arroyo y La Ceba. Siguiendo en el municipio de Cumbal, los bosques fragmentados también fueron importantes en zonas al suroriente del volcán Cumbal principalmente en el valle de la quebrada Hondon. Estas áreas sumaron un total de 238,33 has.

Por último en el municipio de Guachucal este tipo de bosque se evidenció por pequeños sectores distribuidos así: partes altas de las microcuencas de quebradas tales como Yamana, Comunidad y Simancas, además de las partes medias de microcuencas como El Cristo, El Pueblo y La Chorrera, así como también en el cerro Colimba en el costado noroccidental entre 3.400 y 3.500 m.s.n.m. Con respecto a la extensión de estas zonas en Guachucal fueron 104,55 has en total.

6.4.8 Arbustos y matorrales (BNam1). Esta cobertura vegetal no fue tan representativa, puesto que abarca una extensión de 146,69 has que equivalían apenas al 0.39% ubicándose en 1987 al noroccidente del área de estudio, más específicamente al noroccidente del cerro de la Cruz en la vereda Miraflores (límite entre Cumbal y Mallama). También estos matorrales fueron evidentes en la esquina suroccidental en el Resguardo de Mayasquer, donde interrumpían la continuidad del bosque denso en este sector, posiblemente a procesos de intervención humana.

6.4.9 Bosques achaparrados de páramo (BNam2). Esta unidad de cobertura en el área de estudio abarcaba el 1,42% y se ubicaba en primer lugar al oriente y sur del volcán

Cumbal entre los 3.600 y 3.800 m.s.n.m. en sectores como: microcuena el Pistejo y en las partes altas del valle de la quebrada El Hondon y microcuena el Cerro con un área total de 225,6 has. También este tipo de bosque se pudo evidenciar al sur del área de estudio en sus límites, específicamente en el cerro Colorado con 77,81 has en la cotas de 3.800 y 3.900 m.s.n.m.

Por otra parte en lo que respecta al municipio de Guachucal en los límites con Cumbal, este tipo de bosque con un total de 216,62 has, se encontraba al noroccidente y norte de la laguna de Cumbal entre los 3.500 y 3.600 m.s.n.m.

6.4.10 Vegetación de páramo (BNap). La cobertura de páramo principalmente de tipo frailejonal y pajonal fue la más representativa en el área de estudio con una superficie total de 14.673,32 has que equivalían al 40%, su ubicación estaba dada principalmente por una importante zona de 13.694,13 has que se extendía de sur a norte, desde los 3.100 hasta los 4.100 m.s.n.m (volcán Cumbal). Además esta área integraba los límites del área de estudio hacia el sur desde la quebrada El Corral (resguardo de Gran Cumbal) hasta los límites con el bosque denso al occidente en el resguardo de Mayasquer. Por otro lado en el complemento de esta área, el páramo recorrió sectores de la laguna de Cumbal como al oriente, así como la loma La Yuegua, Alto Nascar y Alto Peña Colorada (límites entre Cumbal y Guachucal), loma Las Lenguetas (límites entre Mallama y Guachucal) y Pueblo viejo y Chambu (Mallama).

Por otra parte siguiendo con las coberturas de paramo, también fueron importantes zonas en Miraflores al noroccidente del área de estudio y en el cerro Colimba en Guachucal a partir de los 3.300 m.s.n.m que no superan las 360 has.

6.4.11 Vegetación rupícola (BNar). Este tipo de vegetación se localizaba en dos zonas como: la cima del volcán Cumbal bordeando la cota de 4.100 m.s.n.m., en la vereda Quilismal y hacia el sur del área de estudio en el cerro Colorado a los 3.700 y 4.200 m.s.n.m. (límite entre los resguardos de Gran Cumbal y Mayasquer (Cumbal)). Estas dos áreas antes mencionadas sumaban un área total de 592,32 has que representaban el 1,59% de la zona de estudio.

6.4.12 Afloramiento rocoso (BNrr). Esta cobertura únicamente se localizaba en la cima del volcán Cumbal desde los 3.800 m.s.n.m, con una extensión de 840,89 has que representaban el 2,27% del área de estudio.

6.4.13 Turberas (AHct). Estas coberturas pertenecientes a áreas húmedas, en el área de estudio tenían una extensión de 488,51 has que representaban el 1,32% y se localizaban básicamente en dos zonas: la primera desde los 3.500 m.s.n.m. al norte, occidente y mínimamente al sur de la laguna de Cumbal con un total de 349,45 has. La otra zona donde se encontraba esta unidad de cobertura fue a una altura entre 3.500 y 3.700 m.s.n.m. en la parte alta de la microcuena de la quebrada Rio Blanco al suroriente del volcán Cumbal con 134,86 has de extensión.

6.4.14 Lagunas (SAcl). Esta cobertura en el área de estudio comprendía únicamente la laguna de Cumbal o la Bolsa, ubicada en el centro-oriente en la microcuena del mismo nombre, con un área de 212,91 has que representaban el 0,57%.

6.5 COBERTURA DEL SUELO, AÑO 1997

Esta caracterización para el área de estudio se realizó según el mapa de cobertura de 1997 a escala 1:50.000 (Anexo F), generado a partir de la interpretación y procesamiento de la imagen satelital Landsat 1997, al igual que variada información secundaria. Por tal motivo en la tabla 11 se consignan los 14 tipos de cobertura e información respectiva al nivel al que pertenecen de acuerdo a la metodología Corine Land Cover adaptada para este estudio, código y color de identificación cartográfica, área y porcentaje que abarco en la zona de estudio. En consideración se observo la relevancia de las cinco coberturas que se presentaron en 1987, aunque la vegetación de páramo y los bosques denso y fragmentado decrecieron en 939,17, 629,29 y 489,05 has respectivamente, a excepción del mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y el mosaico de pastos y cultivos que aumentaron en 1.286,63 y 1.289,93 has respectivamente.

Considerando lo anterior las cinco coberturas principales para este año abarcaron un área total de 32.997,51 has. Las superficies de las nueve coberturas restantes fueron relativamente más pequeñas al área de estudio, las cuales sumaron 3.921,95 has.

Tabla 11. Cobertura del suelo 1997

Cobertura			Código	Área (has)	%
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3			
Territorios artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	TAuc	68,66	0,18
Territorios agrícolas	Pastos	Pastos limpios	AGpl	337,06	0,91
	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de pastos y cultivos	AGhm1	8.055,41	21,81
		Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	AGhm2	2.848,34	7,71
		Mosaico de pastos con espacios naturales	AGhm3	728,88	1,97
Bosques y áreas seminaturales	Bosques	Bosque natural denso	BNbd	4.868,44	13,18
		Bosque natural fragmentado	BNbf	3.491,17	9,45
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Arbustos y matorrales (bosques chaparros)	BNam1	97,63	0,26
		Bosques achaparrados de páramo	BNam2	539,14	1,46
		Vegetación de páramo	BNap	13.734,15	37,20
		Vegetación rupícola	BNar	573,08	1,45
	Áreas abiertas sin o con poca	Afloramiento rocoso	BNrr	860,48	2,33

Tabla 11 (Continuación)

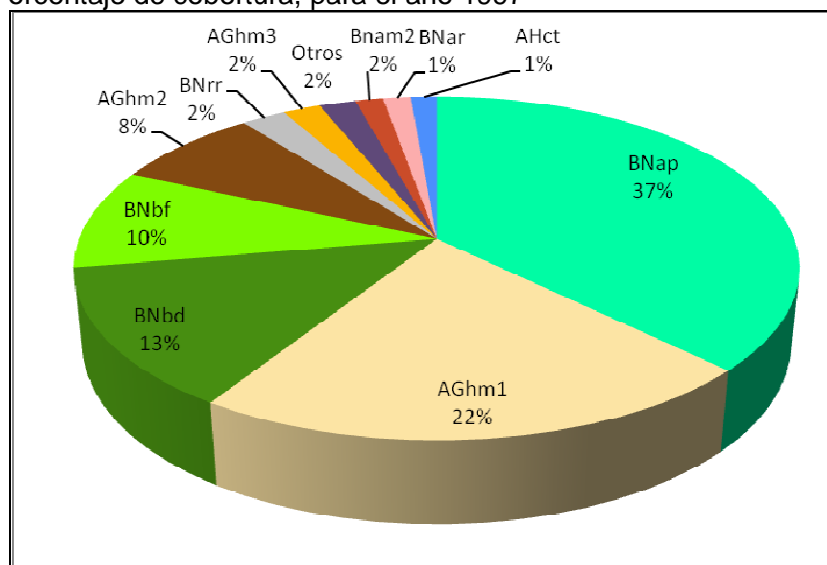
	<i>vegetación</i>					
Áreas húmedas	Áreas húmedas continentales	Turberas		AHct	503,43	1,36
Superficies de agua	Aguas continentales	Lagunas		SAcl	213,59	0,57
Total					36.919,46	100

FUENTE. Esta investigación

Con respecto a la anterior tabla a continuación en la figura 48 se muestran los porcentajes de área superiores al 1%, todas las categorías con porcentajes inferiores a 1 se las agrupo en otros. En este sentido se visualizo el dominio de coberturas como: la vegetación de páramo con 13.734,15 has y los bosques: denso con 4.868,44 has y fragmentado con 3.491,17 has, que en relación a 1987 tuvieron disminuciones de 939,17, 629,29 y 489,05 has respectivamente. En cuanto a territorios agrícolas los de mayor área fueron: en primer lugar el mosaico de pastos y cultivos con 8.055,41 has y el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con 2.848,34 has, las cuales presentaron aumentos significativos de 1.289,39 y 1.286,63 has respectivamente.

Por otro lado, las nueve coberturas restantes relativamente más pequeñas a la zona de estudio, con áreas por debajo de las 861 has, tuvieron aumentos y disminuciones igualmente relativos a sus respectivos tamaños. En este sentido particularmente en los pastos limpios fue sobresaliente la disminución en un poco más de la mitad ósea de 575,06 has, en relación a 1987, por lo que para 1997 presentaron 337,06 has.

Figura 48. Porcentaje de cobertura, para el año 1997



FUENTE. Esta investigación

6.5.1 Tejido urbano continuo (TAuc). Esta cobertura con 68,66 has que significaban el 0,18%, se incremento en 17,98 has representada por la zona urbana de Cumbal, ubicada en el resguardo de Gran Cumbal en el extremo suroriental del área de estudio.

6.5.2 Pastos limpios (AGpl). Este tipo de cobertura para el año de 1997 presento una disminución significativa de 575,06 has representada por 337,06 has que significaban el

0,91% del área de estudio. En cuanto a la localización, como se dijo para el año de 1987 se hablaba de dos zonas representativas aunque con menor extensión: la primera en el municipio de Guachucal en el extremo nororiental en la vereda Chimagual, al occidente del cerro Colimba entre los 3.100 y 3.200 m.s.n.m. (corregimiento de Colimba) y un pequeño sector en la parte media de la microcuenca Simancas, por lo que suman un área total de 254,43 has.

Por otro lado, en el municipio de Cumbal esta cobertura se ubicaba en el extremo suroriental del área de estudio únicamente al sur de la vereda Guan y en la quebrada la Cantera cercana al casco urbano de Cumbal hacia el nororiente, estas áreas suman un total de 82,61 has.

6.5.3 Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1). Esta cobertura para el año de 1997 seguía teniendo la mayor extensión con respecto a los otros dos mosaicos que existían en la zona de estudio, por lo que se incremento en 1.289,39 has en relación a 1987, por lo que poseía un área de 8.055,41 has representadas en un 22%. El área más representativa y que se referencio anteriormente para el año de 1987, se localizaba al oriente del área de estudio entre Cumbal, Guachucal y Mallama en alturas que oscilaban entre los 3.100 y 3.500 m.s.n.m. aproximadamente, con una superficie de 7.801,28 has.

Por otro lado, específicamente el municipio de Cumbal el mosaico de pastos y cultivos con un área total de 225,18 has se localizaba en el resguardo de Gran Cumbal en veredas como Tasmag, Cuaical, la Ortiga, Machines, La Empalizda, Cimarrones, entre otras, las cuales hacen parte de la zona media de la microcuenca del Rio Blanco, además esta unidad de cobertura se localizaba al oriente y sur de la laguna de Cumbal en veredas como Llano Grande, Ravila y Pequeño Refugio y por ultimo en zonas en la parte alta de la microcuenca del rio Miraflores entre los 3.300 y 3.400 m.s.n.m..

Con respecto al municipio de Guachucal y como se observó en 1987, este tipo de cobertura se ubicaba en el corregimiento de San Diego de Muallamues en veredas como Guan Comunidad, Guan Puente Alto, Tula, Poliza, entre otros lugares, además del corregimiento de Colimba en sitios como las partes altas de las microcuencas Chapud, Quetambu, Chimagual y San Javier.

Finalmente en el municipio de Mallama esta cobertura se evidenció en mínima proporción en las partes altas de las microcuencas de las quebradas el Amarillo y Honda (límite entre Mallama y Sapuyes).

6.5.4 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2). Este otro tipo de mosaico en relación a 1987 se incrementó considerablemente en 1.286,63 has, por lo que en 1997 tenía 2.848,34 has que representaban el 8% del área de estudio. Como se observo el año anterior esta cobertura se caracterizaba por presentar cultivos de pisos térmicos frío y templado, áreas de pastos y relictos boscosos. En este sentido, y al igual que en 1987 la zona más significativa se ubicaba al norte del área de estudio en el municipio de Mallama con 1.849,91 has, en alturas entre los 2.700 y 3.300 m.s.n.m. y en veredas como: Pueblo Viejo, El Paramillo, Chambu, El Guabo, El Verde, entre otras. En esta zona referenciada fue importante como el bosque fragmentado que existía en 1987, cambio a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, debido a posibles prácticas agropecuarias.

Por otro lado, este tipo de cobertura también se evidencio al occidente del área de estudio, en el cerro de la Cruz y zonas aledañas en la vereda Miraflores (Cumbal) con 766,91 has entre los 2.800 y 3.400 m.s.n.m. donde en 1987 era una zona de bosque fragmentado y páramo. Finalmente al occidente de la loma la Yuegua en la parte alta de la microcuenca del rio Miraflores a una altura de 3.400 m.s.n.m.

6.5.5 Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3). Esta cobertura en el área de estudio con relación a 1987 se incremento en 56,58 has, que representaban un área de 728,88 has equivalentes al 2%. Su ubicación fue evidente únicamente al noroccidente a una altura entre 2.700 y 3.300 m.s.n.m. en la vereda Miraflores (Cumbal). Los relictos boscosos son los espacios naturales más representativos dentro de este mosaico.

6.5.6 Bosque natural denso (BNbd). Esta unidad de cobertura, que sigue siendo la tercera en extensión en el área de estudio, presento una disminución con respecto a 1987 de 629,29 has, por lo que el área para 1997 fue de 4.868,44 has equivalentes al 13%. En relación a la ubicación, el bosque denso se observo principalmente en dos zonas: la primera con 1.639,41 has en el extremo noroccidental entre Cumbal y Mallama en alturas entre 2.700 (limite del área de estudio) y 3.300 m.s.n.m. La otra zona de bosque denso, representada por una franja de 3.227,54 has entre los 2.800 (limite del área de estudio al occidente) y 3.400 m.s.n.m. se localizaba al occidente del volcán Cumbal entre los resguardos de Gran Cumbal y Mayasquer (Cumbal).

Con respecto a lo anterior, es claro que en el área de estudio el límite superior del bosque denso en general oscila entre los 3.400 y 3.300 m.s.n.m. y el límite inferior entre los 2.700 y 3.000 m.s.n.m., por lo que la intervención antropica sea posiblemente baja.

6.5.7 Bosque natural fragmentado (BNbf). Este tipo de cobertura para 1997 tenía un área de de 3.491,17 has que representaban el 9% del total del área de estudio, producto de la disminución de 489,05 has en relación a 1987. Este tipo de bosque se localizo en primer lugar hacia el noroccidente del área de estudio en la vereda Miraflores (límite entre Cumbal y Mallama) a una altitud que oscilaba entre los 2.700 a 3.500 m.s.n.m. y en Mallama en las partes altas de las microcuencas: Las Borrás, Pueblo Viejo, El Bosque, Primavera, Florida, El Chorrillo, El Presidio, El Chiflón, entre otras. Estas zonas mencionadas suman 1.103,59 has.

Por otro lado puntualmente en el municipio de Cumbal la mayor concentración de bosque fragmentado con un área total de 1.069,69 has a alturas entre 2.800 y 3.500 m.s.n.m., se ubicaba al noroccidente del área de estudio en las partes altas de las microcuencas: Agua Tibia, Las Cueras, Guastar, Los Pilches y el Pistejo, además de los ríos Negro y Tambo. En este sentido también fue importante una zona de bosque fragmentado de 418,99 has sobre cauces que drenan sus aguas de este a oeste hacia al rio El Tambillo, en cotas entre los 3.400 y 3.600 m.s.n.m.

Siguiendo con la cobertura de bosque fragmentado en el área de estudio para 1997, también se evidenciaron un total de zonas que llegaron a sobrepasar las 200 has, como al oriente del volcán Cumbal en las vertientes del valle de la quebrada el London con 110,64 has, en el extremo suroccidental del área de estudio entre los 3.000 y 3.400 m.s.n.m. con 437,35 has, donde en 1987 era bosque denso y parte alta de la microcuenca el Cerro afluente del rio Blanco con 58,20 has.

Finalmente en el municipio de Guachucal se ubicaban pequeñas zonas de bosque fragmentado como en las partes altas de las microcuencas: Yamana, Simancas y Guasaquer, además de las partes medias de las microcuencas El Cristo y La Chorrera y por ultimo en el cerro Colimba en el costado noroccidental del área de estudio entre 3.500 y 3.600 m.s.n.m. Con respecto a la extensión de estas últimas zonas mencionadas en Guachucal, se hablaba de una superficie en total cercana a las 100 has.

6.5.8 Arbustos y matorrales (BNam1). Esta cobertura vegetal no es tan representativa, puesto que abarca una extensión de 97,63 has que no superan el 1% del área de estudio. Con relación al año de 1987 estos arbustos y matorrales en 1997 decrecieron en 49,06 has, aunque este cambio no es tan importante por la mínima extensión de esta cobertura con respecto a otras. La ubicación de esta unidad fue evidente en el límite noroccidental del área de estudio, más específicamente al occidente del cerro de la Cruz en la vereda Miraflores (límite entre Cumbal y Mallama) con 64,66 has y en la esquina suroccidental en el Resguardo de Mayasquer (Cumbal) con 32,96 has, donde estos matorrales interrumpen levemente la continuidad de bosque denso, debido a posibles procesos de intervención humana.

6.5.9 Bosques achaparrados de páramo (BNam2). Esta unidad de cobertura en el área de estudio al igual que en 1987, para 1997 se mantuvo estable en la cual equivalía al 1,46% y se ubicaba en zonas como: al oriente y sur del volcán Cumbal entre los 3.600 y 3.800 m.s.n.m. en sectores como: microcuenca el Pistejo y en las partes altas del valle de la quebrada El Hondon y microcuenca el Cerro con un área total de 225,34 has. También este tipo de bosque se pudo evidenciar al sur del área de estudio en sus límites, específicamente en el cerro Colorado con 77,8 has en la cotas de 3.800 y 3.900 m.s.n.m.

Por otra parte en lo que respecta al municipio de Guachucal en los límites con Cumbal, este tipo de bosque con un total de 229,99 has, se encontraba al noroccidente y norte de la laguna de Cumbal entre los 3.500 y 3.600 m.s.n.m.

6.5.10 Vegetación de páramo (BNap). La cobertura de páramo principalmente de tipo frailejónal y pajónal, siguió siendo la más representativa en el área de estudio con una superficie de 13.734,15 has que equivalían al 37%, a diferencia de las 14.673,32 has que existían en 1987, la cual significó una disminución de 939,17 has. Por tanto de las 13.734,15 has de páramo que existían en 1997, se destacan principalmente dos zonas: la primera en el volcán Cumbal a partir de los 3.500 m.s.n.m., con 7.670,32 has al suroriente y centro del área de estudio. La otra zona representativa con 5.265,25 has se encontraba más al nororiente abarcando sectores como loma La Yegua, Alto Nascar y Alto Peña Colorada (límites entre Cumbal y Guachucal), loma Las Lenguetas (límite entre Mallama y Guachucal) y Pueblo viejo y Chambú (Mallama). En cuanto a los niveles altitudinales de esta última zona varían entre los 3.200 y 3.800 m.s.n.m.

Por otra parte siguiendo con las coberturas de páramo, también fueron importantes zonas como: al noroccidente del área de estudio con 87,19 has hacia el sur de Miraflores (Cumbal), al sur oriente de la laguna de Cumbal con 208,84 has a partir de 3.500 m.s.n.m. y en el cerro Colimba en Guachucal a partir de los 3.300 m.s.n.m. con 116,08 has.

6.5.11 Vegetación rupícola (BNar). Este tipo de vegetación con relación a 1987 decreció en apenas 17,24 has, por lo que para 1997 presentaba 573,08 has que equivalían al 1,45% del área de estudio. En cuanto a localización, la vegetación rupícola con 308,71

has fue importante en la cima del volcán Cumbal bordeando la cota de 4.100 m.s.n.m. en la vereda Quilismal y hacia el sur (límites del área de estudio) en el cerro Colorado entre los 3.700 y 4.200 m.s.n.m. con 255,62 has, donde también es límite de los resguardos de Gran Cumbal y Mayasquer (Cumbal).

6.5.12 Afloramiento rocoso (BNrr). Esta cobertura, únicamente localizada en la cima del volcán Cumbal desde los 3.800 m.s.n.m. y con una extensión de 860,48 has equivalentes al 2% del área de estudio, presentó un leve incremento de 19,59 has con respecto al año 1987.

6.5.13 Turberas (AHct) Estas coberturas con una extensión de 503,43 has que indicaron el 1,36% del área de estudio, se incrementaron en 14,92 has, con respecto al año de 1987. Esta unidad se localizaba básicamente en dos zonas: la primera al norte, sur y occidente de la laguna de Cumbal con 370,47 has en total a 3.500 m.s.n.m. La otra zona donde habían turberas fue en la parte alta de la microcuenca Río Blanco al suroriente del volcán Cumbal entre los 3.500 y 3.700 m.s.n.m. y un área total de 132,95 has.

6.5.14 Lagunas (SAcl). Esta cobertura en el área de estudio comprendía únicamente la laguna de Cumbal o la Bolsa, ubicada en el centro-oriente en la microcuenca del mismo nombre, con un área de 213,59 has que representaban el 0,57%. En esta laguna se presentó un incremento casi imperceptible de 0,68 has en relación al año de 1987.

6.6 COBERTURA DEL SUELO, AÑO 2009

Esta caracterización para el área de estudio se realizó según el mapa de cobertura actual de 2009 a escala 1:50.000 (Anexo G), generado a partir de la interpretación y procesamiento de las imágenes satelitales ASTER de 2007 y 2009, al igual que variada información secundaria y primaria que implicó la participación de la comunidad. Por tal motivo en la tabla 12 se consignan los 13 tipos de cobertura e información respectiva al nivel al que pertenecen de acuerdo a la metodología Corine Land Cover adaptada para este estudio, código y color de identificación cartográfica, área y porcentaje que abarcan en la zona de estudio. En consideración se observa la relevancia en primer lugar de las coberturas naturales como: la vegetación de páramo, el bosque denso y el bosque fragmentado, las cuales decrecieron con respecto a 1997 en 372,17, 257,77 y 1.250,23 has respectivamente. Por otra parte entre las coberturas asociadas a labores productivas, fueron importantes en su orden el mosaico de pastos y cultivos, el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y los pastos limpios los cuales aumentaron de manera importante sus áreas en 785,92, 918,81 y 832,19 respectivamente.

Considerando lo anterior las seis coberturas principales en la actualidad abarcan un área total de 33.994,32 has, con respecto a las siete coberturas restantes que sumaron 2.925,14 has y que son relativamente más pequeñas.

Tabla 12. Cobertura del suelo 2009

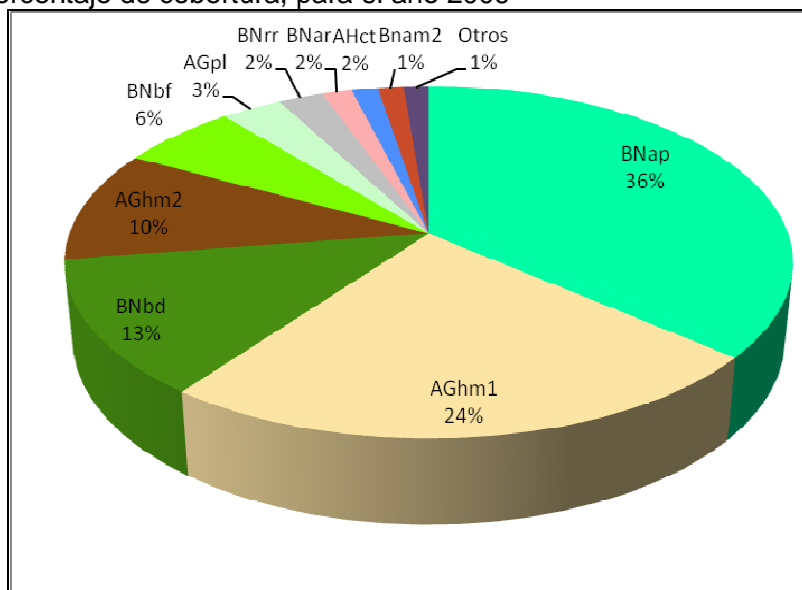
Cobertura			Código	Área (has)	%
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3			
Territorios artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	TAuc	94,77	0,25
Territorios agrícolas	Pastos	Pastos limpios	AGpl	1.169,25	3,16
	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de pastos y cultivos	AGhm1	8.841,33	23,94
		Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	AGhm2	3.767,15	10,20
Bosques y áreas seminaturales	Bosques	Bosque natural denso	BNbd	4.613,67	12,49
		Bosque natural fragmentado	BNbf	2.240,94	6,06
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Arbustos y matorrales (bosques chaparros)	BNam1	167,39	0,45
		Bosques achaparrados de páramo	BNam2	496,82	1,34
		Vegetación de páramo	BNap	13.361,98	36,19
		Vegetación rupícola	BNar	574	1,55
	Áreas abiertas sin o con poca vegetación	Afloramiento rocoso	BNrr	862,27	2,33
Áreas húmedas	Áreas húmedas continentales	Turberas	AHct	505,30	1,36
Superficies de agua	Aguas continentales	Lagunas	SAcl	224,59	0,60
Total				36.919,46	100

FUENTE. Esta investigación

Con respecto a la anterior tabla a continuación en la figura 49 se muestran los porcentajes de área superiores al 1%, todas las categorías con porcentajes inferiores a 1 se las agrupo en otros. En este sentido se visualiza el dominio de las coberturas de vegetación de páramo con 13.361,98 has y los bosques: denso con 4.613,67 has y fragmentado con 2.240,94 has, que en relación a 1997 tuvieron disminuciones sustanciales de 372,17, 257,77 has y 1.250,23 has respectivamente. Los territorios agrícolas, los de mayor área fueron: en primer lugar el mosaico de pastos y cultivos con 8.841,33 has y el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con 3.767,15 has, los cuales presentaron importantes aumentos de 785,92 y 918,81 has respectivamente. Además en lo referido a pastos limpios fue sobresaliente el notable aumento con respecto a 1997 de 832,19 has, por lo que para la actualidad presentan 1.169,25 has.

Por otro lado, las siete coberturas secundarias relativamente pequeñas al área de estudio, están por debajo de las 863 has, así mismo presentaron principalmente aumentos relativos con respecto al año de 1997. También es importante mencionar como en la zona de Miraflores (Cumbal), el mosaico de pastos con espacios naturales no existe en la actualidad, ya que este mosaico respecto al años inmediatamente anterior cambio a pastos limpios.

Figura 49. Porcentaje de cobertura, para el año 2009



FUENTE. Esta investigación

6.6.1 Tejido urbano continuo (TAuc). Esta cobertura con relación al año de 1997 se incremento en 26,11 has, por lo que en la actualidad presenta un área de 94,77 has que equivalen al 0,25% del total de la zona de estudio. En este sentido se habla de la zona urbana del municipio de Cumbal como se observa en la figura 50, ubicada en el resguardo de Gran Cumbal en el extremo suroriental del área de estudio. Ésta zona cuenta en su mayoría con la infraestructura de Servicios Públicos necesarios, además de la infraestructura vial necesaria y edificaciones de diverso tipo además de esto posee procesos de urbanización y áreas consolidadas con edificación.

De acuerdo al EOT de Cumbal en su diagnostico urbano (2008)⁸⁴, el área urbana tiene 158 manzanas de forma regular cuadrada y rectangular en las cuales se ubican un promedio de 1.300 predios; la población está dividida en 24 barrios (11 barrios y 13 urbanizaciones) aproximadamente y su número aproximado de habitantes es de 7.514 según el DANE (2005). El espacio urbano de Cumbal es el lugar donde funcionan toda la parte administrativa del municipio, y se manejan diversas actividades: educativas, salud, comerciales institucionales, etc.

En referencia a lo anterior, la población del área urbana de Cumbal se ha desarrollado en tres áreas especiales: La primera se localiza en el sector Pueblo Viejo con el replomamiento posterior al Terremoto de 1923; una segunda área de desarrollo urbano se

⁸⁴ ALCALDIA MUNICIPAL DE CUMBAL. Esquema de ordenamiento territorial, diagnostico urbano. 2008. p. 286

localiza en una superficie plana y un tercer sector que se ubica entre las dos anteriores, en inmediaciones del Río Chiquito.

Figura 50. Zona urbana del municipio de Cumbal



FUENTE. Esquema de ordenamiento del municipio de Cumbal (2008)

6.6.2 Pastos limpios (AGpl). Esta unidad de cobertura con relación a 1997 en la actualidad presenta un incremento de 832,19 has, ya que posee un área de 1.169,25 has que equivalen al 3% de la zona de estudio. Este tipo de territorio agrícola comprende tierras ocupadas por pastos con un alto porcentaje de cubrimiento, respecto a otros estratos vegetales arbustivos o arbóreos, por lo que su uso está principalmente asociado a actividades ganaderas. Por tal motivo en lo que concierne a Cumbal los sectores donde se localizan estas zonas de pastos son en primer lugar: la vereda de Miraflores al noroccidente del área de estudio con 819,16 has, además de pequeñas zonas en el extremo suroriental que suman un total de 194,32 has que incluyen sitios como la vereda Cuaical y quebrada La Canterana.

En lo que respecta al municipio de Guachucal esta cobertura con un área total de 244,96 has se localiza al suroriente del cerro Colimba en la microcuenca Chapud entre los 3.100 y 3.200 m.s.n.m. como se muestra en la figura 51, partes altas de las microcuencas La Chorrera, Maipud y La Arenosa y parte baja de la quebrada Cayapas (límite entre Guachucal y Cumbal).

Figura 51. Pastos limpios al suroriente del cerro Colimba (Guachucal)



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

6.6.3 Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1). Esta cobertura en la actualidad presenta un área de 8.841,33 has que equivalen al 24%, ya que se incremento en 785,92 has en relación al año de 1997. La unidad en el área de estudio comprende zonas de pastos con vocación ganadera en intercalaciones con cultivos característicos del área como: papa, haba, alverja, hortalizas, entre otros. La zona más representativa con 8.680,73 has entre los 3.100 y 3.500 m.s.n.m. es la localizada en el centro-oriente del área de estudio entre Cumbal, Guachucal y Mallama, este último municipio con una mínima proporción de esta cobertura.

Considerando lo anterior, en el municipio de Cumbal el mosaico de pastos y cultivos se localiza en el resguardo de Gran Cumbal en la microcuenca del río El Tambillo como en algunos tributarios que drenan sus aguas de oriente a occidente hacia este río, aparte de otros afluentes como las quebradas El Pistejo y La Puerta. Además este mosaico se ubica también en sectores como: Llano Grande, Ravila, Pequeño Refugio al sur de la laguna de Cumbal y Puerta Vieja, La Ortiga, Romerillo, La Escalera, Tasmag, Cuaical, Guan, entre otros, en los límites del área de estudio hacia el sur (Figura 52).

Por otro lado, en lo que respecta al municipio de Guachucal este tipo de cobertura se extiende desde el corregimiento de San Diego de Muallamues en veredas como: Guan Comunidad, Romerillo, Guan Puente Alto, Tula, Poliza, entre otras, y sigue extendiéndose hasta el corregimiento de Colimba en sitios como: veredas Quetambu, Tolepaja y Chimagual y cerro Colimba desde los 3.200 m.s.n.m. Finalmente en el municipio de Mallama esta cobertura se evidencia en mínima proporción en las microcuencas el Amarillo y Honda, además de un área de 112,17 al noroccidente del área de estudio en sus límites, en la parte alta de la microcuenca El Tablón.

De esta manera el mosaico de pastos y cultivos son áreas principalmente de producción agropecuaria asociada evidentemente a la ampliación de la frontera agrícola hacia las áreas paramunas principalmente y zonas de bosque.

Figura 52. Mosaico de pastos y cultivo, limites del área de estudio, hacia el sur



Fuente. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

6.6.4 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2). Este otro tipo de mosaico en relación a 1997 se incremento en 918,81 has, por lo que actualmente tiene 3.767,15 has que representan el 10% del área de estudio. Esta cobertura caracterizada por presentar tierras que han sufrido una evidente intervención antropica, producto de modificar la vegetación nativa con fines productivos pecuarios y agrícolas, manifiesta cultivos de piso termico frio y templado, áreas de pastos y relictos boscosos. Por tanto, actualmente existen dos zonas representativas: la primera ubicada en el municipio de Mallama al norte del área de estudio en veredas como Pueblo Viejo (Figura 53), El Paramillo, Chambu, El Guabo, El Verde, entre otras, en la cual suman una extensión total de 1.827,96 has, entre los 2.700 y 3.300 m.s.n.m.,

La otra zona que se destaca por este tipo de cobertura queda ubicada en el municipio de Cumbal al occidente del área de estudio, sobre la microcuenca del rio Negro en afluentes como las quebradas Agua Tibia, La Aguada, Pilches y Las Cueras, además de el cerro de la Cruz y zonas aledañas a la vereda Miraflores mas al noroccidente, con un área total de 1.938,34 has, entre los 2.800 a 3.400 m.s.n.m.

Figura 53. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, en la vereda Pueblo Viejo (Mallama)

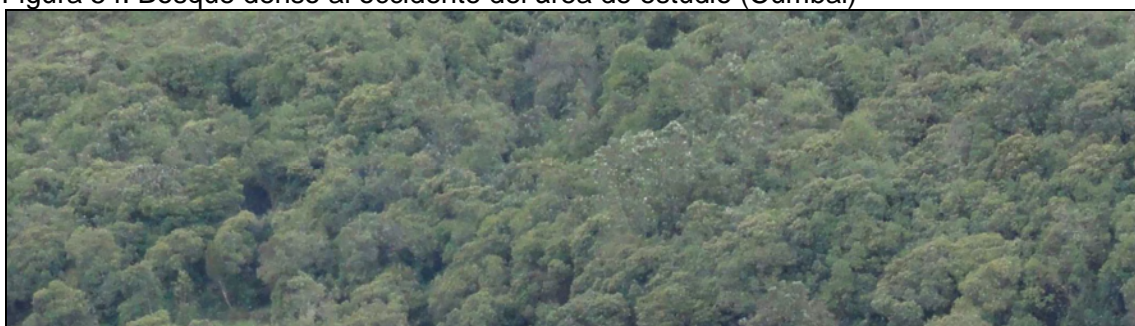


Fuente. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

6.6.5 Bosque natural denso (BNbd). Esta unidad de cobertura en relación a 1997 se disminuyó en 254,77 has, por lo que actualmente tiene 4.613,67 has que equivalen al 13% del área de estudio. En consecuencia estos bosques con una amplia biodiversidad de especies de flora y fauna, están constituidos por una cobertura vegetal arbórea de gran porte, en la cual no han sido intervenidos de manera continua, debido a su difícil acceso traducido en ausencia de vías adecuadas de penetración, por lo que la población que se asienta en estos lugares es muy reducida, aunque ha sido suficiente para desarrollar posibles procesos de intervención, en la que las especies arbóreas o leñosas son utilizadas como fuentes de materia prima para la construcción y como fuente energética.

Con respecto a la ubicación del bosque denso en el área de estudio, son evidentes dos zonas que con relación a los años anteriores, han mantenido sus áreas relativamente constantes: la primera con 1.639,37 has es en el extremo noroccidental entre Cumbal y Mallama entre los 2.700 (límite del área de estudio) y 3.300 m.s.n.m., por lo que se encuentran nacimientos de algunas quebradas como: Honda, El Carmen y El Chiflón que drenan sus aguas hacia el municipio de Mallama. La otra zona de bosque denso es la representada por una franja de 2.974,06 has entre los 2.800 y 3.400 m.s.n.m., localiza al occidente del área de estudio, entre los resguardos de Gran Cumbal y Mayasquer (Cumbal), (Figura 54).

Figura 54. Bosque denso al occidente del área de estudio (Cumbal)



Fuente. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

6.6.6 Bosque natural fragmentado (BNbf). Este tipo de cobertura en la actualidad tiene un área de 2.240,94 has que representan el 6% del total del área de estudio, producto de la disminución significativa de 1.250,23 has que sufrió en relación a 1997. En este sentido, esta unidad de cobertura en la zona de estudio son territorios cubiertos de bosques naturales densos y abiertos cuya continuidad de extensión se ve interrumpida por la inclusión de coberturas de pastos y cultivos principalmente. En la actualidad el bosque fragmentado se distribuye en primer lugar en Mallama (norte del área de estudio) con un área de 282,45 has, en sitios como: las microcuencas Las Borrás, Pueblo Viejo, Primavera, El Bosque y vereda El Paramillo.

Por otra parte en el municipio de Cumbal esta unidad de cobertura se ubica al noroccidente del área de estudio en la zona de Miraflores (límite entre Cumbal y Mallama) con un área de 758,43 has, entre los 2.700 a 3.500 m.s.n.m. También este bosque se evidencia sobre cauces que drenan sus aguas de este a oeste hacia el río El Tambillo, entre las cotas 3.400 y 3.600 m.s.n.m. Así mismo la cobertura de bosque fragmentado en Cumbal, se observa en zonas importantes como: las vertientes del valle de la quebrada El Hondon con 120,46 has (figura 55), parte alta de la quebrada el Cerro afluente del río

Blanco con 60,07 has y en el extremo suroccidental del área de estudio entre los 3.000 y 3.500 m.s.n.m. con 511,07 has de extensión.

Finalmente en lo que respecta al municipio de Guachucal, el bosque fragmentado se evidencia con pequeñas zonas la cuales suman un área total de 105,23 has, al noroccidente del cerro Colimba entre 3.500 y 3.600 m.s.n.m. y en las microcuencas Quetambu, Guasquer, La Chorrera y Simancas.

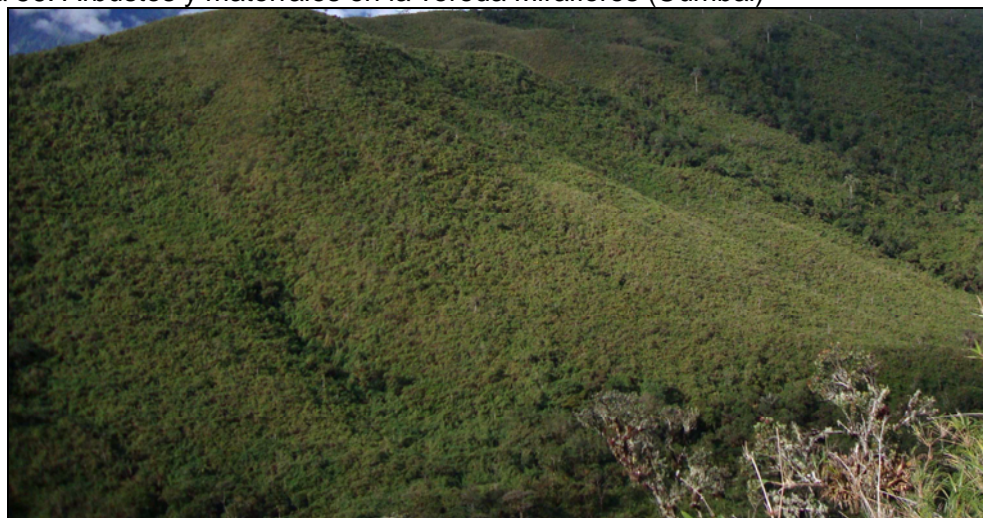
Figura 55. Bosque fragmentado en las vertientes del valle de la quebrada El Hondon (Cumbal)



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

6.6.7 Arbustos y matorrales (BNam1). Esta cobertura vegetal en la actualidad tiene un área de 167,39 has que no llega al 1% del total de la zona de estudio, aunque se incremento en 69,76 has en relación al año 1997. Los matorrales resultado de posible intervención antropica se ubican al noroccidente del área de estudio, más específicamente en la vereda Miraflores (límites entre Cumbal y Mallama) con 122,93 has, como se observa en la figura 56, y en la esquina suroccidental en el Resguardo de Mayasquer (Cumbal) con 51,42 has, donde estos matorrales interrumpen levemente la continuidad del bosque denso Esta unidad en general en el área de estudio se ubica en cotas entre los 2.700 a 3.200 m.s.n.m.

Figura 56. Arbustos y matorrales en la vereda Miraflores (Cumbal)



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

6.5.8 Bosques achaparrados de páramo (BNam2). Esta unidad de cobertura en la actualidad tiene un área de 496,82 has, que equivalen al 1% del total de la zona de estudio, con una disminución de 42,32 has, con respecto a 1997. Este tipo de bosque en el área de estudio se ubica en zonas como: al oriente y sur del volcán Cumbal entre los 3.600 y 3.800 m.s.n.m. en sectores como: microcuenca el Pistejo y en las partes altas del valle de la quebrada El Hondon y microcuenca el Cerro con un área total de 225,29 has. Además se observa al sur del área de estudio en sus límites, específicamente en el cerro Colorado con 77,39 has en la cotas de 3.800 y 3.900 m.s.n.m.

Por otra parte en lo que respecta al municipio de Guachucal en los límites con Cumbal, este tipo de bosque con un total de 188,13 has, se localiza al noroccidente (Figura 57) y norte de la laguna de Cumbal entre los 3.500 y 3.600 m.s.n.m.

Figura 57. Bosques achaparrados de páramo en la loma La Yuegua, al noroccidente de la laguna de Cumbal



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Narváez. (2011)

6.6.9 Vegetación de páramo (BNap). La cobertura de páramo principalmente de tipo frailejonal y pajonal con respecto a 1997 se disminuyó en 372,17 has, por lo que en la actualidad tiene 13.361,98 has que equivalen al 36% del área de estudio, siendo la más representativa entre las 12 coberturas restantes. Por tanto esta unidad se observa principalmente en dos zonas: la primera alrededor del volcán Cumbal a partir de los 3.500 m.s.n.m., como en el flanco occidental límites con el bosque denso y el flanco oriental como se observa en la figura 58, con 7.291,32 has al suroriente y centro del área de estudio. La otra zona importante con 5.240,26 has, entre los 3.200 y 3.800 m.s.n.m. se encuentra más al nororiente abarcando sectores como loma La Yuegua, Alto Nascar y Alto Peña Colorada (límites entre Cumbal y Guachucal), loma Las Lenguetas (límites entre Mallama y Guachucal) y Pueblo viejo y Chambú (Mallama).

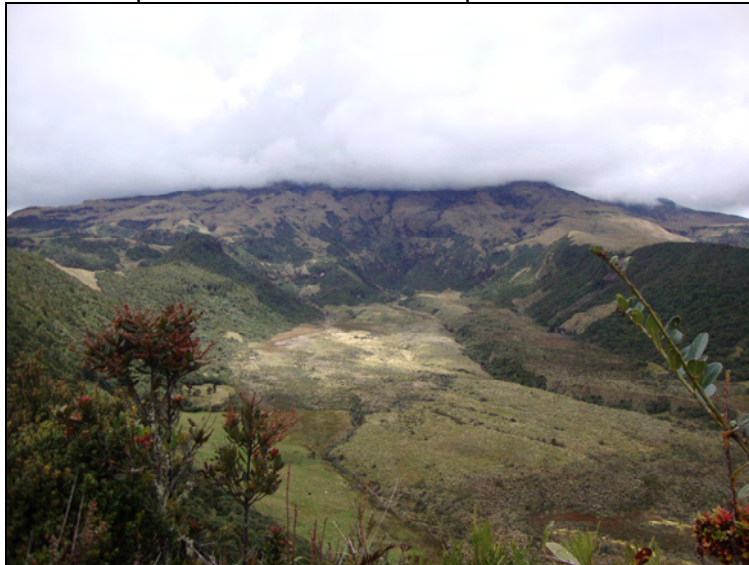
Por otra parte y siguiendo con las coberturas de páramo, también son importantes en primer lugar una zona de 349,07 has al sur de Miraflores, en la parte alta de la microcuenca río Negro; al sur oriente de la laguna de Cumbal con 183,60 has a partir de 3.500 m.s.n.m.; en el valle de la quebrada El Hondón con 95,22 has (Figura 59) y en el cerro Colimba en Guachucal a partir de los 3.300 m.s.n.m con 116,08 has.

Figura 58. Vegetación de páramo, en el flanco oriental del volcán Cumbal vereda Qulismal



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

Figura 59. Vegetación de páramo, en el valle de la quebrada El Hondon



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

6.6.10 Vegetación rupícola (BNar). Este tipo de vegetación con relación a 1997 no presento un cambio significado, por lo que mantuvo casi la misma área, teniendo en la actualidad 574 has equivalentes al 2% del área de estudio. En cuanto a la localización, la vegetación rupícola con 318,84 has es importante en la cima del volcán Cumbal

bordeando la cota de 4.100 m.s.n.m., como la vereda Quilismal hacia el oriente (Figura 60) y en el cerro Colorado entre los 3.700 y 4.200 m.s.n.m. hacia el sur limites del área de estudio y de los resguardos de Gran Cumbal y Mayasquer (Cumbal) con 244,44 has.

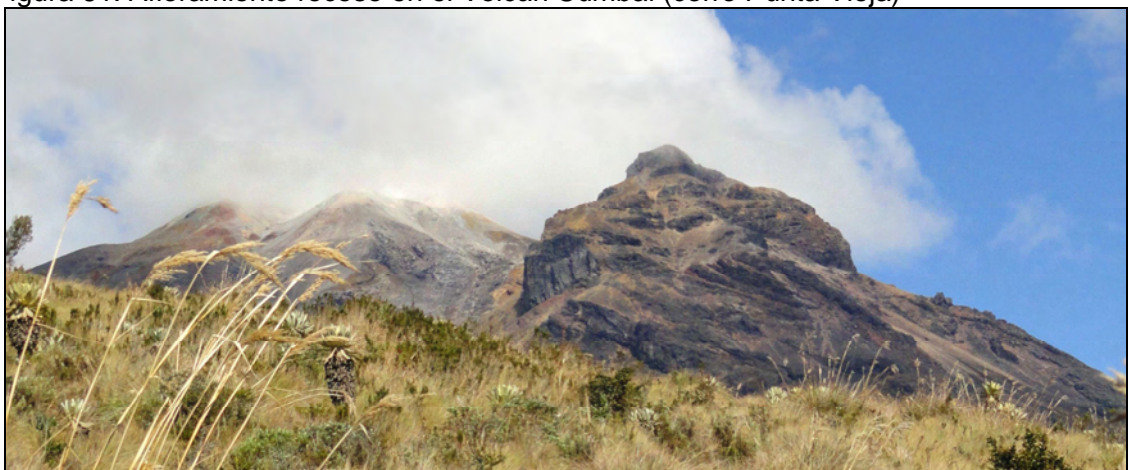
Figura 60. Vegetación rupícola en el flanco oriental del volcán Cumbal, vereda Quilismal



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Narváez. (2011)

6.6.11 Afloramiento rocoso (BNrr). Esta cobertura, como se observa en la figura 61, únicamente se localiza en la cima del volcán Cumbal desde los 4,300 m.s.n.m., a excepción del norte donde esta unidad se la identifica desde los 3.800 m.s.n.m., con respecto al año anterior presento un incremento no tan notorio de 1,79 has, ya que en la actualidad posee un extensión de 862,27 has que equivalente al 2% del área de estudio.

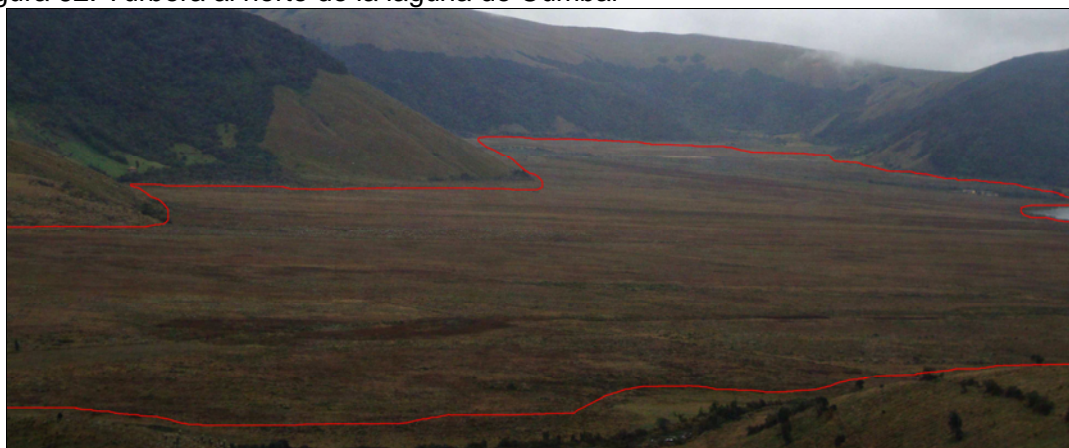
Figura 61. Afloramiento rocoso en el Volcán Cumbal (cerro Punta Vieja)



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Narváez. (2011)

6.6.12 Turberas (AHct) Estas coberturas tienen la actualidad un área de 505,30 has que equivalen al 1% del área de estudio, con relación al año de 1997 cuando presentaban un área de 503,43 has, significando un mínimo incrementaron de 1,87 has. Las turberas se localizan en el área de estudio en dos zonas: la primera al norte y occidente de la laguna de Cumbal con 365,17 has a 3.500 m.s.n.m., como se observa en la figura 62. La otra zona donde se localiza esta unidad de cobertura es en las partes altas de las microcuencas Rio Blanco y Rio Negro al suroriente del volcán Cumbal, a una altura entre los 3.500 y 3.700 m.s.n.m. y un área de 140,13 has (Figura 63).

Figura 62. Turbera al norte de la laguna de Cumbal



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Coral. (2011)

Figura 63. Turberas al suroriente del volcán Cumbal



FUENTE. Esta investigación. Fotografía: Germán Narváez. (2011)

6.6.13 Lagunas (SAcl). Esta cobertura en el área de estudio comprende únicamente la laguna de Cumbal o la Bolsa como se observa en las figuras 64 y 65, ubicada en la parte centro-oriental en la microcuenca del mismo nombre, con un área en la actualidad de 224,59 has que representan el 0,60%. En referencia a 1997 la laguna de Cumbal se incrementó en 11 has.

Figura 64. Laguna de Cumbal, al sur



Figura 65. Laguna de Cumbal, al norte



FUENTE. Esta investigación. Fotografías: Germán Coral. (2011)

6.7 TIPOS Y FACTORES DE CAMBIO EN LA COBERTURA DEL SUELO

6.7.1 TIPOS DE CAMBIO

Para el análisis de los diez tipos de cambio de la zona de estudio, fue importante considerar las definiciones, teniendo en cuenta los contextos en los cuales se desarrollaron, además de los tipos de cambio específicos que pudieron surgir. En este sentido también se tuvo en cuenta la información suministrada por la matriz de cambios (Figura 69) generada a través del software SIG y elaborada conjuntamente con el grupo de investigación (TERRA). Esta matriz de cambios es el resultado de la comparación de coberturas del suelo de las tres imágenes satelitales utilizadas (ASTER 2007 y 2009, Landsat 1987), donde se logró sus cruces, permitiendo ubicar con gran precisión las permanencias o transformaciones de las 14 coberturas a lo largo de 22 años (1987-2009).

Considerando lo anterior, esta matriz posee las 14 coberturas identificadas en los mapas resultantes de cobertura (1987, 1997 y 2009) para el área de estudio. Por tal motivo se generaron cruces, donde las unidades presentes en la columna se les fueron asignadas un tipo de cambio con su respectivo color de identificación cartográfica, en relación a las unidades de la fila. Además los cruces entre sí mismas resultaban sin cambios y hubo casos de no aplica refiriéndose a transformaciones de cobertura no lógicas. Para una mejor interpretación de la matriz, a continuación se muestran algunos ejemplos con unidades que presentaron áreas grandes, para así observar de una manera clara las relaciones de cobertura con sus respectivos tipos de cambio. En este sentido la flecha que se muestra en las siguientes figuras, indica la cobertura a la que cambia.

Por otra parte, es importante aclarar que las diferentes coberturas de suelo y posteriores cambios que se identificaron en el área de estudio, no tuvieron que ver tanto con el ecosistema como tal, ya que se quería observar únicamente la dinámica de estas unidades en cuanto a extensión, observando pérdidas y ganancias en un periodo de 20 años (1987-2009). Así mismo, los casos donde se presentaron o no cambios de cobertura, aplico únicamente para el área de estudio, significando que la matriz puede variar si se la genera para cualquier otra zona.

Figura 66, Cambio del mosaico de pastos y cultivos a pastos limpios por intervención pecuaria

Coberturas del suelo, Área de estudio	Tejido Urbano Continuo	Pastos Limpios	Mosaico de Pastos y Cultivos	Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios
Tejido Urbano Continuo	Sin Cambios	No aplica	No aplica	No aplica
Pastos Limpios	Urbanización	Sin Cambios	Intervención Agropecuaria	No aplica
Mosaico de Pastos y Cultivos	Urbanización	Intervención Pecuaria	Sin Cambios	No aplica
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Sin Cambios

FUENTE. Esta investigación

Figura 67, cambio del bosque natural denso a bosque natural fragmentado por intervención multipropósito con deforestación

Coberturas del suelo, Área de estudio	Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios	Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	Bosque Natural Denso	Bosque Natural Fragmentado
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	Sin Cambios	Intervención Pecuaria	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	Intervención Agropecuaria	Sin Cambios	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración
Bosque Natural Denso	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Sin Cambios	Intervención Multipropósito con Deforestación

FUENTE. Esta investigación

Figura 68, cambio de la vegetación de páramo a mosaico de pasto y cultivos por intervención agropecuaria

Coberturas del suelo, Área de estudio	Tejido Urbano Continuo	Pastos Limpios	Mosaico de Pastos y Cultivos	Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios
Vegetación de Páramo	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria
Vegetación Rupícola	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Afloramiento Rocoso	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Turberas	No aplica	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria

FUENTE. Esta investigación

Por otro lado, es importante aclarar que las hectáreas de los tipos de cambio (Tablas. 14, 16 y 19) no necesariamente coincidieron con las hectáreas de aumentos o disminuciones de cobertura (Tablas. 13, 15 y 18), presentadas en los periodos parciales (1987-1997 y 1997-2009) y total (1987-2009), ya que en cierta medida son comportamientos distintos. Por ejemplo unidades como los bosques y la vegetación de páramo ocurrió que perdieron mucho más de lo que ganaron por regeneración/restauración y páramización respectivamente. Tal es así, que en primer lugar los bosques entre 1987 y 1997 perdieron 1.118,34 has y únicamente se regeneraron 246,17 has y para el periodo 1997 y 2009 perdieron 1.505 has y hubo una regeneración de 367,05 has. En este sentido se puede concluir que prima el cambio más representativo, que en este caso es la disminución, ya que los bosques en cada periodo perdieron casi tres veces en relación a lo que ganaron.

Considerando lo anterior, pero para el caso de la vegetación de páramo fue importante el periodo 1987-1997, ya que perdió 939,17 has y mediante procesos de paramización y regeneración de vegetación de páramo, esta unidad de cobertura ganó 157,43 has, cifra relativamente baja, en comparación a lo que disminuyó que fue seis veces más. En términos generales la dinámica de los tipos de cobertura en relación a las categorías de cambio a lo largo de 22 años, en ciertos casos ha sido irregular en cuanto a pérdida y ganancia. Finalmente para citar un ejemplo de aumento uniforme, fue importante lo sucedido en la zona urbana de Cumbal, la cual en los periodos parciales (1987-1997 y 1997-2009) hubieron aumentos paulatinos de 17,98 y 26,11 has, que generaron al final (periodo total 1987-2009) una sumatoria equivalente a 44,09 has que coincidieron con el tipo de cambio, que para este caso fue la urbanización.

Figura 69. Matriz de cambios de cobertura del suelo

Coberturas del suelo, Área de estudio	Tejido Urbano Continuo	Pastos Limpios	Pastos Limpios Cultivos	Mosaico de Pastos y Cultivos	Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios	Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	Bosque Natural Denso	Bosque Natural Fragmentado	Arbustos y Matorrales	Bosques Achaparrados de Páramo	Vegetación de Páramo	Vegetación Rupícola	Afloramiento Rocoso	Turberas	Lagunas	
Tejido Urbano Continuo	Sin Cambios	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	
Pastos Limpios	Urbanización	Sin Cambios	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	No aplica	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración veg de páramo	No aplica	Erosión	Anegamiento	Anegamiento	
Mosaico de Pastos y Cultivos	Urbanización	Intervención Pecuaria	Sin Cambios	No aplica	No aplica	No aplica	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración veg de páramo	No aplica	Erosión	Anegamiento	Anegamiento	
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Sin Cambios	Intervención Pecuaria	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Paramización	No aplica	Erosión	Anegamiento	Anegamiento	
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Sin Cambios	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Paramización	No aplica	Erosión	Anegamiento	Anegamiento	
Bosque Natural Denso	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Sin Cambios	Intervención Multipropósito con establecimiento	No aplica	Intervención Multipropósito con deforestación	Paramización	No aplica	Erosión	No aplica	No aplica	
Bosque Natural Fragmentado	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Regeneración / Restauración	Sin Cambios	Intervención Multipropósito con deforestación	Intervención Multipropósito con deforestación	Paramización	No aplica	Erosión	No aplica	No aplica	
Arbustos y Matorrales	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Sin Cambios	No aplica	Paramización	No aplica	Erosión	No aplica	Anegamiento	
Bosques Achaparrados de Páramo	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	Regeneración / Restauración	Regeneración / Restauración	Intervención Multipropósito con deforestación	Sin Cambios	Paramización	No aplica	Erosión	No aplica	Anegamiento	
Vegetación de Páramo	Urbanización	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Sin Cambios	No aplica	Erosión	Anegamiento	Anegamiento	
Vegetación Rupícola	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Paramización	Sin Cambios	Erosión	No aplica	No aplica	
Afloramiento Rocoso	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Regeneración / Restauración	Erosión	No aplica	No aplica	
Turberas	No aplica	Intervención Pecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Agropecuaria	Intervención Pecuaria	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Sedimentación	No aplica	Sin Cambios	Sin Cambios	Anegamiento	
Lagunas	No aplica	Sedimentación	Sedimentación	Sedimentación	Sedimentación	Sedimentación	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Sedimentación	No aplica	No aplica	No aplica	Sin Cambios	Sin Cambios

FUENTE. Esta investigación

6.7.1.1 Intervención agropecuaria. Este tipo de cambio en el área de estudio se desarrolló a lo largo del tiempo de manera permanente extendiéndose incluso hasta zonas de páramo donde se han realizado actividades de adecuación de la tierra para la agricultura en cultivos de piso térmico frío como la papa, además de la ganadería para la producción lechera principalmente. En este sentido como producto del proceso colonizador y de expansión de la frontera agropecuaria, la zona de estudio ha sufrido transformaciones que se manifiestan en la disminución de áreas frágiles, como las de alta montaña y la consecuente ampliación de áreas productivas. De esta forma la intervención agropecuaria como problemática ambiental ha ido en aumento afectando ecosistemas vulnerables sin el manejo adecuado. La dinámica de este cambio según la figura 69, se presentó de la siguiente manera.

- Pastos limpios, mosaico de pastos cultivos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, bosque denso, bosque fragmentado, arbustos y matorrales, bosques achaparrados, la vegetación de páramo y las turberas cambiaron a mosaico de pastos y cultivos,
- Mosaico de pastos con espacios naturales, bosque denso, bosque fragmentado, arbustos y matorrales, bosques achaparrados, la vegetación de páramo y las turberas cambiaron a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Con respecto a lo anterior, es claro afirmar que este tipo de cambio se refiere al desarrollo de las actividades en el sector agropecuario compuesto por el sector agrícola (agricultura) y el sector ganadero o pecuario (ganadería). Por tal motivo el desarrollo agropecuario comprende diferentes trabajos en el tratamiento del suelo para la siembra de cultivos y el pastoreo de ganado, involucrando las acciones humanas que transforman el medio ambiente natural, con el fin de hacerlo más apto para su producción.

6.7.1.2 Intervención multipropósito con deforestación. Este cambio dentro del área de estudio particularmente presentado en zonas de alta montaña, se traduce en la tala de bosques principalmente para la extracción de leña en menor escala.. En este sentido la intervención multipropósito con deforestación es el proceso de desaparición de zonas forestales (bosques), causada por la actividad humana, principalmente debido a las talas realizadas por habitantes de la zona para combustible. La dinámica de este cambio según la matriz se presentó así.

- Bosque denso cambió a bosque fragmentado.
- Bosque fragmentado y bosques achaparrados cambiaron a arbustos y matorrales.
- Bosques: denso y fragmentado cambiaron a bosques achaparrados.

En síntesis este tipo de cambio se define como la acción de despojar al terreno de sus árboles y plantas, es decir, es la destrucción de los bosques por la acción humana, para diversos propósitos. Con respecto a esto varias pueden ser las posibles causas de la destrucción de bosques primarios, entre ellas se encuentran la explotación forestal de pequeña escala, la transformación de los bosques en terrenos agrícolas, los incendios y la construcción de infraestructuras, como las viviendas.

6.7.1.3 Intervención pecuaria. En el contexto del área de estudio, este tipo de cambio también causa cierto desequilibrio ambiental, ya que se van transformando zonas

naturales para actividades ganaderas de tipo extensivo, donde se pudo identificar un renglón productivo que gira en torno a la industria de la leche, aunque también para el autoconsumo de familias campesinas e indígenas. En este sentido el comportamiento de este tipo de cambio se lo observó según la figura 69 de la siguiente manera.

- Mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, bosque denso, bosque fragmentado, arbustos y matorrales, bosques achaparrados de páramo y las turberas cambiaron a pastos limpios.
- Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales, bosque denso, bosque fragmentado, arbustos y matorrales, bosques achaparrados, páramo y las turberas cambiaron a mosaico de pastos con espacios naturales.

6.7.1.4 Regeneración/restauración. Este tipo de cambio en el área de estudio se presentó principalmente sobre zonas de bosque denso y fragmentado, por lo que después de haber sido intervenidas ya sea por actividades de adecuación del suelo para labores agrícolas y ganaderas, se regeneraron, de forma natural y antrópica como la reforestación. En este sentido según la figura 69, la dinámica de este cambio influyó sobre las siguientes coberturas.

- Mosaico de pastos y cultivos, mosaico de pastos cultivos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, bosque fragmentado, arbustos y matorrales y bosques achaparrados de páramo cambiaron a bosque denso.
- Pastos limpios, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de pastos cultivos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, arbustos y matorrales y bosques achaparrados de páramo cambiaron a bosque fragmentado.
- Pastos limpios, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de pastos cultivos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales cambiaron a arbustos y matorrales.
- Pastos limpios, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de pastos cultivos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales cambiaron a bosques achaparrados de páramo.
- Afloramiento rocoso cambió a vegetación rupícola.

En síntesis la regeneración/restauración se define como el restablecimiento o recuperación de manera natural o con intervención humana de la vegetación.

6.7.1.5 Páramización. En el contexto del área de estudio, este tipo de cambio afecta principalmente los bosques y áreas naturales que poseen vegetación boscosa, por lo que en sus dominios hay un proceso de colonización de especies propias del páramo que nunca habían existido, como resultado de la posible intervención que el ser humano a realizado. La dinámica de la páramización en el área de estudio según la figura 69, se presentó de la siguiente forma.

- Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, bosque denso, bosque fragmentado y bosques achaparrados de páramo

que cambiaron a vegetación de páramo.

Con respecto a lo anterior la páramización se refiere a la aparición de especies de páramo propiamente dicho, pertenecientes a las comunidades vegetales típicas del páramo, que transgreden sus límites altitudinales de distribución e invaden localidades anteriormente cubiertas con vegetación boscosa, por tal motivo con frecuencia es muy difícil establecer el límite original entre bosque y páramo, ya que en muchas partes el bosque superior ha desaparecido por la acción del hombre. Por otra parte, el tipo, la frecuencia y la intensidad con que se presente la intervención humana, habitualmente determinan también la páramización o los límites inferiores del páramo, bien sea por el reemplazo de este por plantaciones forestales o cultivos agrícolas o por la invasión de la cobertura páramuna en los sistemas alto andinos, dando origen a la formación del páramo antrópico.

6.7.1.6 Regeneración de la vegetación de páramo. Este tipo de regeneración para efectos del área de estudio, se refiere únicamente a la vegetación de páramo que en un momento determinado se perdió, pero tiempo después volvió a crecer. Por tal motivo estamos hablando de coberturas de páramo que cambiaron por otra unidad y que regresaron a su cobertura original. Según la matriz (Figura 69), este tipo de cambio se presentó de la siguiente manera.

- Los pastos limpios y el mosaico de pastos y cultivos cambiaron a vegetación de páramo

6.7.1.7 Anegamiento. Este tipo de cambio estacional en el contexto del área de estudio se presentó por el aumento de la laguna de Cumbal, debido a que sus suelos no absorbieron el agua resultado de los intensos periodos lluviosos. Además se presentó en zonas paramunas por el aumento del nivel freático (capa superior del agua subterránea) En este sentido, según la figura 69 la dinámica del anegamiento se presentó de la siguiente manera.

- Pastos limpios, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de pastos cultivos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales y la vegetación de páramo cambiaron a turberas.
- Pastos limpios, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de pastos cultivos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, arbustos y matorrales, bosques achaparrados, vegetación de páramo y las turberas cambiaron a cobertura de laguna

Teniendo en cuenta lo anterior, el anegamiento se lo puede definir como un fenómeno que se presenta cuando los suelos se encuentran sobresaturados de humedad. Por tal motivo los suelos no absorben el agua y entonces se presenta un anegamiento superficial cuya altura dependerá de la cantidad de agua precipitada.

6.7.1.8 Erosión. En el contexto del área de estudio la erosión es un tipo de cambio debido a acelerados procesos naturales (factores climatológicos) y antrópicos sobre los ecosistemas paramunos, originando posibles problemas ambientales como pérdida de vegetación, reservorios de agua y fertilidad de los suelos. En este sentido la erosión según la figura 69, se comportó de la siguiente forma.

- Pastos limpios, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de pastos cultivos y espacios

naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, bosques: denso, bosque fragmentado, arbustos y matorrales, bosques achaparrados, vegetación de páramo y vegetación rupícola los cuales cambiaron a afloramiento rocoso.

Con respecto a lo anterior, la erosión se la define como el arrastre de partículas que constituyen el suelo por la acción del agua en movimiento (fuentes hídricas) o por la acción del viento, tal es así que se presentan dos tipos de erosión: uno por origen natural donde influyen el clima, el relieve y la vegetación y otro tipo de erosión por origen antrópico, donde se encuentra el uso y manejo de los suelos, tenencia de la tierra y educación del mismo para labores agropecuarias.

6.7.1.9 Sedimentación. Este tipo de cambio en el contexto del área de estudio aunque leve, se presentó por la acumulación de partículas de tierra transportadas por las corrientes hídricas hacia zonas pantanosas, debido al movimiento del terreno traducido posiblemente en prácticas agropecuarias. Es así como la sedimentación, y según la matriz de cambios (Figura 69), se manifestó de la siguiente forma.

- Turberas cambiaron a vegetación de páramo.
- Laguna cambió a pastos limpios.
- Laguna cambió a mosaico de pastos y cultivos.
- Laguna cambió a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
- Laguna cambió a mosaico de pastos con espacios naturales.
- Laguna cambió a vegetación de páramo
- Laguna cambió a turberas.

Con respecto a lo anterior, la sedimentación se la puede definir como el proceso de acumulación de partículas de suelo después de haber sido erosionados y posteriormente transportados. Hay variadas causas que generan sedimentación en las zonas altoandinos, entre las cuales se encuentran la agricultura, ganadería y construcciones, las cuales incorporan sedimentos y contaminantes en las corrientes hídricas.

6.7.1.10 Urbanización. En el área de estudio, este tipo de cambio se presentó en zonas rurales cercanas al casco urbano del municipio de Cumbal, ya que poseen predios óptimos para uso urbano, para así dotarlos de toda la infraestructura adecuada, esto sumado además al crecimiento poblacional urbano, el cual es algo significativo. En este sentido, según la figura 69, la dinámica de este tipo de cambio se manifestó así.

- Los pastos limpios, mosaico de pastos y cultivos; mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, bosque denso, bosque fragmentado, arbustos y matorrales, bosques achaparrados y la vegetación de páramo cambiaron a tejido urbano continuo.

Considerando lo anterior la urbanización hace referencia a la [construcción](#) de viviendas que se lleva a cabo en un terreno a las afueras de una zona urbana, que ha sido previamente delimitado para tal fin, para proveerlo de todos aquellos servicios básicos, para luego poder ser habitado.

Teniendo en cuenta las definiciones anteriormente descritas de los tipos de cambio de cobertura del suelo ocurridos en la zona de estudio, a continuación se hace una descripción detallada de estos cambios con la identificación de factores para los periodos 1987-1997, 1997-2009 y 1987-2009, en orden, de acuerdo a los cambios de mayor superficie hacia los de menor superficie.

6.7.2 CAMBIOS PARCIALES DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERIODO 1987-1997

Esta caracterización para el área de estudio se realizó en base al mapa de cambios de 1987-1997 a escala 1:50.000 (Anexo H), generado a partir de los mapas de cobertura de 1987 y 1997, donde además se identificaron y analizaron los tipos y factores de cambio, producto principalmente del procesamiento de las imágenes satelitales y trabajo con grupos focales desarrollados con la comunidad. Por tal motivo y en primer lugar en la siguiente tabla se muestran las áreas correspondientes a cada cobertura y sus respectivos aumentos (+) y disminuciones (-), en el periodo comprendido entre 1987-1997.

Tabla 13. Tipos de cobertura y áreas correspondientes a los años 1987 y 1997, en el área de estudio

Coberturas	1987	1997	Aumento (+) o disminución (-) de área (has)
	Área (has)	Área (has)	
<i>Tejido urbano continuo (TAuc)</i>	50,68	68,66	17,98 (+)
<i>Pastos limpios (AGpl)</i>	912,12	337,06	575,06 (-)
<i>Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1)</i>	6.766,02	8.055,41	1.289,39 (+)
<i>Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2)</i>	1.561,71	2.848,34	1.286,63 (+)
<i>Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3) (AGhm3)</i>	672,30	728,88	56,58 (+)
<i>Bosque natural denso (BNbd)</i>	5.497,73	4.868,44	629,29 (-)
<i>Bosque natural fragmentado (BNbf)</i>	3.980,22	3.491,17	489,05 (-)
<i>Arbustos y matorrales (BNam1)</i>	146,69	97,63	49,06 (-)
<i>Bosques achaparrados de páramo (BNam2)</i>	526,04	539,14	13,1 (+)
<i>Vegetación de páramo (BNap)</i>	14.673,32	13.734,15	939,17 (-)
<i>Vegetación rupícola (BNar)</i>	590,32	573,08	17,24 (-)

Tabla 13 (Continuación)

<i>Afloramiento rocoso (BNrr)</i>	840,89	860,48	19,59 (+)
<i>Turberas (AHct)</i>	488,51	503,43	14,92 (+)
<i>Lagunas (SAcl)</i>	212,91	213,59	0,68 (+)
Total	36.919,46	36.919,46	

FUENTE. Esta investigación

De acuerdo a la tabla anterior puede observarse que entre 1987 y 1997 existió una disminución relativa de los pastos limpios en 575,06 has equivalentes al 63%, además del bosque denso y fragmentado y la vegetación de páramo, que presentaron disminuciones del 11, 12 y 6% respectivamente. De manera complementaria, la cobertura de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales presentó un incremento igualmente relativo del 82% traducido en 1.289,63 has, a diferencia del mosaico de pastos y cultivos el cual tuvo un incremento del 19%.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, la siguiente tabla muestra los tipos de cambios ocurridos sobre las coberturas del suelo antes mencionadas, por tal motivo se consignan: el tipo de cambio, área de cubrimiento con su respectivo color de identificación cartográfica y el porcentaje con respecto al total del área de estudio, donde es evidente que la intervención agropecuaria fue el cambio más importante con 2.970,91 has, área considerablemente alta con respecto al segundo en importancia como la intervención multipropósito con deforestación con 669,74 has. Como se observa además el resto de cambios no sobrepasaron las 250 has.

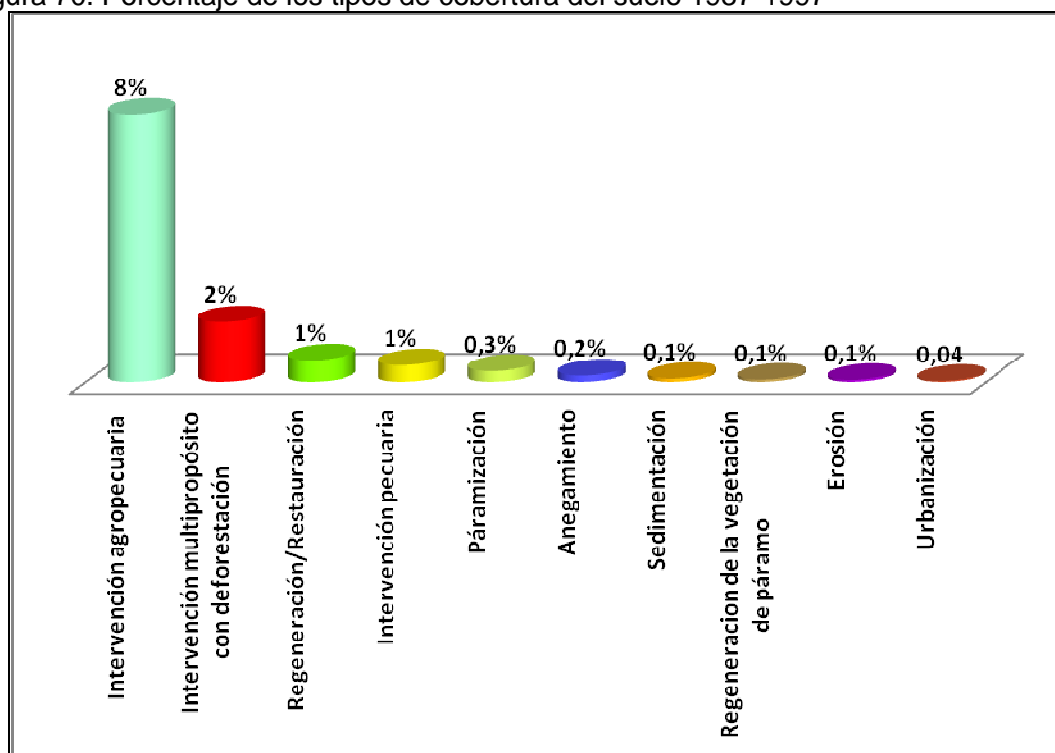
Tabla 14. Tipos de cambio sobre la cobertura del suelo 1987-1997

Tipo de cambio	Área (Has)	%
<i>Sin Cambios</i>	32.515,74	88,07
<i>Intervención agropecuaria</i>	2.970,91	8,04
<i>Intervención multipropósito con deforestación</i>	669,74	1,81
<i>Regeneración/Restauración</i>	246,17	0,66
<i>Intervención pecuaria</i>	191,18	0,51
<i>Páramización</i>	127,43	0,34
<i>Anegamiento</i>	76,91	0,2
<i>Sedimentación</i>	42,02	0,11
<i>Regeneración de la vegetación de páramo</i>	30	0,08
<i>Erosión</i>	28,44	0,07
<i>Urbanización</i>	17,98	0,04
Total	36.919,46	100

FUENTE. Esta investigación

De acuerdo a la tabla anterior a continuación en la figura 70, se muestra la representación de los porcentajes de área, en la cual de las 4.400,79 has en las que se presentaron cambios sobre la cobertura del suelo, el 8% perteneció a la intervención agropecuaria, seguida de intervención multipropósito con deforestación con el 2%, por otro lado el resto de cambios no sobrepasaron el 1%.

Figura 70. Porcentaje de los tipos de cobertura del suelo 1987-1997



FUENTE. Esta investigación

6.7.2.1 Intervención agropecuaria. En primer lugar, respecto al municipio de Cumbal, la intervención agropecuaria fue evidente en la vereda Miraflores al noroccidente de la zona de estudio, con un área de 749,14 has, en la cual las coberturas de bosque fragmentado y páramo cambiaron a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. Por otro lado se presentó en las microcuencas la Puerta y Tambillo, además de la vereda Llano Grande con 464,17 has, donde el páramo cambió a mosaico de pastos y cultivos y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. Hacia el sur del área de estudio en sus límites, en zonas como las microcuencas El Corral y El London y veredas La Ortiga y San Ignacio la intervención agropecuaria con un área de 196,07 has hizo que el páramo y el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales cambie a mosaico de pastos y cultivos. También en el municipio de Cumbal al suroriente del área de estudio, este tipo de intervención con un área de 304,43 has también se identificó en veredas como: Cuaical, Tasmag, Guanguisan, Pequeño Refugio, Romerillo, Guan y suroriente de la zona urbana de Cumbal, en la cual la cobertura de pastos limpios cambio a mosaico de pastos y cultivos.

En cuanto al municipio de Guachucal al oriente del área de estudio, la intervención agropecuaria fue importante en primer lugar en límites entre Guachucal y Cumbal con un área de 250,52 has en veredas del corregimiento de San Diego de Muallamués como: Piscanguer, Guan Comunidad y microcuenca Cayapas. Además este cambio se presentó en el corregimiento de Colimba más al norte con 272,66 has, en sitios como Chimagual, Quetambu y microcuencas: Las Curvas, Guasquer, Colimba y hacia el oriente del cerro Colimba entre los 3.000-3.300 m.s.n.m. En estos sectores mencionados del municipio de Guachucal, los pastos limpios cambiaron a mosaico de pastos y cultivos, que absorbieron

además zonas de páramo como fue el caso de la vereda Quetambú y cerro Colimba.

Finalmente en el municipio de Mallama al norte del área de estudio, la intervención agropecuaria se manifestó con un área de 621,17 has en sitios como: las microcuencas Chimagual y Honda (límites entre Mallama y Guachucal), la vereda Pueblo Viejo sobre las microcuencas La Chorrera Pueblo Viejo Y Las Borrás, así como también mas al occidente en las microcuencas: La Florida, Primavera, El Bosque, y las veredas El Paramillo, El Guabo y San José, donde principalmente la cobertura de bosque fragmentado cambio a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Los factores que incidieron para que se produzca esta intervención agropecuaria fueron en primer lugar el desmonte del bosque altoandino, para la extracción de leña destinada a las actividades domésticas asociadas a la preparación de alimentos de muchas familias campesinas y para la elaboración del aguardiente “chupil” y carbón, por lo que al respecto el señor Eliecer (vereda Miraflores-Cumbal), señaló en cuanto a causas del cambio de cobertura vegetal, fueron importantes el auge del chapil, el cual para su preparación requería deforestar muchas has de bosque para la extracción de leña, después. La instauración de las carboneras las cuales existen hace 60 años aproximadamente, aunque en la actualidad aun hay pero muy pocas.

Otro factor importante fue la propiedad en el cual fue importante la adquisición de grandes predios dedicados a la agricultura y ganadería como la hacienda El Laurel, al respecto el señor Salomón Chiral (Colimba-Guachucal) afirmo que los páramos y el monte han sufrido cambios importantes con el paso del tiempo debido a la posesión de tierras por parte de los terratenientes los cuales impedían la siembra a indígenas y campesinos en zonas bajas no teniendo otra opción que intervenir los ecosistemas de altamontaña, preparando el terreno para las practicas agropecuarias.

Así mismo, la recuperación de tierras fue otro factor influyente, ya que se las repartieron entre las familias indígenas de los diferentes resguardos, en donde poco a poco fueron construyendo sus ranchos de madera que la conseguían del bosque de los mismos predios. Además con el paso del tiempo ellos poco a poco fueron trabajando la tierra interviniendo zonas naturales, para prácticas agrícolas y ganaderas.

6.7.2.2 Intervención multipropósito con deforestación. Este tipo de cambio en el área de estudio básicamente se presentó en dos zonas: la primera y más importante en el extremo suroccidental (Cumbal-resguardo de Mayasquer) con una extensión de 341,03 has, en la parte alta de la quebrada Golondrinas entre los 3.000 y 3.500 m.s.n.m. La segunda zona hace referencia a la parte noroccidental del área de estudio, en la vereda Miraflores (límite entre Cumbal y Mallama) entre los 2.800 a 3.400 m.s.n.m. con 200,1 has. En estas dos zona se presentó un cambio del bosque denso a fragmentado.

Por otro lado, en el municipio de Mallama, este tipo de cambio también se logró identificar un pequeño sector de 25,51 has, a partir de los 2.700 m.s.n.m., en inmediaciones a la quebrada El Chiflón, donde también hay un cambio del bosque denso a fragmentado.

El factor que incidió para que se produzca intervención multipropósito con deforestación probablemente fue la tala y posterior utilización de leña y madera como recurso energético de muchas familias indígenas y campesinas que recurrían a las zonas de bosque denso o selva altoandina principalmente, que era de difícil acceso, con el ánimo

de extraer leña en pequeña escala para satisfacer necesidades asociadas a la preparación de alimentos.

6.7.2.3 Regeneración/restauración. Esta categoría se presentó principalmente al noroccidente del área de estudio en la vereda Miraflores con 102,47 has entre los 2.700 y 3.000 m.s.n.m., aquí cambió el bosque fragmentado a bosque denso y más al norte ya en Mallama (límite con Cumbal) con 32,62 has, en la cual hubo un cambio de mosaico de pastos con espacios naturales a bosque fragmentado. En el municipio de Cumbal la intervención agropecuaria también fue importante en sitios como: la microcuenca del río Tambillo con 16,30 has a los 3.400 m.s.n.m. (parte central del área de estudio) donde hubo regeneración del mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y del bosque fragmentado; en el extremo suroccidental (resguardo de Mayasquer) con 39,64 has, en la cual el bosque denso se regeneró después de haber sido arbustos y matorrales y en el flanco oriental del volcán Cumbal a partir de los 4.100 m.s.n.m. con 8,72 has, que cambio de de afloramiento rocoso a vegetación rupícola.

En lo que concierne al municipio de Guachucal, la regeneración/restauración se presentó únicamente en una zona de 13,93 has en la vereda Quetambú (3.400-3.600 m.s.n.m.), aquí hubo cambio de mosaico de pastos y cultivos a bosque fragmentado.

Por último en el municipio de Mallama, al norte del área de estudio este tipo de cambio fue evidente con un área de 40,24 has, en zonas como: la vereda Pueblo Viejo (3.200-3.300 m.s.n.m.), donde el mosaico de cultivos, pastos y áreas naturales cambio a bosque fragmentado.

El factor que incidió para que se produzca regeneración/restauración fue que disminuyó la intervención de pequeñas zonas boscosas. Por tal motivo dejaron de explotar la madera, leña y carbón porque se acabo en su momento.

6.7.2.4 Intervención pecuaria. En el área de estudio este tipo de cambio se presentó en primer lugar en el municipio de Mallama al noroccidente (límite entre Mallama y Cumbal) con un área total de 101,05 has entre los 2.800 y 3.100 m.s.n.m. donde se pasó principalmente de cobertura de bosque fragmentado a mosaico de pastos con espacios naturales. Por otra parte en Cumbal al suroriente del área de estudio, la intervención pecuaria también se presentó en pequeñas zonas que sumaron un total de 20,68 has, en sitios representativos como la vereda Guan e inmediaciones de la quebradas Cantera y Cauce al nororiente del casco urbano de Cumbal (Cumbal), donde el mosaico de pastos y cultivos cambió a pastos limpios.

En cuanto al municipio de Guachucal (nororiente del área de estudio), este tipo de cambio fue evidente con un área total de 67,98 has, al oriente y suroriente del cerro Colimba sobre las quebradas Chapud y Simancas, además de la vereda Tolepaja, donde hubo cambio de mosaico de pastos y cultivos a pastos limpios.

La intervención pecuaria tenía como principal factor la necesidad de ampliar las zonas de pastos que habían quedado luego del auge del carbón y la leña, para ser utilizadas en ganadería, por lo que la producción lechera se había convertido en una actividad económica rentable a diferencia de la actividad agrícola. Este cambio estuvo

posiblemente caracterizado además por la ausencia de técnicas de manejo y rotación de pastos y por la excesiva concentración de ganado en pequeñas parcelas.

6.7.2.5 Páramización. Este cambio se presentó en el municipio de Mallama, vereda de Pueblo Viejo entre los 3.100 y 3.500 m.s.n.m, con un total de 86,39 has (cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a páramo). Es importante aclarar que estos espacios naturales son compuestos por zonas de bosque fragmentado.

El factor por el que se dio el fenómeno de la paramización, fue que algunos pobladores dejaron de intervenir de manera constante ciertas zonas de bosque para la producción de leña y carbón, al igual que las quemadas sobre la vegetación de páramo, motivos por el cual la vegetación de páramo fue invadiendo zonas boscosas (límite entre el páramo y el bosque).

6.7.2.6 Anegamiento. Este tipo de cambio en el área de estudio cubría un total de 76,91 has, distribuidas al norte, sur y occidente de la laguna de Cumbal, vereda Llano Grande, al pie de la loma La Yuegua (límite entre Cumbal y Guachucal) y en las quebradas Río Blanco y Negro en el flanco suroriental del volcán Cumbal. Aquí en estas zonas el cambio de cobertura que se dio fue de páramo a turberas.

Con respecto a lo anterior el anegamiento caracterizado por ser un tipo de cambio estacional, fue causado principalmente por los intensos periodos lluviosos, que provocaron el aumento de cuerpos de agua y del caudal de ríos y quebradas, por lo que las turberas después de pasar fases secas, vuelven a recuperar su espacio, inundando zonas páramunas. Esto relacionado también a las fechas de toma de las imágenes satelitales que se utilizaron.

6.7.2.7 Sedimentación. Este tipo de cambio con 42,02 has se presentó a orillas de la laguna de la Cumbal al sur, occidente y al oriente, en donde principalmente las turberas han ido ganando extensión aunque mínima sobre el espejo de agua. Por otra parte hubo sedimentación en el flanco oriental del volcán Cumbal entre los 3.600 y 3.700 m.s.n.m., aquí zonas de turberas cambiaron a páramo Este tipo de cambio caracterizado por ser estacional tiene como principal factor el arrastre de materiales y sedimentos por ríos y quebradas que finalmente se depositaron en la laguna y zonas pantanosas, estos sedimentos son provenientes de suelos erosionados de manera antrópica a consecuencia de cultivar en zonas de alta pendiente.

6.7.2.8 Regeneración de la vegetación de páramo Este tipo de cambio se presentó en pequeñas zonas ubicadas en forma dispersa en el área de estudio, por tal motivo y en primer lugar, la páramización en lo que respecta al municipio de Cumbal con un área total de 18 has aproximadamente se localizaba en sectores como: al sur del área de estudio, en la vereda San Ignacio (cambió de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a vegetación de páramo).

Con respecto al municipio de Guachucal, la páramización cubría un área total de 29,85 has en zonas como: al norte de la laguna de Cumbal, parte alta de la microcuenca Yamaná y en el flanco sur y noroccidente del cerro Colimba (cambió de mosaico de pastos y cultivos a páramo). En las zonas descritas anteriormente hablamos de de la

vegetación de páramo que fue remplazada, para después volver a tomar su cobertura original.

6.7.2.8 Erosión. Este tipo cambio se presentó en el volcán Cumbal a partir de los 4.100 y 4.200 m.s.n.m. con 28,44 has, donde la vegetación rupícola se convirtió en afloramiento rocoso. Debido principalmente a la acción de factores naturales como el viento y las lluvias y a una mínima incidencia de condiciones antrópicas relacionadas a la siembra de cultivos en fuertes pendientes.

6.7.2.8 Urbanización. Este tipo de cambio con un área total de 17,98 has se presentó en la mayoría del perímetro urbano del municipio de Cumbal, debido a procesos de urbanización hacia zonas rurales, específicamente hacia el mosaico de pastos y cultivos.

En consideración los principales factores que causaron este cambio fueron: el crecimiento poblacional, en donde según los censos del DANE 1985 Y 1993 (Tabla 8), en lo que a la zona urbana respecta, hubo un aumento de 1.361 personas equivalentes al 28%, además de la existencia en las periferias del área urbana de óptimos predios para uso urbano, predios que por ser rurales y sobretodo de Resguardo Indígena, tenían mayores ventajas que los predios urbanos. Además de lo importante que era instaurarse cerca del área urbana de Cumbal, ya que la gente tendría de forma inmediata actividades y servicios diferentes y más completos que los que pueden brindar el campo y/o el área rural en general.

6.7.3 CAMBIOS PARCIALES DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERIODO 1997-2009

Esta caracterización para el área de estudio se realizó en base al mapa de cambios de 1997-2009 a escala 1:50.000 (Anexo I), generado a partir de los mapas de cobertura de 1997 y 2009, donde además se identificaron y analizaron los factores de cambio, producto del trabajo con grupos focales desarrollados con la comunidad. Por tal motivo y en primer lugar en la siguiente tabla se muestran las áreas correspondientes a cada cobertura y sus respectivos aumentos (+) y disminuciones (-), en el periodo comprendido entre 1997-2009.

Tabla 15. Tipos de cobertura y áreas correspondientes a los años 1997 y 2009, en el área de estudio

<i>Coberturas</i>	<i>1997</i>	<i>2009</i>	<i>Aumento (+) o disminución (-) de área (has)</i>
	<i>Área (has)</i>	<i>Área (has)</i>	
<i>Tejido urbano continuo (TAuc)</i>	68,66	94,77	26,11 (+)
<i>Pastos limpios (AGpl)</i>	337,06	1.169,25	832,19 (+)
<i>Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1)</i>	8.055,41	8.841,33	785,92 (+)
<i>Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2)</i>	2.848,34	3.767,15	918,81 (+)

Tabla 15 (Continuación)

<i>Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3)</i>	728,88	0,00	728,88 (-)
<i>Bosque natural denso (BNbd)</i>	4.868,44	4.613,67	254,77 (-)
<i>Bosque natural fragmentado (BNbf)</i>	3.491,17	2.240,94	1.250,23 (-)
<i>Arbustos y matorrales (BNam1)</i>	97,63	167,39	69,76 (+)
<i>Bosques achaparrados de páramo (BNam2)</i>	539,14	496,82	42,32 (-)
<i>Vegetación de páramo (BNap)</i>	13.734,15	13.361,98	372,17 (-)
<i>Vegetación rupícola (BNar)</i>	573,08	574	0,92 (+)
<i>Afloramiento rocoso (BNrr)</i>	860,48	862,27	1,79 (+)
<i>Turberas (AHct)</i>	503,43	505,30	1,87 (+)
<i>Lagunas (SAcl)</i>	213,59	224,59	11 (+)
Total	36.919,46	36.919,46	

FUENTE. Esta investigación

De acuerdo a la tabla anterior puede observarse que entre 1997 y 2009 existió la desaparición en su totalidad del mosaico de pastos con espacios naturales, además de la importante disminución del bosque fragmentado en un 36% significando 1.250,23 has y las coberturas de bosque denso y páramo, las cuales sus decrecimientos estuvieron por debajo del 5%. Por otro lado, los pastos limpios presentaron un aumento relativo de 832,19 has ósea el 71%, al igual que el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales que presentó un aumento aunque más bajo del 24% y el mosaico de pastos y cultivos que mostró un crecimiento leve de cobertura del 9%.

Según las consideraciones anteriores, en la siguiente tabla se muestra la identificación de los diez cambios para este periodo en el área de estudio, por tal motivo se consignan: el tipo de cambio, área de cubrimiento con su respectivo color de identificación cartográfica y el porcentaje con respecto al área de estudio, donde fue evidente que la intervención agropecuaria seguía siendo el tipo cambio más importante pero con una reducción de 140,12 has en relación al anterior periodo, por lo que presentaba 2.830,79 has, que es más del doble de área en relación al segundo en importancia, que esta vez fue la intervención pecuaria con 1.108,83 has, ya que sufrió un aumento importante de 917,65 has con respecto al periodo 1987-1997. Como se observa además el resto de cambios en este periodo no superaban las 500 has.

Tabla 16. Tipos de cambio sobre la cobertura del suelo 1997-2009

Tipo de cambio	Área (Has)	%
<i>Sin Cambios</i>	31.790,76	86,1
<i>Intervención agropecuaria</i>	2.830,79	7,66
<i>Intervención pecuaria</i>	1.108,83	3
<i>Páramización</i>	412,02	1,11
<i>Regeneración/Restauración</i>	367,05	0,99
<i>Intervención multipropósito con deforestación</i>	177,22	0,48

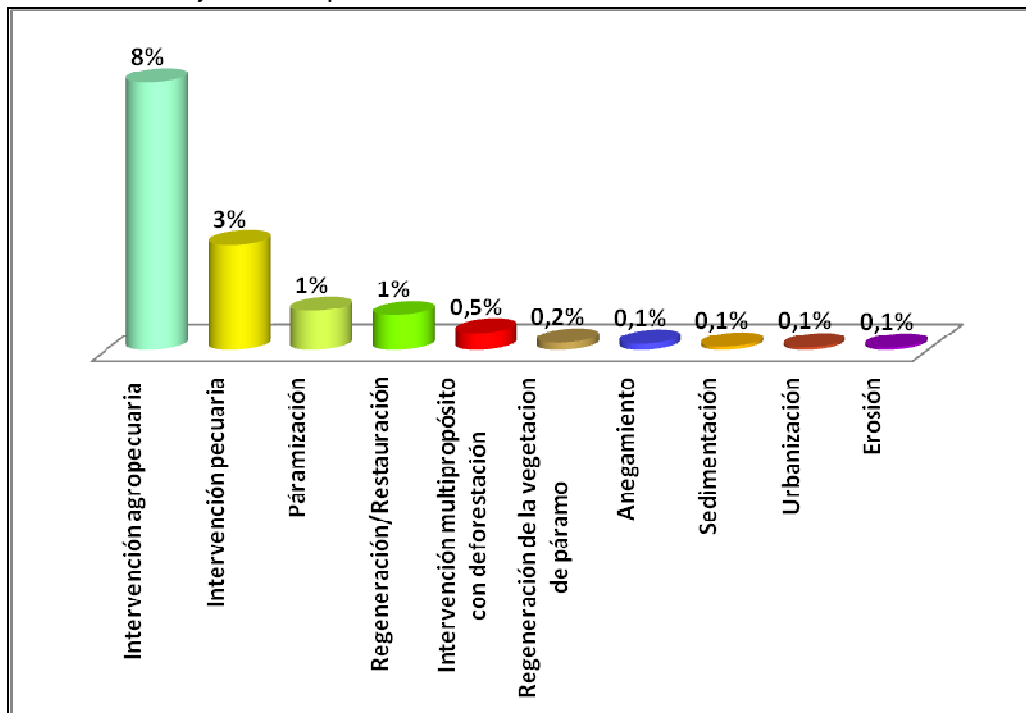
Tabla 16 (Continuación)

<i>Regeneración de la vegetación de páramo</i>		82,06	0,22
<i>Anegamiento</i>		65,69	0,17
<i>Sedimentación</i>		33,88	0,09
<i>Urbanización</i>		28,89	0,07
<i>Erosión</i>		22,25	0,06
Total		36.919,46	100

FUENTE. Esta investigación

De acuerdo a la tabla anterior a continuación en la figura 71, se muestra la representación de los porcentajes de área, en la cual de las 5.128,70 has representadas en los tipos de cambios, el 8% perteneció a la intervención agropecuaria, seguida de la intervención pecuaria con el 3% y el resto de cambios que no sobrepasaron el 1%, como paso con el periodo inmediatamente anterior.

Figura 71. Porcentaje de los tipos de cobertura del suelo 1997-2009



FUENTE. Esta investigación

6.7.3.1 Intervención agropecuaria. Este tipo de cambio se presentó en el área de estudio de la siguiente manera. En lo que respecta al municipio de Cumbal, al noroccidente del área de estudio en la vereda Miraflores con un área total de 1.216,83 has en la cual el bosque fragmentado principalmente como en el río El Tambo y quebradas Guastar, Las Cueras, Tres Chorros, entre otras y algunas zonas de páramo cambiaron a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. También se presentó un poco más al suroriente de la vereda Miraflores con 394,79 has sobre las quebradas Pistejo, La Puerta, río Tambillo y otros afluentes, donde hubo un cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a mosaico de pastos y cultivos. En contraste y siguiendo en Cumbal se

localizaron además pequeñas zonas en el flanco oriental del volcán Cumbal entre los 3.600 y 3.700 m.s.n.m. con 30,7 has (cambio de páramo a mosaico de pastos y cultivos). También esta intervención se presentó al sur del área de estudio sobre las quebradas Puerta Vieja, Rio Negro, El London, El Corral y el Capote con zonas que sumaron 136,54 has entre los 3.500-3.700 m.s.n.m., (cambio de páramo a mosaico de pastos y cultivos); mas al suroriente con un total de 55,87 has en la vereda Guan (cambio de pastos limpios a mosaico de pastos y cultivos) y entre las quebradas El Cauce y Cantera (cambió de mosaico de pastos y cultivos a pastos limpios). Por último en la laguna de Cumbal este tipo de intervención se noto al oriente, occidente y sur con un total de 121,32 has en sitios como quebrada Capote (cambio de bosque fragmentado a mosaico de pastos y cultivos) y veredas Llano Grande, Ravila y Pequeño Refugio (cambió de páramo a mosaico de pastos y cultivos).

Para Guachucal al oriente del área de estudio, la intervención agropecuaria fue importante en las quebradas La Comunidad y El Pueblo con 47,92 has (cambio de bosque fragmentado y páramo a mosaico de pastos y cultivos). A los 3.400-3.500 m.s.n.m. en las quebradas Quetambu y Simancas con 32,81 has (cambio de páramo a mosaico de pastos y cultivos). En el cerro Colimba en el flanco oriental a los 3.100-3.200 m.s.n.m. con 33,02 has (cambio de pastos limpios a mosaico de pastos y cultivo a pastos limpios) y en los flancos sur y norte a los 3.300 m.s.n.m. con 16,71 has (cambio de páramo a mosaico de pastos y cultivos). Además de un área considerable de 196,44 has en el extremo nororiental en la vereda Tolepaja.

Finalmente en municipio de Mallama al norte del área de estudio, este tipo de cambio se presentó en Pueblo Viejo con 144,99 has, donde hubo cambio de bosque fragmentado y páramo a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales principalmente, y a mosaico de pastos y cultivos. También se presentó intervención agropecuaria mas al oriente de Pueblo Viejo en El Paramillo con 127,56 has donde se cambio de bosque fragmentado y páramo a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. Hacia el extremo noroccidental del área de estudio, también se presentó en una zona equivalente a 226,77 has en la vereda San Jorge, en la cual hubo cambio del bosque denso y mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales a mosaico de pastos y cultivos.

Con respecto a la anterior ubicación de la intervención agropecuaria en el área de estudio, los factores de incidencia fueron las prácticas de adecuación del suelo sobre zonas boscosas y de páramo para labores agrícolas. También fue importante en este periodo el cultivo de amapola, en donde según entrevistas realizadas comenzó a sembrarse sobre todo en la vereda Miraflores y zonas aledañas alrededor de 1998 y duraron seis u ocho años. Esta actividad en aquellos tiempos se constituía en la opción más rentable para muchos campesinos que abandonaron la siembra de cultivos tradicionales de clima frio y templado, por lo que estos cultivos ilícitos les generaban buenos dividendos, aunque debido a la presencia de la fuerza pública la cual se incrementaría hacia 2004 aproximadamente, hicieron que disminuyan, para que los pobladores retomaran las labores agropecuarias.

Por otro lado, las quemadas sobre la vegetación de páramo, fue otro factor importante, puesto que se realizaban de forma indiscriminada sin ningún fin y para labores agropecuarias. Al respecto la señor Andrés Villota (Pueblo Viejo-Mallama) señalaba que la gente de tiempo atrás subsistía de la leña y el carbón, como principal actividad, para

distribuirla en Guachucal, por consiguiente se desmontaba la montaña y posteriormente el terreno se quemaba para la siembra de ulloco, oca y papa”.

6.7.3.2 Intervención pecuaria. Este cambio se presentó en primer lugar en la vereda Miraflores (límite entre Cumbal y Mallama) al noroccidente del área de estudio con un área considerable de 795,35 has entre los 2.700 y 3.400 m.s.n.m. donde se pasó de cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales a pastos limpios. Por otro lado intervención pecuaria también en el municipio de Cumbal, se presentó en áreas al sur oriente que suman 164,89 has en sitios como las quebradas Cayaspas y La Cantera, río Chiquito y las veredas Tasmag y La Ortiga, en la cual se cambió de mosaico de pastos y cultivos a pastos limpios.

En lo que respecta al municipio de Guachucal al oriente del área de estudio, la intervención agropecuaria se presentó en la vereda Maipud con 69,05 has y al sur del cerro Colimba con 59,68 has. En estos últimos sectores de Guachucal hubo cambio de mosaico de pastos y cultivos a pastos limpios.

En consideración como sucedió en el periodo 1987-1997 el factor de incidencia en la intervención pecuaria siguió siendo la adecuación de zonas naturales para ser dedicadas exclusivamente a actividades ganaderas, ya que la producción lechera se convirtió en una opción económica de subsistencia, incluso para comercializar. Por tanto, para entender el fenómeno de la ganadería de leche, en la siguiente tabla se muestra un censo de bovinos desde 2000 hasta 2011, de los tres municipios que integran el área de estudio.

Tabla 17. Censo de bovinos (Totales anuales)

MPIO/AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	TOTAL
Cumbal	11.618	11.778	14.773	17.230	19.421	19.870	22.837	23.355	24.354	25.308	24.550	26.560	241.654
Guachucal	13.269	13.992	15.277	16.653	19.988	22.684	24.608	24.608	24.635	26.849	26.564	27.234	256.361
Mallama	2.676	2.626	2.676	2.200	3.934	4.050	4.050	4.222	3.603	4.250	4.378	4.242	42.907

Fuente. Esta Investigación

Como se aprecia en la tabla anterior, es importante la cantidad de ganado por año en los tres municipios. En este sentido la constante es que van en aumento a medida que pasa el tiempo, con un crecimiento aproximado a las 1000 cabezas de ganado por año, sobre todo en el municipio de Cumbal que es el que más posee. Por tanto, según el Alcalde Jorge Alpala, Cumbal contaba con treinta y dos asociaciones lecheras y doce productoras de queso, que involucran a cuatro mil seiscientas familias.

6.7.3.3 Páramización. Este tipo de cambio se presentó en Mallama, al norte del arae de estudio, específicamente en Pueblo Viejo con 50,23 has donde se cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; bosque fragmentado y mosaico de pastos y cultivos a páramo. Además este tipo de cambio se evidenció en el Paramillo con un área considerable de 148,01 has, en la cual se cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a páramo. Los espacios naturales son compuestos por zonas naturales de bosque fragmentado, a las que la vegetación de páramo llego a invadir.

El principal factor que causo la paramización en este periodo, al igual que en el anterior (1987-1997) fue que se dejaron de intervenir zonas de páramo, dejándolas de adecuar para la siembra de cultivos de clima frio como la papa.

6.7.3.4 Regeneración/restauración. Este tipo de cambio primero que todo se presentó en el municipio de Cumbal, principalmente al noroccidente del área de estudio en la vereda Miraflores (límites entre Cumbal y Mallama) con un área de 154,54 has en alturas de 2.700 y 3.500 m.s.n.m., donde se regeneró el bosque fragmentado después de haber sido arbustos y matorrales y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. También se presentó hacia el extremo suroccidental con 32,03 has, donde se regeneró el bosque denso después de haber sido arbustos y matorrales; además, hacia el sur en la vereda San Ignacio con 40 has, en la cual el mosaico de pastos y cultivos cambió a bosque fragmentado. Finalmente en los flancos: oriente, sur y occidente en menor medida del volcán Cumbal a partir de los 4.200 m.s.n.m. con 10,64 has, donde hubo cambio de afloramiento rocoso a vegetación rupícola.

Por otro lado en Mallama este cambio se manifestó primeramente en Pueblo Viejo y El Paramillo con 14,64 y 23,14 has respectivamente, donde se cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque fragmentado; y en los límites del área de estudio al noroccidente, con 122,41 has en El Guabo (quebrada El Chiflon), en la cual se cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y bosque fragmentado a bosque denso y en San Jorge donde se cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque denso.

El factor que incidió para que se produzca regeneración/restauración fue que se dejaron de intervenir zonas boscosas, teniendo en cuenta además, que la tala para leña y carbón disminuyo de manera importante, principalmente porque los pobladores se dedicaron a otro tipo de actividad distinta, por ello concentraban sus labores a las actividades agrícolas y ganaderas. En este sentido, continuó la obligación de conservar áreas naturales, a través de técnicas silvícolas necesarias para proteger el bosque. Fue importante además que este paulatino decrecimiento en la intervención del bosque tuvo otro tipo de razones direccionadas a sanciones de extracción de leña y carbón por parte de autoridades ambientales, sumado a la escases del recurso forestal, resultado de la intensa intervención años atrás.

6.7.3.5 Intervención multipropósito con deforestación. Este tipo de cambio en el área de estudio se presento en dos zonas: la primera y más importante en el extremo suroccidental (Cumbal-resguardo de Mayasquer) con una extensión de 101,52 has, en la parte alta de la microcuenca Golondrinas, entre los 3.000 y 3.500 m.s.n.m. (cambio de bosque fragmentado a arbustos y matorrales). La segunda zona hace referencia a la parte noroccidental, en la zona de Miraflores (límite entre Mallam y Cumbal) en alturas que oscilan entre 2.800 a 3.400 m.s.n.m. y un área de 72,53 has (cambio de bosque denso a arbustos y matorrales).

Por otro lado como ocurrió en el periodo anterior, la tala destinada para leña y madera utilizada en labores caseras de las familias campesinas e indígenas, siguió siendo el factor más importante para que se cause la intervención multipropósito con deforestación.

6.7.3.6 Regeneración de la vegetación de páramo. Este tipo de cambio en primer lugar lo que respecta al municipio de Cumbal, se ubicaba en zonas dispersas entre el Tambillo y Miraflores que sumaban aproximadamente 70 has, donde hubo cambio de mosaico de pastos y cultivos principalmente, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a páramo. También la regeneración de la vegetación de páramo se presentó en pequeñas

zonas al sur del área de estudio que sumaron 34,96 has.

En el municipio de Guachucal este cambio se presentó mínimamente en el cerro Colimba partir de los 3.300 m.s.n.m. con 10 has aproximadamente, donde se cambió principalmente de mosaico de pastos y cultivos a páramo. Los espacios naturales de los cuales se habla en general son en su mayoría vegetación de paramo, que fue remplazada por cultivos y pastos para luego ser abandonados y posteriormente recobrar la cobertura original.

6.7.3.7 Anegamiento. Este tipo de cambio, cubría un total de área de 65.65 has, que se distribuían al occidente, sur y oriente de la laguna de Cumbal; en la vereda Llano Grande, al pie de la loma La Yegua (límite entre Cumbal y Guachucal) y en las quebradas Rio Blanco y Rio Negro al sur oriente del volcán Cumbal (3.500-3.600 m.s.n.m.). Aquí las turberas y zonas de páramo aledañas después de temporadas secas, volvieron a inundarse por las lluvias estacionarias en el área.

Considerando lo anterior, los factores que han incidido en este tipo de cambio estacionario, al igual que en el periodo 1987-1997 fueron los periodos lluviosos que se han presentado, motivo por el cual aumentaron el caudal de las fuentes hídricas que hicieron que zonas de turberas y páramo se sobresaturaren de agua provocando su inundación.

6.7.3.8 Sedimentación. Este tipo de cambio con 33,86 has se presentó a orillas de la laguna de la Cumbal al sur y norte, además de la vereda Llano Grande y en el flanco oriental del volcán Cumbal entre los 3.500 y 3.600 m.s.n.m. en Quilismal, donde las turberas cambiaron a páramo. El factor principal al igual que en el periodo 1987-1997, fue el arrastre de materiales y sedimentos por fuentes hídricas que principalmente se depositaron en la laguna y zonas pantanosas, estos sedimentos son provenientes de suelos erosionados de manera antrópica a consecuencia de cultivar en zonas alta pendiente.

6.7.3.9 Urbanización. Este tipo de cambio con un área total de 28,89 has, se presentó en la zona urbana del municipio de Cumbal, principalmente hacia el suroriente. En este sentido los procesos de urbanización en zonas rurales, específicamente hacia el mosaico de pastos y cultivos, fue el principal factor de incidencia. Por tal motivo, además fue importante el crecimiento poblacional, donde según los censos del DANE 1993 y 2005 (Tabla 8), en lo que a la zona urbana se refiere hubo un crecimiento de 2.626 personas equivalentes al 35%, que requerían vivir en zonas cercanas al centro urbano.

6.7.4.10 Erosión. Este tipo de cambio se dio en el volcán Cumbal a partir de los 4.100 m.s.n.m. con 22,25 has, donde la vegetación rupícola se convirtió en afloramiento rocoso. Debido a la acción de factores naturales como el viento y las lluvias, e incidencia de condiciones antrópicas relacionadas a la siembra de cultivos en fuertes pendientes.

6.7.4 CAMBIOS TOTALES DE COBERTURA OCURRIDOS EN EL PERIODO 1987-2009

Esta caracterización para el área de estudio se realizó en base al mapa de cambios totales de 1987-2009 a escala 1:50.000 (Anexo J) generado a partir de los mapas de cobertura de 1987, 1997 y 2009, donde además se identificaron y analizaron los factores de cambio, producto del trabajo con grupos focales desarrollados con la comunidad. Por tal motivo y en primer lugar en la siguiente tabla se muestran las áreas correspondientes a cada cobertura y sus respectivos aumentos (+) y disminuciones (-), en el periodo total comprendido entre 1987-2009.

Tabla 18. Tipos de cobertura y áreas correspondientes a los años 1987 y 2009, en el área de estudio

<i>Coberturas</i>	1987	2009	Aumento (+) o disminución (-) de área (has)
	Área (has)	Área (has)	
<i>Tejido urbano continuo (TAuc)</i>	50,68	94,77	44,09 (+)
<i>Pastos limpios (AGpl)</i>	912,12	1.169,25	257,13 (+)
<i>Mosaico de pastos y cultivos (AGhm1)</i>	6.766,02	8.841,33	2.075,31 (+)
<i>Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (AGhm2)</i>	1.561,71	3.767,15	2.205,44 (+)
<i>Mosaico de pastos con espacios naturales (AGhm3)</i>	672,30	0,00	672,30 (-)
<i>Bosque natural denso (BNbd)</i>	5.497,73	4.613,67	884,06 (-)
<i>Bosque natural fragmentado (BNbf)</i>	3.980,22	2.240,94	1.739,28 (-)
<i>Arbustos y matorrales (BNam1)</i>	146,69	167,39	20,7 (+)
<i>Bosques achaparrados de páramo (BNam2)</i>	526,04	496,82	29,22 (-)
<i>Vegetación de páramo (BNap)</i>	14.673,32	13.361,98	1.311,34 (-)
<i>Vegetación rupícola (BNar)</i>	590,32	574	16,32 (-)
<i>Afloramiento rocoso (BNrr)</i>	840,89	862,27	21,38 (+)
<i>Turberas (AHct)</i>	488,51	505,30	16,79 (+)
<i>Lagunas (SAcl)</i>	212,91	224,59	11,68 (+)
Total	36.919,46	36.919,46	

FUENTE. Esta investigación

De acuerdo a la tabla anterior puede observarse que en el periodo total (1987-2009) existió en 2009 la desaparición en su totalidad del mosaico de pastos con espacios naturales, además de la relativa disminución del bosque fragmentado en un 44% significando 1.739,28 has y las coberturas de bosque denso y vegetación de páramo, las

cuales sus decrecimientos fueron del 16 y 9% respectivamente. Por otro lado, fue importante el aumento relativo del mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales en 2.205,44 has ósea 59%, al igual que el mosaico de pastos y cultivos y los pastos limpios que presentaron un aumento más bajo del 23 y 22% respectivamente, confirmando posiblemente la labor agropecuaria, resultado de la adecuación del suelo que se ha realizado a lo largo de 22 años.

Finalmente es importante destacar que la zona urbana de Cumbal, actualmente con 94,77 has, tuvo un aumento relativo de área cercano a la mitad, del 47% que representa 44,09 has.

Según las consideraciones anteriores, en la siguiente tabla se muestra la identificación de los diez cambios para este periodo total en el área de estudio, por tal motivo se consignan: el tipo de cambio, área de cubrimiento con su respectivo color de identificación cartográfica y el porcentaje con respecto al área de estudio, donde fue evidente que la intervención agropecuaria fue el tipo cambio más importante respecto a los demás con 4.934,47 has, seguido intervención pecuaria y la intervención multipropósito con deforestación con 1.046,18 y 686,06 has respectivamente.

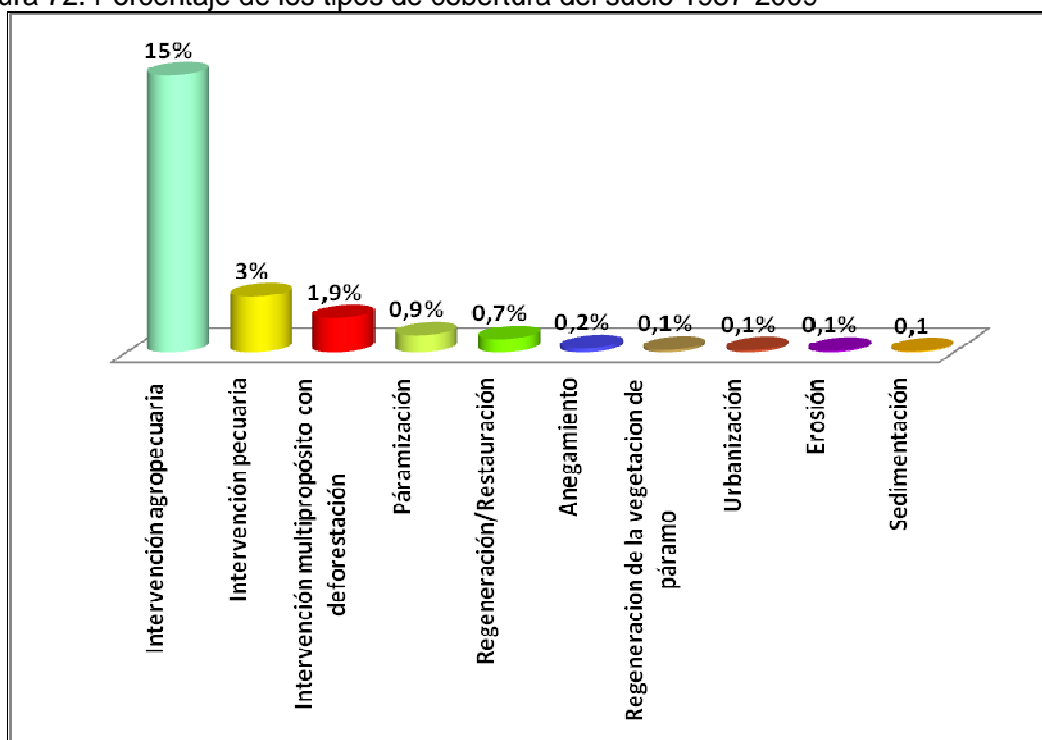
Tabla 19. Tipos de cambio sobre la cobertura del suelo 1987-2009

Tipo de cambio	Área (Has)	%
<i>Sin Cambios</i>	29.435	79,72
<i>Intervención agropecuaria</i>	4.934,47	14,84
<i>Intervención pecuaria</i>	1.046,18	2,83
<i>Intervención multipropósito con deforestación</i>	686,06	1,85
<i>Páramización</i>	325,72	0,88
<i>Regeneración/Restauración</i>	265,38	0,71
<i>Anegamiento</i>	75,15	0,2
<i>Regeneración de la vegetación de páramo</i>	51,35	0,13
<i>Urbanización</i>	44,26	0,11
<i>Erosión</i>	32,94	0,08
<i>Sedimentación</i>	22,94	0,06
Total	36.919,46	100

FUENTE. Esta investigación

De acuerdo a la tabla anterior a continuación en la figura 72, se muestra la representación de los porcentajes de área, en la cual de las 7.484,45 has representadas en los tipos de cambio, el 15% perteneció a la intervención agropecuaria, seguida muy lejos de la intervención pecuaria con el 3% y el resto de cambios que no sobrepasaron el 2%, como fue la constante en los periodos parciales (1987-1997 y 1997-2009).

Figura 72. Porcentaje de los tipos de cobertura del suelo 1987-2009



FUENTE. Esta investigación

6.7.4.1 Intervención agropecuaria. Este tipo de cambio se presentó en el área de estudio, primero que todo para el municipio de Cumbal de la siguiente manera. Al noroccidente en la vereda Miraflores con un área considerable de 1.513,22 has en la cual hubo dos cambios: el primero de bosque fragmentado a mosaico de cultivo, pastos y espacios naturales y el segundo de mosaico de pastos con espacios naturales a pastos limpios. También se presentó intervención agropecuaria con un área de 635,46 has sobre las quebradas Pistejo y La Puerta, río Tambillo y otros afluentes, donde hubo un cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; páramo y bosque fragmentado a mosaico de pastos y cultivos. Por otra parte siguiendo en Cumbal este tipo de cambio se localizo al suroriente del área de estudio en zonas como: el flanco suroriental del volcán Cumbal entre los 3.500 y 3.600 m.s.n.m. sobre las quebradas Río Negro y el valle de El London con 55,1 has, además de la vereda San Ignacio (límite del área de estudio al sur), con un área de 231,53 has, en estas zonas hubo cambio la cobertura de páramo y bosque fragmentado a mosaico de pastos y cultivos. Continuando al suroriente del área de estudio con zonas que suman 305,97 has, la intervención agropecuaria se ubicaba en veredas como: Guan, Guanguisan, Machines, Tasmag, Cuaical y Romerillo, en estas áreas el cambio de cobertura fue de pastos limpios a mosaico de pastos y cultivos. Finalmente al sur y occidente del la laguna de Cumbal a los 3.400 y 3.500 m.s.n.m. en el Pequeño Refugio y límites entre Cumbal y Guachucal, con un área equivalente a 153,47 has, donde se presento cambio de Bosque fragmentado, páramo y turberas (al sur de la laguna) a mosaico de pastos y cultivos.

Por otra parte en Guachucal al oriente del área de estudio, la intervención agropecuaria se presentó en primer lugar con 170,85 has en la parte alta de la microcuenca Comunal,

además de las veredas Guan Comunidad (límite entre Cumbal y Guachucal), Piscanquer, Romerillo y Cuatines con 145,08 has, donde hubo cambios de pastos limpios, bosque fragmentado y páramo a mosaico de pastos y cultivos. Complementariamente en el cerro Colimba en su flanco oriental con 31,86 has y sur con 7,70 has, vereda Quetambu con 98,40 has y veredas Chimagual, Tolepaja y quebrada Colimba con un total de 334,63 has, donde hubo cambio de pastos limpios a mosaico de pastos y cultivos.

Finalmente en lo que respecta al municipio de Mallama al norte del área de estudio, este tipo de cambio se presentó en Pueblo Viejo con 143,76 has, donde bosque fragmentado y páramo cambiaron a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales principalmente, y a mosaico de pastos y cultivos. También se presentó intervención agropecuaria mas al oriente de Pueblo Viejo en El Paramillo con 303,85 has donde se cambio de bosque fragmentado y páramo a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. Y hacia el extremo noroccidental del área de estudio, con una zona equivalente a 150,37 has en la vereda San Jorge, en la cual hubo cambio del bosque denso y mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales a mosaico de pastos y cultivos, además de la vereda El Guabo, en la cual el mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales cambio a bosque fragmentado.

Los principales factores de la intervención agropecuaria en el periodo total 1987-2009 fueron: las actividades de tala para leña como combustible que utilizaban las familias campesinas, además para la preparación del aguardiente o “chupil”, el cual requería en grandes cantidades. Por otro lado estuvo la instauración de las carboneras que también significo deforestar gran cantidad de bosque. Otro factor importante fue la propiedad de tierras por parte de los terratenientes. En este sentido hacia los años noventas otra causa importante en la intervención agropecuaria fue la siembra de cultivos de uso ilícito, así como también la gran cantidad de quemas para adecuación con fines productivos y las realizadas de manera indiscriminada.

6.7.4.2 Intervención pecuaria. Este cambio se presentó en primer lugar en lo que respecta al municipio de Cumbal, al noroccidente del área de estudio, en la vereda Miraflores (límite entre Cumbal y Mallama) con un área de 819,16 has entre los 2.800 y 3.400 m.s.n.m., en la cual se paso de cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales y bosque fragmentado principalmente a pastos limpios. Por otro lado intervención pecuaria también se presento en áreas al sur oriente que suman 80,28 has en sitios como: al oriente y occidente del casco urbano de Cumbal, quebrada Cayaspas y las veredas Tasmag y La Ortiga, en la cual se cambió de mosaico de pastos y cultivos a pastos limpios.

Por otro lado en lo que respecta al municipio de Guachucal al oriente del área de estudio, intervención pecuaria se presentó en la vereda Maipud con 59,53 has y al sur del cerro Colimba con 86,4 has sobre las quebradas Chapud y Simancas. En estos sectores de Guachucal hubo cambio de mosaico de pastos y cultivos a pastos limpios.

En consideración, en el periodo de tiempo total (1987-2009), la intervención pecuaria tuvo como principal factor la necesidad de ampliar las zonas de pastos que habían quedado luego del auge del carbón y la leña, traducido en tala de bosques, con lo que se las utilizaba en ganadería para la producción lechera.

6.7.4.3 Intervención multipropósito con deforestación. Este tipo de cambio en el área de estudio se presentó en dos zonas: la primera y más importante en el extremo suroccidental (Cumbal-resguardo de Mayasquer) con una extensión de 510,98 has, en la parte alta de la microcuenca Golondrinas, entre los 3.000 y 3.500 m.s.n.m. La segunda zona fue en la parte noroccidental, en la zona de Miraflores (límite entre Mallama y Cumbal) en alturas que oscilan entre 2.800 a 3.400 m.s.n.m. y un área de 175,01 has. En estas dos zonas antes mencionadas hubo cambio de bosque denso a bosque fragmentado. De este modo los factores influyentes en este tipo de cambio fue principalmente la tala de leña y madera, únicamente como fuente de combustible en la preparación de alimentos de las familias campesinas e indígenas y en la utilización para la construcción de viviendas. Este factor se debió o no pudo ser más amplio, ya que el acceso al bosque denso primordialmente es demasiado complicado, de alguna manera impidiendo la intervención humana excesiva.

6.7.4.4 Páramización. Este tipo de cambio en primer lugar fue evidente en el municipio de Cumbal, y se ubica en zonas dispersas entre el Tambillo y Miraflores en la parte centro y occidente del área de estudio con áreas que suman 220,57 has, donde hubo cambio de bosque fragmentado principalmente y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales donde predominaba el bosque fragmentado a vegetación de páramo. También la páramización se presentó en pequeñas zonas al sur del área de estudio que suman 39,37 has en la cual cambió el bosque fragmentado principalmente a vegetación de páramo.

Por otra parte en Mallama al norte del área de estudio, la paramización se manifestó primero que todo en Pueblo Viejo con aproximadamente 30 has donde se cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y bosque fragmentado a vegetación de páramo. Además de la vereda Paramillo con pequeñas áreas que sumaron 96 has, en la cual se cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a vegetación de páramo. Es importante aclarar que en estas zonas citadas en Cumbal y Mallama los espacios naturales donde hubo paramización, tienen como principal cobertura el bosque fragmentado que fue ocupado por vegetación de páramo.

Este proceso de paramización en el periodo de tiempo 1987-2009 tuvo como principal factor que dejaron de intervenir zonas de paramo, por un lado para dedicarse a la ganadería y por otro por la sensibilización que algunos pobladores fueron adquiriendo sobre el daño a las coberturas de alta montaña, como afirmaba la señora Irma Jojoa (Pueblo Viejo-Mallama). Esto asociado además al transporte de semillas por múltiples factores o medios, que recaían en zonas naturales.

6.7.4.5 Regeneración/restauración. Este tipo de cambio se presentó en el municipio de Cumbal, principalmente al noroccidente del área de estudio en la vereda Miraflores con un área de 148,07 has entre los 2.800 y 3.000 m.s.n.m., donde se regeneró el bosque fragmentado después de haber sido arbustos y matorrales y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. También se presentó hacia el sur del área de estudio con 28,91 has en sitios como vereda San Ignacio con 28,91 has, en la cual el mosaico de pastos y cultivos cambio a bosque fragmentado. Finalmente en el flanco oriente, sur y occidente en menor medida del volcán Cumbal a partir de los 4.200 m.s.n.m. con 18,76 has, donde hubo cambio de afloramiento rocoso a vegetación rupícola.

En Guachucal la regeneración únicamente se presento en la vereda Quetambu con 19,83 has, donde el mosaico de pastos y cultivos cambio a bosque fragmentado.

Por último en Mallama este cambio se manifestó primeramente en pequeños sectores de Pueblo Viejo y El Paramillo con un total de 25,17 has donde se cambio de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque fragmentado; y en los límites del área de estudio al noroccidente, con 16,14 has entre las veredas El Guabo y San Jorge, en la cual se cambió de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a bosque denso.

Por otro lado, como ha sido la constante en los dos periodos parciales anteriores, el factor más importante que ha incidido en la regeneración/restauración fue la disminución paulatina de intervención en zonas boscosas, vinculada a procesos de conservación.

6.7.4.6 Anegamiento. Este tipo de cambio, cubría un total de área de 75,13 has, distribuidas al sur y occidente de la laguna de Cumbal, vereda Llano Grande, al pie de la loma La Yuegua (límite entre Cumbal y Guachucal) y en las quebradas Rio Blanco y Negro al sur oriente del volcán Cumbal. Aquí en estas zonas los cambios estacionales de cobertura que se dieron fue de páramo a turberas debido a periodos lluviosos que se han presentado, motivo por el cual zonas de páramo se sobresaturaron de agua provocando su inundación.

6.7.4.7 Regeneración de la vegetación de páramo. Este tipo de cambio se presentó en Cumbal con un área total de 25 has aproximadamente, al norte de la loma la Yuegua (límite entre Cumbal y Guachucal) donde hubo cambio de mosaico de pastos y cultivo y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a páramo. En el municipio de Guachucal este cambio se presentó únicamente en el cerro Colimba a partir de los 3.300 m.s.n.m. con 12,60 has, donde se cambió principalmente de mosaico de pastos y cultivos a páramo. En estos mosaicos predominaban los cultivos y pastos, que remplazaron al páramo como cobertura original.

6.7.4.8 Urbanización. Este tipo de cambio con un área de 44 has se presentó en la zona urbana del municipio de Cumbal, debido a procesos de urbanización hacia zonas rurales, específicamente hacia el mosaico de pastos y cultivos. Por tal motivo estos procesos de expansión urbana se dieron casi en la totalidad del perímetro urbano. En este sentido, también fue importante el crecimiento poblacional, ya que según los censo del DANE de 1985 y 2005 (Tabla 8), de la zona urbana de Cumbal ha sido del 53%, equivalentes a 3.987 personas más que requerían de espacios cercanos al centro urbano.

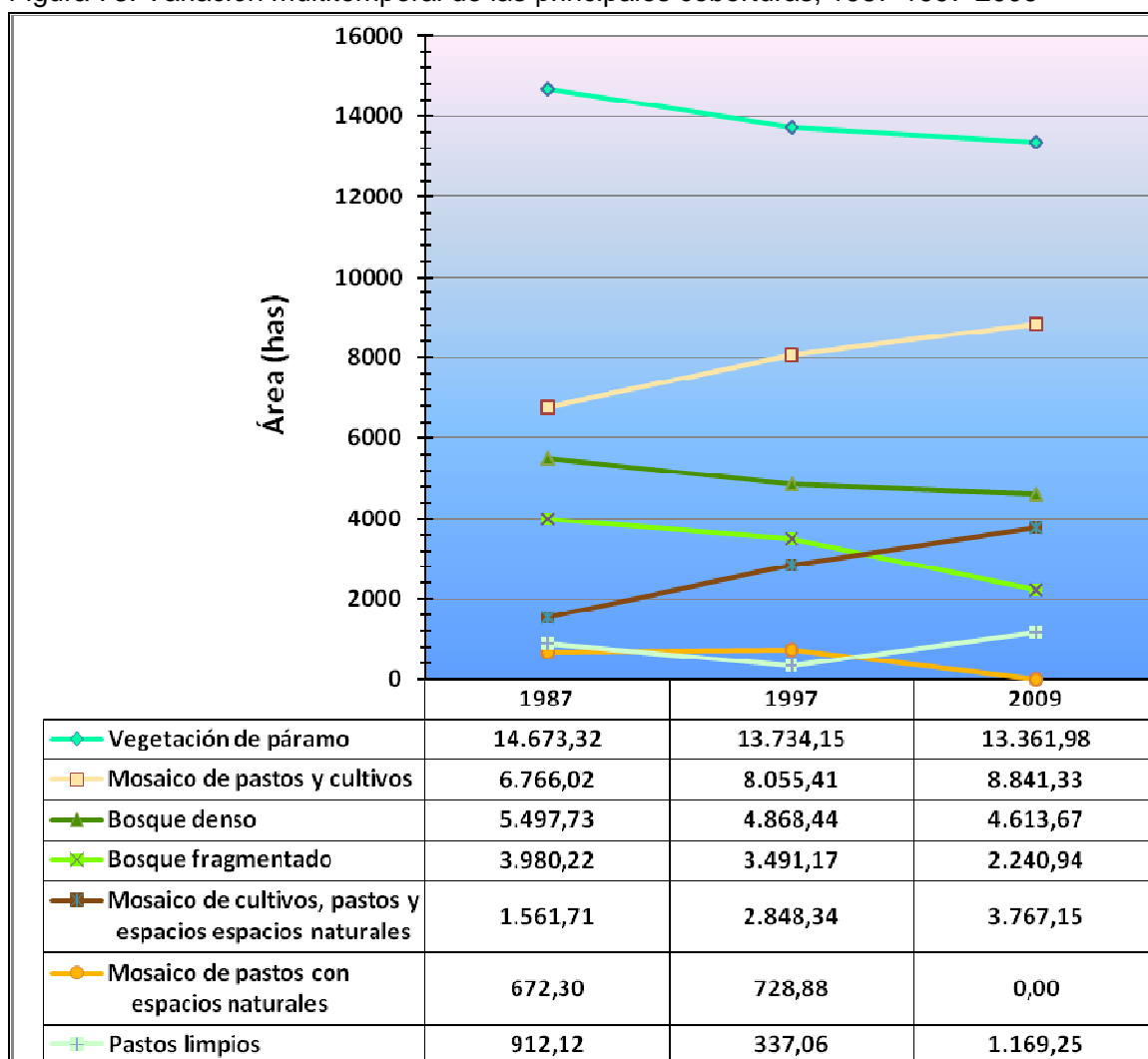
6.7.4.9 Erosión. Este tipo de cambio se dio en el volcán Cumbal a partir de los y 4.200 m.s.n.m. con 32,93 has, donde la vegetación rupícola se ha convertido en afloramiento rocoso. Debido a la acción de factores naturales como el viento y las lluvias y a una mínima incidencia de condiciones antrópicas relacionadas a la siembra de cultivos en fuertes pendientes.

6.7.4.10 Sedimentación. Este tipo de cambio a parte de presentarse a orillas de la laguna de la Cumbal al sur, también se dio en las quebradas Rio Blanco y Rio Negro al sur oriente del volcán Cumbal con un área total de 22,91 has, donde las turberas han ido ganado extensión aunque mínima sobre el agua. En cuanto a factores, tiene como principal el arrastre de materiales y sedimentos por fuentes hídricas que principalmente se depositan en la laguna de Cumbal, estos sedimentos son provenientes de suelos erosionados de manera antrópica a consecuencia de cultivar en zonas de alta pendiente.

6.8 VARIACIONES MULTITEMPORALES DE SUPERFICIE DE LAS COBERTURAS

A continuación mediante gráficos se muestra las variaciones multitemporales de las coberturas del suelo que se identificaron en el área de estudio. Por tal motivo, para sus análisis se tomaron los valores de superficie de las 14 coberturas correspondientes a los tres años de referencia (1987, 1997 y 2009), asociados a variables de tipo socio-económico. Así mismo para una mejor comprensión de estos gráficos multitemporales se dividieron en coberturas principales y secundarias, de acuerdo a las mayores y menores áreas de cubrimiento.

Figura 73. Variación multitemporal de las principales coberturas, 1987-1997-2009



Fuente. Esta investigación

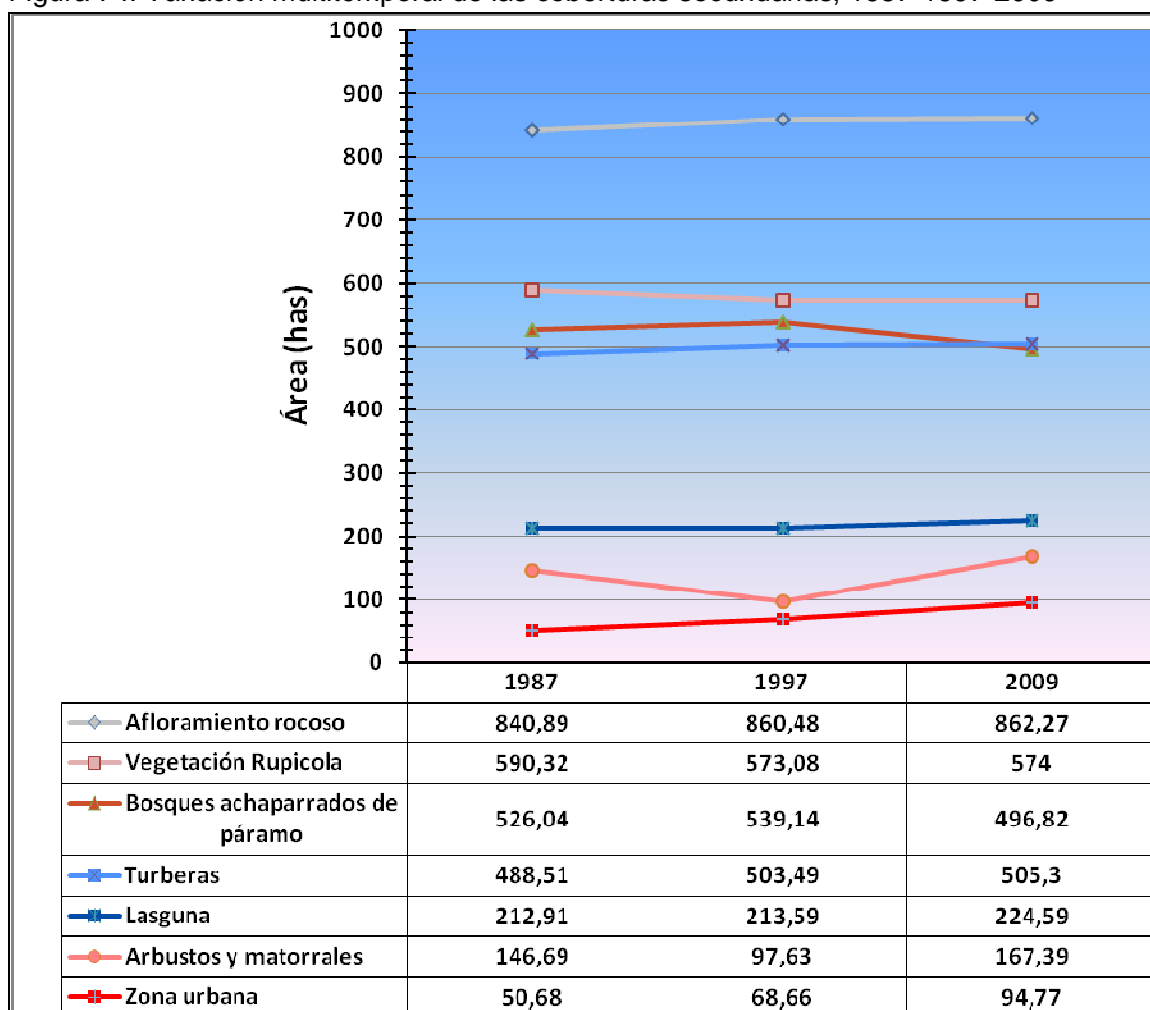
De acuerdo a la figura anterior, las coberturas pertenecientes a bosques y áreas seminaturales disminuyeron, especialmente el bosque fragmentado, el cual tuvo una pérdida total significativa que equivalió al 44%, con el periodo 1997-2009 como el más notable con 1.739,28 has. Por otra parte áreas considerablemente grandes como el bosque denso y la vegetación de páramo, con el paso del tiempo se mantuvieron

relativamente estables, ya que perdieron un total equivalente al 16 y 9% respectivamente, en la cual el periodo más sobresaliente fue entre 1987 y 1997, en donde el bosque denso al igual que el fragmentado disminuyeron 629,29 y 939,17 has respectivamente. En este sentido, aunque las zonas de bosque y vegetación de páramo no presentaron grandes diferencias en relación a los tres años de referencia, desde la importancia ambiental que tienen estas coberturas deja ver una situación posiblemente crítica en cuanto a sostenibilidad ecosistémica como tal.

A diferencia de los bosques y áreas seminaturales, los territorios agrícolas tuvieron tendencia a aumentar, ya que en primer lugar, la unidad asociada a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales tuvo el mayor incremento dado que en total creció un poco más del doble de su área original en 1987 ósea el 59%, siendo el periodo entre 1987 y 1997 el más marcado con un aumento que se tradujo en 1.286,63 has. En cuanto al mosaico de pastos y cultivos, el área agrícola más extensa, también presentó un crecimiento relativamente más bajo en relación al anterior mosaico del 23%, registrándose el periodo entre 1987 y 1997 como el más importante con 1.289,39 has. Estas tendencias permitieron establecer un gradual aumento de la frontera agropecuaria, debido posiblemente a procesos de colonización de nuevas áreas naturales para labores agrícolas y ganaderas, donde probablemente están asociados también crecimientos demográficos por fenómenos migratorios.

Finalmente los territorios agrícolas relacionados a mosaico de pastos y espacios naturales y a pastos limpios presentaron aumentos y disminuciones inversamente proporcionales, ya que en primer lugar el mosaico de pastos con espacios naturales desde su cobertura original en 1987, presentó un aumento en 1997 de 728,88 has equivalentes al 8%, para luego en 2009 desaparecer por completo. Por consiguiente los pastos limpios que en los años de referencia su comportamiento multitemporal fue contrario ya que entre 1987 y 1997 disminuyeron 5575,06 has equivalentes al 63% y entre 1997 y 2009 aumento en un 71% que significó un área de 832,19 has. En este sentido estas dos unidades de coberturas mencionadas, en cierta medida se relacionan ya que en el caso de la vereda Miraflores el mosaico de pastos y espacios naturales que se mantuvo hasta 1997, en 2009 cambio totalmente a pastos limpios, debido posiblemente a la acción humana que intervino las áreas naturales que quedaban, para producción agrícola y pecuaria.

Figura 74. Variación multitemporal de las coberturas secundarias, 1987-1997-2009



Fuente. Esta investigación

Con respecto a la anterior figura, se presentan las tendencias que ocurrieron en el resto de coberturas que fueron relativamente más pequeñas al tamaño del área de estudio, pero que mostraron variaciones igualmente relativas a sus superficies en el periodo 1987-2009. Por tal motivo, el comportamiento de estas unidades en relación a sus áreas fue importante en primer lugar en la zona urbana la cual tuvo un crecimiento total de 44,09 has equivalentes al 47%, debido a procesos de urbanización alrededor del perímetro urbano, especialmente hacia el sur, oriente y occidente. Además los arbustos y matorrales también presentaron un incremento total leve del 12% traducido en 20,7 has, con un pico ligero de disminución entre 1987 y 1997, esta tendencia se debió muy probablemente a pequeños focos de intervención principalmente sobre el bosque denso al occidente del área de estudio. Por otro lado coberturas como: el afloramiento rocoso, turberas y laguna mostraron a lo largo de estos 22 años aumentos de cobertura inferiores al 5%.

Con respecto a las disminuciones de cobertura en el periodo 1987-2009 únicamente se presentaron sobre los bosques achaparrados de páramo que incluyeron un mínimo

incremento entre 1987 y 1997 y la vegetación rupícola con áreas equivalentes a 6 y 3% respectivamente.

6.9 CARACTERIZACIÓN DE ZONAS QUEMADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

A continuación se hace una descripción de las zonas quemadas que han existido en el área de estudio, con respecto a los tres años de referencia 1987, 1997 y 2009.

En razón a lo anterior es importante aclarar además, que las zonas quemadas en el área de estudio se describen mas no se consideran una unidad de cobertura para mapearlas, ya que en los recorridos de campo se pudo constatar que los incendios sobre estas áreas no fueron tan recientes, por lo que no se encontró evidencias tales como restos de carbón, aunque según lo visto en las imágenes satelitales principalmente, estas quemadas se presentaron en gran número con zonas de suelo desnudo, como fue el caso en la vereda Miraflores-Cumbal (Figura 75) y en el sector de él Tambillo-Cumbal (Figura 76).

- Para 1987 las zonas quemadas aunque fueron áreas relativamente pequeñas existieron en gran cantidad, hacia el norte, centro y suroccidente del área de estudio. En este sentido con respecto a Mallama las quemadas fueron evidentes con un total de 184,94 has en veredas como Pueblo Viejo y El Paramillo, en la cual se afectaron coberturas como la vegetación de páramo, el bosque fragmentado y áreas agrícolas como el mosaico de pastos y cultivos, este último en los límites con Guachucal.

Por otro lado en Cumbal, las zonas quemadas se identificaron con un área total de 310,85 has en sectores como: Miraflores, Tambillo, Llano Grande, Qulismal, extremo suroccidental del área de estudio, entre otros. Con estas quemadas se afectaron la vegetación de páramo y los bosques denso y fragmentado.

Finalmente en Guachucal las quemadas se presentaron con un total de 26,3 has, en la vereda Cuatines a los 3.400 m.s.n.m., en el cual se afectó la vegetación de páramo.

- Para 1997 las quemadas aumentaron relativamente sus áreas con respecto a 1987, por tal motivo se distribuyen de la siguiente forma en el área de estudio. En el municipio de Mallama al norte las zonas quemadas tienen un total de 904,53 has en sectores como: Pueblo Viejo, El Paramillo, El Guabo San Jorge entre otros, en donde se afectaron coberturas de bosques denso y fragmentado, vegetación de páramo y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Con respecto al municipio de Cumbal las zonas quemadas se identificaron con un total de 680,75 has en sectores como: El Tambillo, Miraflores y en el extremo suroccidental del área de estudio. En consideración se afectaron unidades de cobertura tales como: los bosques denso y fragmentado, vegetación de páramo y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Por último en el municipio de Guachucal las quemadas fueron relativamente pocas con un área total de 16,58 has, hacia el oriente del cerro Colimba a los 3.600 m.s.n.m., afectándose la vegetación de páramo únicamente.

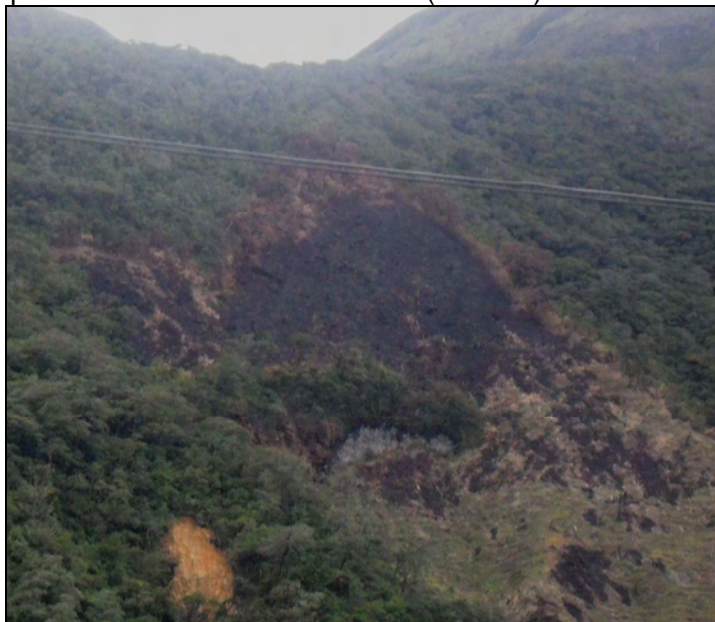
- Con respecto al año 2009, las zonas quemadas se distribuyeron en los tres municipios del área de estudio de la siguiente manera. En el municipio de Mallama al norte del área de estudio la quemadas con una superficie total de 96,1 has se localizaron en El Paramillo y Pueblo Viejo, afectándose principalmente la vegetación de páramo.

Por otro lado en Cumbal las quemadas tuvieron un total de 765,23 has, y se localizaron en sitios como: Miraflores, Llano Grande, suroriente de la laguna de Cumbal, flanco occidental del volcán Cumbal a partir de los 3.500 m.s.n.m. aproximadamente y en el extremo suroccidental del área de estudio (Resguardo Indígena de Mayasquer). En este sentido se afectaron coberturas como la vegetación de páramo y el mosaico de cultivos pastos y espacios naturales.

Con respecto a lo anterior, complementariamente con información primaria levantada en campo, zonas naturales y seminaturales como bosques, cultivos, pastos, arbustos y matorrales e incluso páramos afectadas por incendios no son tan recientes y donde su origen fue principalmente en la acción antrópica, como quemadas malintencionadas y como método agrícola empleado desde hace mucho tiempo por su eficacia en clarear el terreno y dejarlo apto para sembrar rápidamente los cultivos que producirán alimentos de necesidad inmediata. Esto junto a la alta fertilidad inicial del suelo inmediatamente después de la quema, que ha permitido que muchas personas, generación tras generación, puedan producir los alimentos que sus familias necesitan.

A medida que ha transcurrido el tiempo, en zonas hacia el norte y sur del área de estudio las quemadas no controladas han sido prácticas que impactan negativamente los ecosistemas de alta montaña debido a las consecuencias ocasionadas. Los incendios forestales suelen acabar con gran parte de la vegetación del monte. Las especies vegetales leñosas que sucumben al fuego son sustituidas por otras de carácter pionero, preparadas para colonizar con poco éxito este tipo de hábitats. Sucede así que lo que antes era un bosque denso, se convierte tras el fuego en un pastizal de gramíneas, mosaico de pastos y cultivos o malezas fácilmente inflamables y pobres en especies arbóreas.

Figura 75. Zona quemada en la vereda Miraflores (Cumbal)



FUENTE. Esta investigación. Vereda Miraflores-Cumbal. Fotografía: Germán Coral. (2011)

Figura 76. Zona Quemada en el Tambillo (Cumbal)



FUENTE. Esta investigación. Sector del Tambillo-Cumbal. Fotografía: Natalia Portilla. (2011)

7. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones generales para el área de estudio en la zona de Cumbal, en lo referente a aspectos como: cobertura actual del suelo, tendencias en el comportamiento de las coberturas, periodos de mayores cambios, áreas con mayor dinamismo en los cambios, factores de cambio, entre otros. El propósito de este capítulo es presentar los aspectos más relevantes de los resultados de esta investigación.

- Actualmente en la zona de Cumbal, según la metodología Corine Land Cover predominan las coberturas denominadas bosques y áreas seminaturales, las cuales constituyen el 55% del área de estudio, siendo la cobertura de páramo la de mayor superficie con el 36% seguida por el bosque denso con el 13%. La segunda unidad de mayor extensión está representada por los territorios agrícolas, que comprenden el 37,31%, con el mosaico de pastos y cultivos como cobertura más importante con el 23,94%, además del mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con el 10,20%. Los territorios artificializados con el tejido urbano continuo como la zona urbana del municipio de Cumbal (0,25%), las áreas húmedas (1,36%) y superficies de agua con la laguna de la Bolsa (0,60%) representan coberturas relativamente mínimas, pero de vital importancia en el contexto del área de estudio.
- Las tendencias en el comportamiento de las coberturas en primer lugar para el periodo parcial 1987-1997 estuvieron representadas por la relativa disminución de unidades como los pastos limpios, los bosques denso y fragmentado y la vegetación de páramo con 575,06, 629,29, 489,05 y 939,17 has respectivamente. En contraste coberturas como el mosaico de pastos y cultivos y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales presentaron un incremento también muy importante de 1.289,39 y 1.286,63 respectivamente. En este sentido los factores más significativos fueron el desmonte del bosque altoandino, para la extracción de leña destinada a las actividades domésticas asociadas a la preparación de alimentos de muchas familias campesinas e indígenas y para la elaboración del aguardiente "chupil" y del carbón vegetal.
- Con respecto al periodo 1997-2009 el comportamiento de las coberturas estuvo representado por la disminución significativa del bosque fragmentado en un área equivalente a 1.250,23 has, aunque también se presentó disminución importante de cobertura sobre la vegetación de páramo y bosque denso con áreas equivalentes a 372,17 y 254,77 respectivamente. Otro aspecto a resaltar en este comportamiento fue la desaparición en 2009 en la zona de Miraflores (Cumbal) del mosaico de pastos con espacios naturales, el cual se convirtió en pastos limpios. Complementariamente coberturas como el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; pastos limpios y el mosaico de pastos y cultivos presentaron incrementos equivalentes en 918,81, 832,19 y 785,92 has respectivamente. En este sentido los factores de cambio más significativos que han incidido entre 1997 y 2009 fueron: las prácticas de adecuación del suelo sobre zonas boscosas y de páramo para labores agrícolas y ganaderas, en varias partes del área de estudio.
- En general para el periodo total 1987-2009 se pudo concluir que para las coberturas naturales como: el bosque fragmentado, vegetación de páramo y el bosque denso presentaron disminuciones significativas con áreas equivalentes a 1.739,28, 1.311,34 y 884,06 has respectivamente. Por tal motivo estas disminuciones de cobertura fueron

causadas por factores de incidencia tales como la tala destinada para extracción de leña como combustible que utilizaban las familias campesinas, también en la preparación del aguardiente o “chupil”, el cual requería en grandes cantidades y para la elaboración del carbón vegetal. Además fue importante la propiedad de tierras por parte de los terratenientes, la siembra de cultivos de uso ilícito, así como también la gran cantidad de quemados como actividad de adecuación de la tierra, para labores agropecuarias, en cierta medida con fines productivos.

- En cuanto a las coberturas asociadas a actividades productivas para el periodo total (1987-2009) el mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; el mosaico de pastos y cultivos y los pastos limpios presentaron incrementos notables equivalentes en 2.205,44, 2.075,31 y 257,13 has respectivamente, confirmando la labor agropecuaria, resultado de la adecuación del suelo que se ha realizado. Por otro lado fue importante para 2009 específicamente en el sector de Miraflores la desaparición por completo del mosaico de pastos con espacios naturales, el cual fue remplazado por cobertura de pastos limpios. En estos territorios agrícolas los cambios que se presentaron fueron causados por actividades relacionadas a la ampliación de frontera agrícola traducida en la quema y tala.
- En relación a la zona urbana del municipio de Cumbal, se concluye que en el periodo total de referencia (1987-2009), esta área tuvo un incremento importante de 44,09 has equivalentes al 47%, con respecto a 1987, por lo que en la actualidad su superficie es de 94,77 has. En este sentido los procesos de urbanización estuvieron direccionados primordialmente hacia el sur, oriente y occidente de la zona urbana, transformando coberturas de mosaico de pastos y cultivos.
- Para el área de estudio, el periodo de mayores cambios es el que hace referencia al total (1987-2009), ya que presentó un total de 7.484,45 has representadas en tipos de cambio como la intervención agropecuaria con 4.934,47 has que equivalen al 15%, seguida por la intervención pecuaria con 1.046,18 equivalentes al 3%, intervención multipropósito con deforestación con 686,06 has equivalentes al 2%, entre otros tipos de cambios que no superan el 1%, pero son importantes a nivel local. En este sentido se vieron afectadas casi la totalidad de las coberturas en especial la vegetación de páramo, los bosques denso y fragmentado, además del mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
- En relación a las áreas con mayor dinamismo en los cambios de cobertura, se concluye que en zonas como la vereda Miraflores se han presentado múltiples tipos de cambio, donde el más representativo es la intervención agropecuaria, seguida de la intervención pecuaria, la intervención multipropósito con deforestación y la regeneración/restauración, las cuales han incidido para que principalmente el bosque fragmentado y el páramo hayan cambiado a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, además del cambio del mosaico de pastos con espacios naturales a pastos limpios.
- La zona entre el Tambillo y Llano Grande, fue otra área de mayor dinamismo en los cambios de cobertura, donde también fue evidente la intervención agropecuaria, por lo que para el periodo 1987-1997 fue evidente el cambio de la vegetación de páramo a mosaico de pastos y cultivos, además de la ampliación de la cobertura de cultivo,

pastos y espacios naturales. Por otro lado para el periodo 1997-2009, se presentó el cambio por completo del mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales a mosaico de pastos y cultivos. Tal es así que los factores más significativos de incidencia en esta zona fueron las que más al igual que la tala, para la ampliación de la frontera agropecuaria.

- En cuanto a la vereda de Pueblo Viejo (Mallama), se concluye que el dinamismo en los cambios de cobertura se hizo evidente en el periodo 1987-2009, donde principalmente la mayoría de bosque fragmentado y algunas zonas de páramo cambiaron a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales debido principalmente a la intervención agropecuaria. Aunque también la páramización se hizo presente en algunos sectores. Por otro lado para esta zona los factores de incidencia en los cambios de cobertura fueron la extracción de leña y carbón vegetal al igual que las quemaduras de forma indiscriminada.
- La intervención agropecuaria se constituyó en el tipo de cambio más importante durante el periodo de tiempo 1987-2009, por lo que se evidenció en los tres municipios que abarca el área de estudio, afectando a coberturas como el bosque fragmentado el páramo y el bosque denso, para convertirlas en territorios agrícolas, aptos para actividades agrícolas y ganaderas. En este sentido este tipo de intervención tuvo causas representadas en talas sobre zonas naturales, para de esta manera adecuar el terreno para labores agrícolas y ganaderas, Además de las constantes quemaduras, en la mayoría de veces realizadas para prácticas agrícolas y ganaderas.
- De manera general se observó que en los últimos 22 años (1987-2009), las áreas de páramo y selva altoandina han reducido notablemente su extensión, los cambios en cierta medida han sido muy significativos y de diferentes tipos pero principalmente, por la intervención agropecuaria y la intervención pecuaria, las cuales han causado variaciones considerables en las coberturas vegetales. En este sentido estos tipos de cambio se han incrementado debido principalmente a actividades como la ganadería, la agricultura incluso para cultivos de uso ilícito. Además en lo referido a los bosques, para la extracción de recursos vegetales destinados a diferentes usos y aprovechamientos tales como la elaboración del carbón, para la preparación de bebidas típicas en la zona como lo es el chapil, utilización de leña para la preparación de alimentos entre otros.
- La ampliación de la frontera agropecuaria, el avance de cultivos de uso ilícito, la posesión de tierras, la extracción de recursos forestales para múltiples fines como la elaboración del carbón vegetal, así como para la preparación del chapil, fueron los principales factores que incidieron en el cambio de la cobertura del suelo en la zona de estudio. A estos factores se le suma además la gran cantidad de quemaduras que afectaron sobre todo en zonas de vegetación de páramo, con el fin de ampliar las zonas agrícolas y para generar brotes tiernos de paja para el ganado.

8. RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones fueron realizadas principalmente teniendo en cuenta las sugerencias de los habitantes del área de estudio, además de la relación que tiene la investigación con respecto a temas como: el ordenamiento territorial, coberturas y cambios a monitorear y los factores que influyeron en el cambios de los ecosistemas de alta montaña como lo son el páramo y la selva altoandina.

- Debido a la intensa tala del bosque denso, presentada en los años 90 en la zona de Miraflores y que aun es visible en la actualidad, es necesario un proyecto de reforestación y restauración por parte de Alcaldía Municipal o de la Corporación Autónoma Regional de Nariño, la reforestación se debe realizar con plantas alboreas nativas, debido a que los habitantes de la zona manifiestan que últimamente los proyectos de este tipo, están concentrados en la zona limítrofe del país, es decir en la parte sur del área de estudio.
- En la vereda de Pueblo Viejo Municipio de Mallama lastimosamente se están llevando a cabo procesos de reforestación con pinos, siendo evidente la necesidad de una adecuada capacitación a los pobladores, por tanto se sugiere a las autoridades competentes como la Corporación Autónoma Regional de Nariño, teniendo en cuenta que los habitantes afirman estar olvidados por el gobierno local, para que labore jornadas de capacitación y así la reforestación se realice con plantas nativas. Además es necesario un proyecto por parte de la Gobernación Departamental de Nariño, que involucre apoyo financiero para que los mismos habitantes de la zona sean los que produzcan las semillas nativas para la respectiva reforestación.
- La cobertura vegetal de páramo, en los últimos 20 años presenta quemados en diversos lugares del área de estudio, esta actividad está relacionada inicialmente con la concepción de pobladores en quemar la paja para el rápido crecimiento de esta, y por la falta de sensibilización de las personas que inician los incendios de manera indiscriminada, entonces se resalta la necesidad de capacitaciones que indiquen la importancia de este ecosistema y su conservación. Estas charlas podrían ser incentivadas por parte de la Alcaldía Municipal, específicamente dictadas por el personal de la dependencia UMATA.
- Los integrantes del consejo mayor del Cabildo de Gran Cumbal afirman que la tradición oral se está perdiendo, dificultando la educación ambiental a los niños y jóvenes que habitan las zonas de páramo y selva del municipio, esto sumado al modelo educativo nacional, en sus habituales instituciones no permite la introducción de modelos tradicionales como lo es la educación autóctona de los indígenas que generalmente contribuyen a la conservación del área. Es así como por parte del cabildo Indígena del Gran Cumbal y las Directivas de Instituciones educativas podrían contribuir en realizar jornadas extra clase con los estudiantes para que conozcan la zona circundante al volcán Cumbal así como también las potencialidades y problemáticas ambientales que esta tiene, en pocas palabras que la juventud y la niñez reconozcan su territorio.
- Los proyectos que se realicen en los ecosistemas de alta montaña, deberían tener articulación entre la alcaldía Municipal, La Gobernación del departamento y la Corporación Autónoma Regional de Nariño, porque muchos de los proyectos

realizados en la zona no tienen continuidad, por tanto los resultados no son satisfactorios para la comunidad. Por ende las entidades gubernamentales, además de regirse por los Esquemas de Ordenamiento Territorial de los Municipios y los respectivos planes de desarrollo, se debería tener en cuenta el plan de vida de la comunidad indígena para que se de continuidad a dichos proyectos.

- En general esta investigación, es una herramienta que debería ser tenida en cuenta, para los procesos de ordenamiento territorial de los Municipios de Cumbal, Mallama Y Guachucal, porque indica en su cartografía y principalmente en los mapas de cambio, los lugares que deberían ser priorizados con planes programas y proyectos, además es importante que la investigación sea actualizada porque por medio de este trabajo se puede seguir monitoreando las coberturas vegetales de páramo, bosque denso y fragmentado así como también la laguna y los diferentes tipos de mosaicos. Respecto a los cambios hay que tener estricta vigilancia específicamente en áreas de deforestación como Miraflores y la zona de la Quebrada Golondrinas, además de monitorear el límite de la frontera agrícola la cual se encuentra entre los 3400 y 3500 msnm
- La mayoría de los factores de cambio se presentan por ingresos económicos bajos, en los años 60 la principal fuente de trabajo en la parte norte del área de estudio fue la fabricación artesanal del chapil, para la cual se requerían grandes cantidades de madera, dando como inicio a la intervención multipropósito con deforestación, en los siguientes años se prolongo esta actividad, como en el periodo de 1987 a 1997, por la introducción de la amapola en los páramos del Departamento. Entonces es necesario realizar algunos proyectos relacionados con el desarrollo sostenible para la zona.

9. BIBLIOGRAFIA

ALCALDÍA MUNICIPAL DE CUMBAL. Esquema de Ordenamiento Territorial, fase de diagnóstico general. 2008. 17, 234-238, 273-276 p.

_____ Plan de Desarrollo de Cumbal, ``Vida Cultural y Dignidad por siempre...``2008 – 2011. 13 – 15 p.

ALTIERI, M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment* 74. 1999. 19-31,p.

ARAYA MORALES Eddison José. Proyecto Microcuenca Platon-Pacayas, Manual de Procesos en Fotografías aéreas e Imágenes Satelitales, Documento Técnico Numero 11. San José de Costa Rica. Noviembre, 2009. 14, 15 p.

ASOCIACIÓN DE CABILDOS Y/O AUTORIDADES DEL NUDO DE LOS PASTOS. Plan Estratégico Binacional para el Fortalecimiento germinable de una comunidad vegetal de páramo húmedo sometida a quema y pastoreo (Parque nacional Natural Chingaza, Colombia). *Ecotrópicos* 15 (1):51-60 2002.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ECOLOGÍA TERRESTRE. Revista científica de ecología y medio ambiente, La diversidad de los agroecosistemas. Barcelona, 2007. 44 y 45, p.

BENAVIDES J. Umberto J, BURBANO L Alexandra X. Dinamica Poblacional del Resguardo Indígena de Panam (Pueblo de los Pastos). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Humanas; Departamento de Sociología. San Juan de Pasto. 2004.29-32 p.

BERNAL, Carlos. Otra Mirada al Ordenamiento Territorial. 2004.

CÁRDENAS, C., C. POSADA, O. VARGAS. 2002. Banco de semillas de la Tierra Desde el Espacio. Editorial Ariel S.A. Madrid 2002.

CASTAÑO-URIBE, C. (Ed.). Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición Hotspot y Global Climatic Tensor. Ministerio del Medio Ambiente. IDEAM. PNUD. 2002.

CENTRO DE INFORMACION, OBSERVACION Y MONITOREO TERRITORIAL AMBIENTAL, CIOMTA. 2003.

CHAVEZ Eduardo y BAUTISTA Harold. [http:](http://) Manual para el manejo y procesamiento de imágenes satelitales obtenidas del sensor remoto Modis de la NASA, aplicado en estudios de ingeniería civil. Bogotá D.C. 2005. p. 30.

CHUVIECO Emilio. Teledetección Ambiental. La observación Cultural y Natural del nudo de la Wuaca o de Los Pastos. s. f, s.e. 20, 23 – 72 p.

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

COMITÉ NACIONAL LEYENDA CORINE LAND COVER. Colombia. UAESPNN, 2008.

_____ Instructivo nomenclatura cobertura de tierras para Colombia. 2008. p. 9-69.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO, Corponariño, Plan de Manejo Páramo Paja Blanca. 2007. 56-60 p.

CORREIA DE ANDRADE, Manuel. Territorialidades, desterritorialidades, novas territorialidades: os limites do poder nacional, e do poder local. Editorial Hucitec, São Paulo, 1996.

CUATRECASAS, J. Aspectos de la Vegetación Natural en Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Físicas. 1958.

CHAVEZ. Milciades. Reflexiones sobre los Resguardos Indígenas de Nariño. Pasto: Union, 1997.234p.

DANE. Censos de población y vivienda en Nariño, 1973, 1985, 1993 y 2005. San Juan de Pasto. Medio magnético.

DTO. DE GEOGRAFÍA Y TURISMO, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR, ARGENTINA. DTO. DE INGENIERÍA CIVIL, FRBB, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. Análisis multitemporal y actualización cartográfica para evaluar las pérdidas del patrimonio natural y cultural de la Reserva Natural de uso múltiple isla de Puan, Buenos Aires, Argentina. Argentina. 2005.

ECOATLAS E IDR (la nueva ruralidad). Determinación de usos del suelo, mediante análisis multitemporal de imágenes landsat en los oasis de la provincia de Mendoza. Mendoza-Argentina. Marzo de 2005.

EUROPIAN TEPIIC CENTER. Corine Land Cover a Key Database for European Environmental Assessment. 1999. 2,6 p.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación.

Fundamentos físicos de teledetección, tema 1. <http://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema01.pdf>. p. 9.

GENTRY. A.H. Neotropical floristic diversity: Phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuation, or an accident of the Andean orogeny. 1982.

_____ The distribution and evolution of climbing plants. En: En: F.E. Putz & H.A. Mooney, eds. The Biology of Vines. Cambridge University Press, Cambridge, England. 1992.

GOBIERNO DEPARTAMENTAL DE SANTA CRUZ-BOLIVIA, SECRETARIA DEPARTAMENTAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE, DIRECCIÓN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CUENCAS-PLUS, EN CONVENIO CON EL MUSEO DE HISTORIA NATURAL NOEL KEMPFER MERCADO. Mapa de cobertura y uso actual de

la tierra del departamento de Santa Cruz, en base a imágenes de satélite. Santa Cruz, 2007. 4 y 19 p.

HERRERA ZAMBRANO, Adriana Elizabeth, Plan de Manejo Ambiental de Ecosistemas Frágiles de páramo, Vereda Tasmag, sector La Laguna Cumbal – Nariño. Pasto, Universidad de Nariño. 2000. 21- 33 p.

HOFSTEDE, R. Los páramos en el mundo: su diversidad y sus habitantes. En: Hofstede, R., Mena, P., Segarra, P. (Eds.). Los páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito. 2003.

HASON, Susan. Diez ideas geográficas que cambió el mundo. 1997.

IDEAM, IGAC Y CORMAGDALENA. Mapa de cobertura de la tierra cuenca Magdalena-Cauca, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000. 2007.

INGEOMINAS. Plancha Geológica de Nariño, 447 – Ipiales, 447 – Bis Tallambí. Escala 1: 100.000, 1 plano 90x66,7 cm y memoria explicativa. Medellín-Colombia. 2002.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA, REGIONAL DEL RÍO GRANDE DE LA MAGDALENA (CORMAGDALENA) Y EL INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Mapa de cobertura de la tierra cuenca Magdalena-Cauca, metodología corine land cover adaptada para Colombia. Bogotá D.C. 2006.

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Bogotá-Colombia. 2007.

_____ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Y DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN. Estudio cambio climático y su relación con el uso del suelo en los andes Colombianos. Colombia. 2010. p. 24.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Plano Topográfico del Municipio de Túquerres, N° 428. Escala 1:100.000. Bogotá, ICAG, 2006. 1 plano, 40x54cm.

_____ Estudio general de suelos y zonificación de tierras Departamento de Nariño, IGAC. Bogotá, 2004.

_____ Subdirección de agrología. Metodología para la clasificación del uso actual de las tierras a diferentes escalas, 1:500.000, 1:100.000 y 1:50.000. Colombia. 1998.

INSTITUTO NACIONAL FORESTAL (INAFOR). Frontera agrícola. Managua-Nicaragua. 2010. p. 3.

KALIPEDIA. Frontera agrícola. <http://co.kalipedia.com/geografia-colombia/tema/geografia-economica-social/ampliacion-frontera-agricola.html>.

LOPEZ, S, María. Universidad de Ratisbona-Alemania. Intensidad de rotación de usos de suelo en lotes de páramo: estudios de caso en la Sierra Norte del Ecuador. <http://www.condesan.org/e-foros/Paramo2004/LopezM.pdf>.

MACHADO, Hilda y CAMPOS Maybe. Reflexiones acerca de los ecosistemas agrícolas y la necesidad de su conservación. <http://payfo.ihatuey.cu/Revista/v31n4/pdf/pyf05408.pdf>. 2008.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT, EL INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI Y EL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Atlas de los Páramos en Colombia. Bogotá. 2007. p. 17.

_____ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000. 2010. 1, 33, 36, 37, 42 p.

_____ Programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana: Páramos. Primera Edición. Dirección General de Ecosistemas. Bogotá, D.C. 2001.

MINISTERIO DE SALUD DE LA NACIÓN Y SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Manual de teledetección, inventario nacional de bosques nativos. Argentina. 2004. p. 2

MOLANO BARRERO Joaquín. Villa De Leiva, Ensayo de Interpretación Social de una Catástrofe Ecológica. Fondo FEN Colombia. Bogotá, Colombia. 1990. 22, 25, 145-149, 159-162, 174, 176.

MONASTERIO, M. Estudios ecológicos de los páramos andinos. Mérida Venezuela. 1980

MONITOREO DE COBERTURA VEGETAL A TRAVES DEL ANALISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES DE SATELITE EN LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DE CUACHACA Y BURITACA. Dirección Nacional de Estupefacientes. Municipio de Santa Marta. 2005.

MORALES BETANCOURT, Juan Alejandro. Revista Luna Azul. 2006. s.e.

MORALES, J. & L. SARMIENTO. Dinámica de los macroinvertebrados edáficos y su relación con la vegetación en una sucesión secundaria en el páramo Venezolano. 2002.

OJEDA, D., J. PINTO, M.C. Cardona, M. Cuellar, S. Cruz, L.S. de la Torre, J. Castañeda, C.R. Barrera, Y. González, J.C. Alarcón. Ecosistemas. En: Leyva, P. (ed.). El medio ambiente en Colombia. IDEAM, Bogotá. 2001.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Situación de los bosques del mundo. 2001. FAO, Roma. 131 p.

PASTEUR, Louis. Free lance of science / Rene dubos.1986.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la Corporación Autónoma, Regional del Río Grande de la Magdalena (Cormagdalena) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) PRODUCCIÓN DE CARTOGRAFÍA DE COBERTURA Y USO DE SUELO, ESCALA 1:100.000 (METODOLOGIA CORINE LAND COVER CLC). Colombia, 2006.

RANGEL-CH, J.O. Consideraciones sobre la diversidad y la vegetación de alta montaña en Colombia. En: Lozano, J.A., J.D. Pabón. (Eds.). Memorias del Seminario Taller sobre alta montaña colombiana. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Memorias No 3. Santafé de Bogotá, 13-15 de octubre de 1995.

_____ La biodiversidad de Colombia. Bogotá-Colombia. p. 296.

REPÚBLICA DE NICARAGUA, INSTITUTO NACIONAL FORESTAL (INAFOR). Frontera Agrícola. Managua, 2004. 3 p.

RESTREPO, Gloria. Revista Perspectiva Geográfica, Aproximación Cultural al concepto de Territorio. 1999. 143-149p.

ROMERO, Sacristán Francisco. La teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. Madrid, España. 2006. p. 22.

RUEDA-ALMONACID, J.V., J.D. Lynch, & A. Amézquita (Eds). Libro Rojo de Anfibios de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá-Colombia. 2004.

SCRIBD. Sector primario en Colombia. <http://es.scribd.com/doc/61565358/Agricultura-tradicional>. 2011.

SRGIS, REMOTOS & GIS. Guía básica sobre imágenes satelitales y sus productos. http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf.

Teledetección, capítulo 10. http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario_10.pdf.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO, y CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO, CORPONARIÑO. Estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño, tomo II Características biofísicas de los páramos de Nariño. 2006. p. 150, 151, 164, 195 y 199.

_____ Tomo II. Características socioeconómicas de los páramos de Nariño. 2006. p. 123.

.VAN DER HAMMEN, Thomas. Plan Ambiental de la Cuenca Alta del Río Bogotá, Bogotá. 1998.

VÉLEZ, G, Hildebrando. Documento de discusión para la preparación de la V Conferencia Nacional de Páramos en Colombia. 2004. p. 4.

VERWEIJ, P.A., K. Kok, P.E. Budde. Aspectos de la transformación del páramo por el hombre. En: Van der Hammen, T., A.G. Dos Santos (eds.). *Estudios de ecosistemas tropoandinos* Volumen 5. La Cordillera Central Colombiana. Transecto Parque Los Nevados. Berlin-Stuttgart. 2003.