

**CAMBIOS EN LA COBERTURA DEL SUELO EN EL VOLCÁN GALERAS;
DEPARTAMENTO DE NARIÑO, PERIODO 1989 – 2015.**

**CHRISTIAN JAVIER PINZA JIMÉNEZ
MANUEL JOVANNY LEYTÓN GELPUD**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2017**

**CAMBIOS EN LA COBERTURA DEL SUELO EN EL VOLCÁN GALERAS;
DEPARTAMENTO DE NARIÑO, PERIODO 1989 – 2015.**

**CHRISTIAN JAVIER PINZA JIMÉNEZ
MANUEL JOVANNY LEYTÓN GELPUD**

**Trabajo de grado requisito parcial para optar el título de Geógrafo
Modalidad tesis**

**Asesor: Geógrafo, Germán Edmundo Narváez Bravo
Profesor Asistente departamento de Geografía Universidad de Nariño**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2017**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo de grado, son responsabilidad exclusiva del autor”

Artículo 1 del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

Director

Jurado 1

Jurado 2

San Juan de Pasto, Septiembre de 2017

AGRADECIMIENTOS

Al equipo de profesores del departamento de Geografía de la Universidad de Nariño, a nuestro asesor German Narváez y al equipo de trabajo del Santuario de Flora y Fauna Galeras.

CHRISTIAN JAVIER PINZA JIMÉNEZ
MANUEL JOVANNY LEYTÓN GELPUD

DEDICATORIA

A mi madre, quien ha sido una mujer incondicional en mi vida, la razón para mejorar cada día en todos mis aspectos y mi apoyo en cada momento, a ella le debo todo y esto va dedicado especialmente para ti madre hermosa, gracias por tu amor.

A Gaby por ser la mujer que me ha enseñado las cosas buenas de la vida, quien ha sido la chica que me ha regalado mucha felicidad cada día. Tus deseos conmigo siempre han sido los mejores, gracias por todo, tú también eres parte de este logro importante.

A mi familia que siempre ha estado presente en cada momento brindándome su compañía y sus palabras de apoyo. Y en especial a una persona que me acompaña desde el cielo, mi abuelito Alejandro Jiménez, quien desde mi infancia me ha enseñado los valores importantes de la vida, el trabajo y la fuerza para afrontar cada situación, tu legado siempre está presente en mi vida.

Y finalmente a todas aquellas personas que de alguna forma estuvieron presentes y me acompañaron en este proceso de mi formación académica.

Mil gracias

Christian Javier Pinza Jiménez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, producto de la inspiración que le dan a mi vida cada día, a mi hija, Gabriela Leytón Erazo, a mi esposa Mónica Erazo, a mis padres Clara Eliza Gelpud y Jorge Enrique Leytón, a mis hermanas Yamile y Lorena, a mi sobrino Manuelito y a mi abuelita Mariana, quien desde otra dimensión existencial, siempre me acompaña.

Manuel Jovanny Leytón Gelpud

RESUMEN

En la presente investigación se analizan los cambios en la cobertura del suelo ocurridos en un periodo de 26 años en el volcán Galeras, ubicado en el extremo noroccidental del municipio de Pasto departamento de Nariño. Concretamente, el área de estudio se delimitó por la vía circunvalar, y en ella se encuentran el Santuario de Flora y Fauna Galeras, que hace parte del Sistema Nacional de Parques Naturales de Colombia, y siete municipios que conforman su área de influencia: Pasto, Nariño, La Florida, Sandoná, Consacá, Yacuanquer y Tangua. Se utilizó la técnica de teledetección y los programas ArcGis 10.2 ® y Erdas 2013 ® para el procesamiento de imágenes satelitales Lansat de los años: 1989, 2002 y 2015. Se hicieron varios recorridos en el área de estudio con el acompañamiento de funcionarios de Parques Nacionales Naturales para el levantamiento de información primaria, y se elaboró cartografía base y temática a escala 1: 50.000, relacionada con las coberturas del suelo y sus cambios multitemporales.

Para caracterizar la cobertura actual del suelo, año 2015, se clasificaron 45 unidades de coberturas de acuerdo con la Leyenda Nacional del Mapa de Coberturas de la Tierra de Colombia a escala 1:100.000, de la cual se conservó su estructura jerárquica y se adaptó después del tercer nivel según las necesidades de este estudio. Se mapificaron 32.329,1 ha, de las cuales, 1.272,9 (3,94 %) son de territorios artificializados; 17.920,8 ha (55,43 %) corresponden a territorios agrícolas; 13.103,1 ha (40,53 %) son coberturas de bosques y áreas seminaturales y, 32,4 ha. (0,10 %) son de superficies de agua y áreas húmedas. Los cambios en las coberturas del suelo se describen en siete tipos de cambio identificados con un símbolo alfabético, en cada uno se agruparon diferentes coberturas que comparten las características descritas en los tres primeros niveles generales de la metodología CLCC; por tanto, en cada tipo de cambio se representan las coberturas que cambiaron a otras coberturas de un mismo nivel o, a coberturas de un nivel diferente.

Las coberturas agrupadas se organizaron en tablas, de mayor a menor según su área de cambio. De estas se analizaron solo aquellas que en su respectivo orden, representaron más del 50% del área cuantificada en cada tipo de cambio. Criterio que se adoptó en esta investigación para describir los cambios más significativos, sin desconocer los demás cambios en las otras coberturas. Por tanto, La información detallada se presenta en 9 anexos, siete que corresponden a los tipos de cambio, y dos que contienen la cuantificación general del incremento o de la reducción de las coberturas, y la matriz general de cambios, donde se organizaron las 45 coberturas de acuerdo con los cinco niveles generales de la metodología Corine Land Cover Colombia, y no por tipo de cambio. Por último, se describen 11 causas y factores que influyeron en dichos cambios, así como los lugares donde se identificaron y el área de afectación que se registró en cada uno de ellos.

ABSTRACT

In the present investigation are analyzed the changes in the cover of the soil occurred in a period of 26 years in the volcano Galeras, located in the northwestern end of the municipality of Pasto department of Nariño. Specifically, the area of study was delimited by the circunvalar track, and there is the Sanctuary of Flora and Fauna Galeras, which is part of the National System of Natural Parks of Colombia, and seven municipalities that make up its area of influence: Pasto, Nariño, Florida, Sandoná, Consacá, Yacuanquer and Tangua. We used the remote sensing technique and the ArcGis 10.2 ® and Erdas 2013 ® programs for the Lansat satellite image processing of the years: 1989, 2002 and 2015. There were several tours in the study area with the accompaniment of National Park officials for the collection of primary information, and basic and thematic cartography was elaborated at a scale of 1: 50,000, related to the coverages of the soil and its multitemporal changes.

To characterize the current land cover, in 2015, 45 coverage units were classified according to the National legend Map of the Earth of Colombia at a scale of 1: 100,000, from which its hierarchical structure was retained and later adapted Of the third level according to the needs of this study. 32,329.1 ha were mapped, of which, 1,272.9 (3.94%) are of artificialized territories; 17,920.8 ha (55.43%) correspond to agricultural territories; 13,103.1 ha (40.53%) cover forests and semi-natural areas, and 32.4 ha. (0.10%) are of water surfaces and wet areas. Changes in soil cover are described in seven types of change identified with an alphabetic symbol, each grouping different coverages that share the characteristics described in the first three general levels of the CLCC methodology; There fore, in each exchange rate, the hedges that changed to other coverage of the same level or, to coverage of a different level, are represented.

The grouped coverages were organized into tables, from highest to lowest according to their area of change. Of these, only those that in their respective order represented more than 50% of the quantified area in each type of change were analyzed. Criterion that was adopted in this investigation to describe the most significant changes, without ignoring the other changes in the other coverage. Therefore, the detailed information is presented in 9 annexes, seven corresponding to the exchange rates, and two that contain the general quantification of the increase or the reduction of the coverages, and the general matrix of changes, where the 45 Hedges according to the five general levels of the Corine Land Cover Colombia methodology, and not by exchange rate. Finally, we describe 11 causes and factors that influenced these changes, as well as the places where they were identified and the area of affectation registered in each of them

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN.....	23
SUMMARY.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	24
1 PROBLEMA.....	25
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	25
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	25
2 JUSTIFICACIÓN.....	26
3 OBJETIVOS.....	27
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
4 MARCO CONTEXTUAL.....	28
4.1 ANTECEDENTES.....	28
4.1.1 A nivel internacional.....	28
4.1.2 A nivel nacional.....	29
4.1.3 A nivel regional.....	30
4.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	32
4.3 MARCO CONCEPTUAL.....	34
4.3.1 Cobertura del suelo.....	34
4.3.2 Ecosistemas de alta montaña.....	35
4.3.3 Dinámica multitemporal de la cobertura del suelo.....	36
4.3.4 Teledetección.....	37
5 MARCO LEGAL.....	40
5.1 Ley 388 de 1997.....	40
5.2 Decreto 2811 de 1974.....	40
5.3 Decreto 622 de 1977.....	40
5.4 Decreto 2372 de 2010.....	40
5.5 Resolución 052 del 22 de marzo de 1985.....	41
5.6 Resolución 769 del 5 de agosto de 2002.....	41

5.7	Resolución 068 del 28 de enero de 2005	41
5.8	Resolución 0210 del 5 de junio de 2015.....	41
6	METODOLOGÍA	42
6.1	FASE UNO: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA, CARTOGRÁFICA Y RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	42
6.1.1	Revisión de información bibliográfica o documental.....	42
6.1.2	Revisión de información cartográfica y de sensores remotos.	42
6.1.3	Reconocimiento general del área de estudio.	42
6.2	FASE DOS: ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE SENSORES REMOTOS, PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES Y ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE COBERTURA DEL SUELO	43
6.2.1	Análisis de ortofotomosaicos e imagen radar.....	43
6.2.2	Elaboración del mapa topográfico.	43
6.2.4	Clasificación de la imagen.....	45
6.2.5	Adaptación y aplicación de la metodología Corine Land Cover.....	46
6.2.6	Elaboración de mapas de cambio de cobertura de suelo.....	49
6.3	FASE TRES: TRABAJO DE CAMPO	51
6.3.1	Verificación de coberturas.....	51
6.3.2	Verificación de cambios y levantamiento de información primaria.....	52
6.4	FASE CUATRO: ANÁLISIS Y SISTEMATIZACIÓN FINAL DE RESULTADOS.....	52
6.4.1	Ajuste final a la cartografía generada.....	52
6.4.2	Caracterización de las coberturas del suelo, análisis de los cambios, sus causas y factores.	53
7	DESCRIPCIÓN DE LAS COBERTURAS DEL SUELO PARA EL AÑO 2015.....	55
7.1	Territorios artificializados	55
7.1.1	Zonas urbanizadas.....	56
7.1.1.1	Tejido urbano continuo (Tuc).	56
7.1.1.2	Tejido urbano discontinuo (Tud).	56
7.1.2	Zonas industriales o comerciales.	56
7.1.2.1	Zona de entrenamiento militar (Zem).....	56
7.1.2.2	Planta de beneficio animal (Pba),	57
7.1.2.3	Sede universitaria (Su).....	57

7.1.3	Zonas de extracción minera y escombreras.....	57
7.1.3.1	Cantera de arena (ZemCa).....	57
7.1.3.2	Cantera de piedra (ZemCp).....	57
7.1.3.3	Escombrera (ZemE).....	58
7.1.4	Zonas verdes artificializadas no agrícolas.....	58
7.1.4.1	Cementerios (ZvaC).....	58
7.1.4.2	Instalaciones recreativas (Zvalr).....	58
7.2	Territorios agrícolas	58
7.2.1	Cultivos transitorios.....	58
7.2.1.1	Papa (CtP).....	59
7.2.2	Cultivos permanentes.....	60
7.2.2.1	Caña panelera (CpCp).....	60
7.2.3	Pastos.....	60
7.2.3.1	Pastos limpios (PPI).....	61
7.2.3.2	Pastos enmalezados (PPe).....	61
7.2.3.3	Pastos arbolados (PPa).....	61
7.2.4	Áreas agrícolas heterogéneas.. ..	61
7.2.4.1	Mosaico de cultivos.....	62
7.2.4.1.1	Mosaico de cultivos de piso térmico frío (M1F).....	62
7.2.4.1.2	Mosaico de cultivos de piso térmico frío (M1F).....	62
7.2.4.1.3	Mosaico de cultivos de piso térmico templado (M1T).....	62
7.2.4.2	Mosaico de pastos y cultivos	63
7.2.4.2.1	Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío (M2F).....	63
7.2.4.2.2	Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado (M2T).....	63
7.2.4.3	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.....	64
7.2.4.3.1	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales – Bosque Ripario (M3Bri).....	64
7.2.4.3.2	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales – Bosque Relictual (M3Bre).....	64
7.2.4.3.3	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales – Arbustal	

(M3A).....	64
7.2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales.....	64
7.2.4.4.1 Mosaico de pastos con espacios naturales – Bosque ripario (M4Bri).....	65
7.2.4.4.2 Mosaico de pastos con espacios naturales – Bosque relictual (M4Bre).....	65
7.2.4.4.3 Mosaico de pastos con espacios naturales – Arbustal (M4A).....	65
7.2.4.5 Mosaico de cultivos con espacios naturales.....	66
7.2.4.5.1 Mosaico de cultivos con espacios naturales – Bosque relictual (M5Bre)	66
7.2.4.5.2 Mosaico de cultivos con espacios naturales – Arbustal (M5A).....	66
7.3 Bosques y áreas seminaturales.....	66
7.3.1 Bosques.....	66
7.3.1.1 Bosque denso (Bd)	68
7.3.1.2 Bosque fragmentado.....	68
7.3.1.2.1... Bosque fragmentado con pastos (Bfp).....	68
7.3.1.3 Bosque ripario (Bri).	69
7.3.1.4 Plantación forestal (Pf).....	70
7.3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva.....	70
7.3.2.1 Herbazal.....	70
7.3.2.1.1 Herbazal denso.....	70
7.3.2.1.1.1 Herbazal denso de páramo – Pajonal (HdP).....	70
7.3.2.1.1.2.. Herbazal denso de páramo Pajonal - Frailejonal (HdPF).71	
7.3.2.1.1.3 Herbazal denso de páramo con arbustos (Hdca).....	71
7.3.2.1.1.4 Otro tipo de herbazal denso de páramo (OtHd).....	71
7.3.2.1.2 Herbazal abierto.....	72
7.3.2.1.2.1 Herbazal abierto rocoso (Har).....	72
7.3.2.2 Arbustal.....	72
7.3.2.2.1 Arbustal denso.....	72

7.3.2.2.1.1	Arbustal denso de páramo (Adp).....	73
7.3.2.2.1.2	Otro tipo de arbustal denso (OtAd).....	73
7.3.2.2.2	Arbustal abierto.....	74
7.3.2.2.2.1	Arbustal abierto de páramo (Aap).....	74
7.3.2.2.2.2	Arbustal abierto rocoso (Aar).....	74
7.3.2.2.2.3	Otro tipo de arbustal abierto (OtAa).....	75
7.3.2.3	Vegetación secundaria o en transición (Vst).....	75
7.3.3	Áreas abiertas sin o con poca vegetación.....	75
7.3.3.1	Afloramientos rocosos (Ar).....	75
7.4	Áreas húmedas.....	75
7.4.1	Áreas húmedas continentales.....	75
7.4.1.1	Turberas (AhcT).....	76
7.5	Superficies de agua.....	76
7.5.1	Aguas continentales.....	76
7.5.1.1	Lagunas naturales (Ln).....	76
8	DESCRIPCIÓN DE LOS CAMBIOS EN LAS COBERTURAS DEL SUELO...	77
8.1	Área de cambio registrada en cada periodo.....	77
8.2	Descripción de los tipos de cambio.....	77
8.3	Análisis comparativo de la superficie ocupada por cada tipo de cambio en los dos periodos parciales.....	79
8.4	Análisis detallado de las coberturas agrupadas en cada tipo de cambio.....	80
8.4.1	Coberturas agrupadas en el tipo de cambio TAg a TAg.....	80
8.4.1.1	Cambios de la cobertura de pastos limpios.....	81
8.4.1.2	Cambios de la cobertura de mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío.....	82
8.4.2	Coberturas agrupadas en el tipo de cambio TAg a BAS.....	83
8.4.2.1	Cambios de la cobertura de pastos limpios.....	84
8.4.2.2	Cambios en la cobertura de mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado.....	85
8.4.3	Coberturas agrupadas en el tipo de cambio BAS a TAg.....	85
8.4.3.1	Cambios en la cobertura de otro tipo de arbustal denso.....	86

8.4.3.2 Cambios en la cobertura de bosque denso.....	87
8.4.4 Coberturas agrupadas en el tipo de cambio BAS a BAS	87
8.4.4.1 Cambios en la cobertura de arbustal denso de páramo.	88
8.4.4.2 Cambios en la cobertura de otro tipo de arbustal abierto.	89
8.4.4.3 Cambios en la cobertura de vegetación secundaria o en transición.....	89
8.4.4.4 Cambios en la cobertura de bosque denso.....	89
8.4.5 Coberturas agrupadas en el tipo de cambio TAg a TAr.	90
8.4.5.1 Cambios en la cobertura de mosaico de cultivos de piso térmico frio.....	91
8.4.6 Tipo de cambio BAS – TAr y TAr - BAS.....	91
9 CAUSAS Y FACTORES QUE INCIDIERON EN LOS CAMBIOS DE COBERTURA DEL SUELO EN EL PERIODO 1989 – 2015.....	92
9.1 Intervención pecuaria	92
9.2 Intervención agropecuaria	94
9.3 Intervención agrícola	95
9.4 Regeneración y/o Restauración	96
9.5 Deforestación	99
9.6 Urbanización.....	101
9.7 Sucesión vegetal	103
9.8 Explotación forestal	104
9.9 Actividad volcánica	105
9.10 Intervención minera	106
9.11 Paramización.....	107
Conclusiones	109
Recomendaciones	110
10 BIBLIOGRAFÍA	111

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Coberturas de territorios artificializados	55
Tabla 2. Coberturas de territorios agrícolas	59
Tabla 3. Coberturas de bosques y áreas seminaturales	67
Tabla 4. Áreas de cambio en los dos periodos parciales y en el periodo total.....	78
Tabla 5. Coberturas agrupadas en el tipo de cambio TAg a TAg, áreas de cambio y porcentajes.....	81
Tabla 6. Coberturas agrupadas en el tipo de cambio TAg a BAS, áreas de cambio y porcentajes.....	83
Tabla 7. Coberturas agrupadas en el tipo de cambio BAS a TAg, áreas de cambio y porcentajes.....	85
Tabla 8. Coberturas agrupadas en el tipo de cambio BAS a BAS, áreas y porcentajes	87
Tabla 9. Coberturas agrupadas en el tipo de cambio TAg a TAr, áreas y porcentajes	90
Tabla 10. Intervención pecuaria en diferentes municipios	93
Tabla 11. Intervención agropecuaria en diferentes municipios	94
Tabla 12. Intervención agrícola en diferentes municipios	96
Tabla 13. Causas de cambio en las coberturas del suelo, periodo 1989 – 2015..	108

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Leyenda de los mapas de cobertura del suelo adaptada de la metodología Corine Land Cover	47
Cuadro 2. Cartografía generada	53

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Área de estudio.....	33
Figura 2. Toma de puntos de control para registro de imagen	44
Figura 3. Eliminación leve de nubes, imagen Landsat 2015.....	44
Figura 4. Corrección atmosférica	45
Figura 5. Muestreo digital de la cobertura Herbazal denso de páramo.....	46
Figura 6. Edición de polígonos sobre la imagen satelital (laguna Telpis)	46
Figura 7. Cambio total de un tipo de cobertura a otro, conservando la misma área.....	50
Figura 8. Cambio de una cobertura por incremento de área	50
Figura 9. Aparición de una cobertura dentro de una unidad mas grande	50
Figura 10. Intersección de polígonos traslapados.....	50
Figura 11. Puntos GPS de identificación y verificación de coberturas	52
Figura 12. Visualización de imágenes con Street View for ArcGis 10.2.....	52
Figura 13. Tejido urbano continuo, sector occidental municipio de Pasto	56
Figura 14. Tejido urbano discontinuo, Obonuco Centro, municipio de Pasto	56
Figura 15. Zona de entrenamiento militar, municipio de Pasto	56
Figura 16. Planta de beneficio animal, corregimiento de Jongovito, municipio de Pasto.....	57
Figura 17. Canteras de arena, Corregimiento de Catambuco, municipio de Pasto	57
Figura 18. Cantera de piedra, corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto ..	57
Figura 19. Escombrera, corregimiento de Jongovito, municipio de Pasto	58
Figura 20. Cementerio Cristo Rey, Km 4 salida al sur, vía Pasto – Ipiales	58
Figura 21. Instalaciones recreativas en el corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto.....	58
Figura 22. Cultivo de papa, corregimiento de Gualmatán municipio de Pasto.....	59
Figura 23. Caña panelera, vereda San Isidro municipio de Sandoná	60
Figura 24. Pastos limpios, vereda Churupamba, municipio de Consacá	61

Figura 25. Mosaico de cultivos de piso térmico frío, corregimiento de Gualmatán, municipio de Pasto.....	62
Figura 26. Mosaico de cultivos de piso térmico templado, municipio de Consacá	62
Figura 27. Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío, vereda San José de Córdoba, municipio de Yacuanquer.....	63
Figura 28. Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado, vereda Alto Bomboná, municipio de Consacá	63
Figura 29. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales – Bosque Relictual, vereda El Rosario, municipio de Yacuanquer	64
Figura 30. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales – arbustal, vereda Barranco, municipio de La Florida	65
Figura 31. Mosaico de pastos con espacios naturales – bosque ripario, quebrada San José, municipio de Yacuanquer.....	65
Figura 32. Mosaico de pastos con espacios naturales – Arbustal, municipio de Yacuanquer.....	66
Figura 33. Bosque denso, municipio de Pasto, Corregimiento de Obonuco.....	68
Figura 34. Bosque fragmentado con pastos, vereda El Rosario, municipio de Yacuanquer.....	68
Figura 35. Bosque ripario, quebrada Payacones, corregimiento Mapachico, municipio de Pasto.....	69
Figura 36. . Herbazal denso de páramo – Pajonal, corregimiento de Genoy, municipio de Pasto.....	70
Figura 37. Herbazal denso de páramo Pajonal - Frailejonal, Laguna de Telpis.....	71
Figura 38. Herbazal denso de páramo con arbustos, vereda San Cayetano, Pasto	71
Figura 39. Otro tipo de herbazal denso de páramo, SFF Galeras	71
Figura 40. Herbazal abierto rocoso, sector antenas RCTV - Volcán Galeras	72
Figura 41. Arbustal denso de páramo, vereda San Felipe, municipio de Yacuanquer.....	73
Figura 42. Otro tipo de arbustal denso, vereda el carrizal, municipio de Sandoná	73

Figura 43. Arbustal abierto de páramo, SFF Galeras, vereda San José, municipio de Consacá.....	74
Figura 44. Arbustal abierto rocoso, sector occidental SFF Galeras, municipio de Consacá.....	74
Figura 45. Otro tipo de arbustal abierto, Vereda Churupamba, municipio de Consacá.....	75
Figura 46. Vegetación secundaria o en transición vereda Alto Bomboná (Consacá)	75
Figura 47. Afloramientos rocosos, cima del volcán Galeras	75
Figura 48. Turbera, SFF Galeras (Microcuenca Piquisiqui, Municipio de Tangua)	76
Figura 49. Laguna negra, SFF Galeras (Tangua – Pasto).....	76
Figura 50. Cuantificación del área de cambio en cada periodo	77
Figura 51. Tendencia de reducción que presentaron los cinco tipos de cambio....	79
Figura 52. Otras coberturas de territorios agrícolas identificadas en áreas antes ocupadas por pastos limpios	82
Figura 53. Otras coberturas de territorios agrícolas identificadas en áreas antes ocupadas por mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío.....	82
Figura 54. Coberturas de bosques y áreas seminaturales identificadas en áreas antes ocupadas por pastos limpios.....	84
Figura 55. Coberturas de bosques y áreas seminaturales identificadas en áreas antes ocupadas por mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado	85
Figura 56. Coberturas de territorios agrícolas identificadas en áreas antes ocupadas por otro tipo de arbustal denso.....	86
Figura 57. Coberturas de territorios agrícolas identificadas en áreas antes ocupadas por bosque denso.....	87
Figura 58. Otras coberturas de bosques y áreas seminaturales identificadas en áreas antes ocupadas por arbustal denso de páramo	88
Figura 59. Otras coberturas de bosques y áreas seminaturales identificadas en áreas antes ocupadas por otro tipo de arbustal abierto	89
Figura 60. Otras coberturas de bosques y áreas seminaturales identificadas en	

áreas antes ocupadas por bosque denso	89
Figura 61. Coberturas de territorios artificializados identificadas en áreas antes ocupadas por mosaico de cultivos de piso térmico frío	91
Figura 62. Coberturas afectadas por intervención pecuaria	94
Figura 63. Coberturas regeneradas y/o restauradas, periodo 1989 – 2015.....	99
Figura 64. Coberturas deforestadas en el periodo 1989 – 2015.....	101

ANEXOS

Cartográficos

Mapa N° 1. Mapa base

Mapa N° 2. Espacio mapa

Mapa N° 3. División político administrativa

Mapa N° 4. Hidrografía

Mapa N° 5. Cobertura actual del suelo año - 2015

Mapa N° 6. Cobertura del suelo - año 2002

Mapa N° 7. Cobertura del suelo - año 1989

Mapa N° 8. Cambios en la cobertura del suelo periodo 1989 - 2002

Mapa N° 9. Cambios en la cobertura del suelo periodo 2002 – 2015

Mapa N° 10. Cambios en la cobertura del suelo periodo 198 – 2015

Mapa N° 11. Causas de cambio periodo 1989 – 2015

Mapa N° 12. Cobertura actual del suelo SFF Galeras - año 2015

Mapa N° 13. Causas de cambio SFF Galeras periodo 1989 – 2015

Matrices

M 1. Tipo de cambio TAg - TAg

M 2. Tipo de cambio TAg a BAS

M 3. Tipo de cambio BAS a TAg

M 4. tipo de cambio BAS a BAS

M 5. Tipo de cambio TAg a TAr

M 6. Tipo de cambio TAr a BAS

M 7. Tipo de cambio Bas a TAr

Matriz 8. Matriz general de cambios, periodo 1989 - 2015

Tablas

T 1. Cuantificación general de los cambios en la cobertura del suelo

T 2. Cuantificación general de los cambios en
la cobertura del suelo, periodo 1989 – 2002

T 3. Cuantificación general de los cambios en la cobertura del suelo, periodo 2002
– 2015

T 4. Cuantificación general de los cambios en la cobertura del suelo, periodo 1989
- 2015

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se analizaron los cambios en la cobertura del suelo ocurridos en un periodo de 26 años (1989 - 2015) en el volcán Galeras y su área de influencia. Para ello se llevó a cabo un proceso investigativo, del cual se presenta detalladamente su estructura en este documento y se describe a continuación: En primera instancia, se encuentra la formulación del problema, su descripción, justificación y planteamiento de los objetivos, uno general y tres específicos. Seguidamente está el marco de referencia con la descripción general del área de estudio, los antecedentes de orden: internacional, nacional y regional; el marco conceptual, el marco legal y la metodología que se retomó de estudios similares realizados por el grupo de investigación TERRA del programa de Geografía de la Universidad de Nariño.

Por otra parte los resultados que se obtuvieron, se presentan en tres capítulos: En el primero se encuentra la caracterización general de la cobertura actual del suelo, año 2015; en el segundo se describen estadísticamente los cambios identificados en las coberturas del suelo durante 26 años; y en el tercero y último, se presentan las causas y factores que los ocasionaron. En la parte final del documento se encuentran las conclusiones y recomendaciones, y la bibliografía que se utilizó para estructurar los contenidos conceptuales pertinentes con esta temática.

Cabe resaltar que en este estudio se utilizó el método cuali-cuantitativo con enfoque analítico-descriptivo; y que además, pertenece a la línea de investigación denominada Caracterización Biofísica y Ambiental del Espacio Geográfico (Problemáticas y Evaluación Ambiental) del programa de Geografía adscrito a la Facultad de Ciencias Humanas de esta universidad. Por último, es importante mencionar que fue uno de los proyectos adelantados por el grupo de investigación TERRA, en convenio con Parques Nacionales Naturales, encargados del manejo del área protegida del Santuario de Flora y Fauna Galeras

1 PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los cambios en la cobertura del suelo que se dieron en el Volcán Galeras, en el periodo comprendido entre los años 1989 – 2015?

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los problemas ambientales que existen sobre áreas de especial importancia ecosistémica obedecen a la influencia de factores socioculturales, económicos y políticos; y se consideran como situaciones negativas que afectan el desarrollo integral, sostenible y sustentable de las comunidades que se benefician de su oferta ambiental. Uno de estos problemas es el cambio en la cobertura del suelo, su trascendencia tiene referentes históricos, tal vez más acentuados en tiempos de la colonia, cuando los espacios naturales fueron sometidos a la presión antrópica para hacer de ellos espacios agrícolas, que en muchos casos, terminaron degradados debido al desarrollo de sistemas productivos y prácticas poco sostenibles para el manejo de los recursos naturales.

En la actualidad, como en el pasado, dicho problema marca la transformación de los espacios naturales. Caso presente en el Volcán Galeras, donde la desaparición de varias especies de flora nativa, producto de la intervención humana sobre el entorno natural con fines productivos, pone en peligro los hábitats de la fauna silvestre y disminuye considerablemente la oferta del recurso hídrico para las comunidades asentadas en su zona de influencia¹; en este sentido, la pérdida de la vegetación, también puede alterar notablemente el clima y el ambiente físico de un lugar.

Es de esperar entonces, que al disminuir o desaparecer las coberturas vegetales de los ecosistemas estratégicos de páramo y de bosque altoandino, en esta zona, el suelo quede expuesto a los procesos erosivos y aumente su temperatura superficial, disminuya la evapotranspiración y la precipitación, se produzcan variaciones en su estructura ecosistémica en términos de extensión, fragmentación y deterioro en general; y por otra parte, que las áreas desprovistas de vegetación queden susceptibles para que el ser humano ejerza sobre ellas cualquier tipo de actividad productiva, y con esto, cambie radicalmente el uso potencial del suelo.

2 JUSTIFICACIÓN

En el área de estudio se encuentra el Santuario de Flora y Fauna Galeras (SFF). Área Protegida (AP) pública del orden nacional, bajo la administración y manejo de Parques Nacionales Naturales (PNN). Es un escenario de belleza paisajística sin igual, donde se encuentran los valores objetos de conservación (VOC) como son los ecosistemas estratégicos de páramo y selva altoandina². Esta área cumple funciones ecosistémicas y ecoturísticas con enfoque recreativo y de educación ambiental; y además, incide en el desarrollo sociocultural, económico y territorial de las comunidades urbanas y rurales de esta región. Cabe resaltar, que este lugar está incluido dentro de diversas figuras de planificación y ordenamiento territorial a nivel municipal y departamental, pues la condición de área protegida del SFF Galeras, permite valorarlo como “eje y punto de unión con áreas y territorios que se conciben como propuestas y estratégicas”³ para el manejo político, ambiental, social y económico de esta región.

En el Plan de Manejo del SFF Galeras 2006 - 2010⁴ se resalta su importancia ambiental por ser el nacimiento de aproximadamente 120 fuentes de agua que son aprovechadas en su totalidad por las cabeceras municipales de: Sandoná, Yacuanquer, La Florida, Nariño y Consacá; y se benefician de ellas, de manera parcial, el sector urbano y rural de los municipios de Pasto y Tangua. En efecto, son alrededor de trecientas mil personas que hacen uso de este recurso para el consumo humano y el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias

Los resultados generados en esta investigación, producto del análisis, caracterización, sistematización y representación cartográfica de esta problemática ambiental, se consolidan como una herramienta técnica y conceptual que aporta nueva información para provecho de la academia y de las entidades encargadas del ordenamiento territorial, de la protección y conservación de los recursos naturales a nivel municipal, regional y nacional; y del manejo del SFF Galeras y su zona con función amortiguadora.

En este sentido, la ciencia Geográfica complementaria con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), contribuyen en la identificación, evaluación y seguimiento de uno de los problemas ambientales presentes en un punto estratégico para el desarrollo sostenible de la zona andina en el suroccidente Colombiano.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar los cambios en la cobertura del suelo en el volcán Galeras; Departamento de Nariño, periodo 1989 - 2015.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Elaborar el diagnóstico de la cobertura actual del suelo en el área de estudio.
- ✓ Describir los cambios en la cobertura del suelo presentados en el área de estudio en el periodo 1989 - 2015.
- ✓ Identificar las causas y factores que han incidido en los cambios de cobertura del suelo en el área de estudio en el periodo 1989 - 2015.

4 MARCO CONTEXTUAL

4.1 ANTECEDENTES

Para estructurar esta investigación, se revisaron documentos desde el ámbito internacional, nacional y regional, relacionados con la aplicación de metodologías de análisis multitemporal, teledetección, clasificación de coberturas del suelo, caracterización de ecosistemas de alta montaña y problemáticas ambientales.

4.1.1 A nivel internacional. Brenes (2009) realizó el Análisis de cambio de uso del suelo y dinámica del paisaje en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica⁵, en el cual analizó la dinámica de las transiciones de cambio de uso del suelo y su incidencia sobre su composición y conectividad estructural en el pasado, presente y futuro. Utilizó la técnica de análisis multitemporal con imágenes satelitales para identificar y clasificar coberturas en un periodo de 22 años, de igual manera diseñó mapas de cambios para los años de 1986, 1996, 2001, y 2008; y representó en diferentes matrices, la pérdida o ganancia de superficie que tuvieron las coberturas entre los años 1986 y 2008.

GEOPLADES (2009) en el Estudio Multitemporal del Nororiente del Ecuador⁶, analizó los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo a escala 1:50.000, entre los años 1990 a 2008 y escenarios al 2030 en el Territorio Cofán y las zonas de influencia. Se utilizaron la teledetección y el análisis cartográfico para caracterizar, cuantificar y monitorear el comportamiento de las coberturas vegetales expuestas a procesos naturales y antrópicos. Los resultados de la investigación manifestaron que en 20 años se perdieron 25.000 hectáreas de bosque primario y 730 hectáreas de páramo debido a la expansión de la frontera agropecuaria y otros factores.

Puesto que en esta investigación se identifican las causas y factores de los cambios en la cobertura del suelo, se revisaron los resultados que obtuvo Pacheco (2011), en el Análisis de la deforestación en Venezuela: base para el establecimiento de una estrategia REDD+ (Resultado de Emisiones por Deforestación y Degradación)⁷, en la cual analizó los procesos de deforestación que afectan directamente al medio ambiente e inciden en la presencia de gases efecto invernadero en la atmosfera. Para explicar este fenómeno realizó un diagnóstico histórico con imágenes satelitales Landsat y Modis del año 2008 y cartografía análoga de 1920, y estableció cinco causas para la deforestación: el

avance de la frontera agrícola, la extracción de madera, la minería, la construcción de infraestructura y los conflictos sociales.

4.1.2 A nivel nacional. IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA (2007), mediante convenio de cooperación técnica, administrativa y financiera realizaron el Mapa de cobertura de la Tierra de la cuenca Magdalena-Cauca para el periodo 1999 - 2003 a escala 1:100.000, en el cual se adaptó la metodología Corine Land Cover con el fin de estandarizar un sistema de clasificación de coberturas con categorías jerárquicas definidas de acuerdo con la información que proporcionan las imágenes satelitales Landsat. En este proyecto también se estructuró un sistema de información georeferenciada para comparar cuantitativamente los índices de ocupación de la superficie de la cuenca y suplir las necesidades de información cartográfica para el ordenamiento y la planificación del territorio Colombiano.

Puesto que se realizó el análisis multitemporal de 26 años en el volcán Galeras y su área de influencia, con imágenes satelitales Landsat, se tuvo en cuenta la investigación realizada por Castañeda y Murcia (2015) quienes utilizaron la misma metodología con las imágenes Landsat TM4 del Año 2001 y RapidEye del Año 2009 para la recuperación de tierras baldías ocupadas indebidamente en el complejo cenagoso la zapatosa⁸, localizado entre los departamentos del Cesar y Magdalena.

En esta investigación se determinó el área que se debe recuperar en procesos agrarios, de igual manera se realizó seguimiento de control al uso y ocupación indebida del suelo, se identificaron los asentamientos humanos que interfieren con actividades pastoriles y agrícolas alrededor de complejo cenagoso, y se creó una base de datos geográfica a escala 1:100.000 dispuesta para el monitoreo y seguimiento de los cambios en las coberturas del suelo.

Con el propósito de conocer las causas y factores que inciden en los cambios de coberturas del suelo, especialmente en zonas de importancia ecosistémica, se revisaron los aportes de Bermúdez (2015), quien en el análisis multitemporal de los cambios en la cobertura boscosa de la zona norte del departamento del Chocó 1990 - 2014⁹, identificó tres variables relacionadas con esta problemática ambiental: la explotación forestal, la ampliación de la frontera agrícola y ganadera, y el uso de cultivos ilícitos. Los resultados cartográficos de este estudio permiten visualizar las áreas degradadas y/o deforestadas, de igual manera aquellas que se mantuvieron estables o en procesos de regeneración. En el mismo sentido Amaya y Ortiz (2016) en el mapa semi-detallado de conflictos de uso del suelo comparado con el POT y el POMCH del río Bogotá para la vereda “la fuente” del municipio de

tocancipá¹⁰ describen las coberturas del suelo con base en la nomenclatura Corine Land Cover, su uso recomendado y los conflictos de uso a través de matrices comparativas con la información institucional (POT y POMCH).

4.1.3 A nivel regional. Se consideró el plan de Manejo del SFF Galeras¹¹ realizado por PNN, el cual es un instrumento de planificación del Área Protegida (AP) conformado por tres componentes: Diagnóstico, Ordenamiento y Plan Estratégico. En este documento se presenta el AP en el contexto regional, se caracteriza el santuario y se mencionan los procesos adelantados con los actores estratégicos, dentro de la respuesta institucional para el manejo y cuidado de los Valores Objeto de Conservación como son los ecosistemas de páramo y selva altoandina. Como instrumento de apoyo complementario al plan de manejo del AP, se examinó el análisis de integridad ecológica del Santuario de Flora y Fauna Galeras¹², donde se revisó el estado de las coberturas a escala 1:100.000, como primer ejercicio enfocado a una aproximación de la integridad ecológica del santuario.

Segura (2008) realizó para Parques Nacionales Naturales, Dirección Territorial Sur Occidente, el análisis multitemporal en el SFF Galeras, del periodo 1989 – 2006¹³, con base en imágenes satelitales Landsat TM y Spot. Empleó la metodología Corine Land Cover Colombia para la clasificación de las coberturas, cartografía a escala 1:25.000 (DANE e IGAC) y fotografías aéreas del INGEOMINAS. Los resultados mostraron que los cambios representativos se dieron en coberturas de origen antrópico por fuera del área protegida, y muy poco al interior de ésta, en coberturas de páramo y suelos desnudos.

Con el propósito de conocer el estado del área de páramo del Volcán Galeras y los altos niveles de intervención antrópica a los que se encuentra expuesta, se analizó el Estado del Arte de la Información Biofísica y Socioeconómica de los Páramos de Nariño¹⁴, adelantado por el Grupo de Investigación en Biología de Páramos y Ecosistemas andinos, equipo Interdisciplinario Proyecto Páramos (2006) de la Universidad de Nariño.

El grupo de investigación en Geografía Física y Problemas Ambientales TERRA,

del departamento de Geografía de la Universidad de Nariño, ha desarrollado cuatro investigaciones relacionadas con los cambios en las coberturas del suelo, las cuales se tuvieron en cuenta para estructurar y ajustar la metodología de trabajo de esta investigación. Entre ellas están: el estudio del cambio de cobertura del suelo en el volcán Azufral período 1987 - 2010¹⁵, adelantado por López y Pastrana (2015); de la misma manera, Guerrero y Ortega (2012) llevaron a cabo el estudio del cambio de la cobertura vegetal en el área de influencia occidental del Parque Nacional Natural (P.N.N.) Complejo Volcánico Doña Juana - Cascabel periodo 1989 - 2011¹⁶; Erazo (2012) realizó el análisis del cambio de cobertura vegetal en el Corredor Volcánico Chiles – Cerro Negro – Cerro Granizo del departamento de Nariño, período 1987-2011¹⁷; y Vallejos y Ruiz (2008), analizaron los cambios de cobertura del suelo en la selva altoandina y el páramo del volcán Cumbal en el periodo 1987 - 2009¹⁸.

Otros estudios relevantes que se revisaron por que plantean recomendaciones orientadas a la conservación y al manejo sostenible de los recursos naturales, fueron: el análisis multitemporal realizados en la cuenca alta del rio Pasto, en el Páramo Bordoncillo¹⁹, durante el periodo de 1989 – 2008; y la evaluación de los cambios en la cobertura vegetal del suelo realizado en la microcuenca las Piedras del municipio de Tangua para el periodo de 1989 – 2002²⁰.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El volcán Galeras se encuentra en el Departamento de Nariño, aproximadamente a 9 kilómetros al occidente de la ciudad capital, San Juan de Pasto. Las coordenadas planas del cuadrante donde se localiza este estratovolcán al igual que su área de influencia (área de estudio) son las siguientes: X= 950.000 Y= 610.000, X= 950.000 Y= 640.000, X= 980.000 Y= 640.000 y, X= 980.000 Y= 610.000 (ver figura 1).

Hoy en día se conoce como el centro eruptivo más reciente y actualmente activo del denominado Complejo Volcánico Galeras (CVG), el cual posee una forma cónica con su edificio destruido en la parte occidental²¹ y hace parte del ramal centro occidental de la Cordillera Occidental de los Andes Colombianos en el Nudo de los Pastos. Para su acceso existe una carretera de 23 kilómetros en regular estado, que va desde la ciudad de Pasto (sector de Anganoy) hasta la cima del volcán. Adicionalmente, se cuenta con un camino no transitable vehicularmente llamado el Camino Real, que se atraviesa por el flanco norte de la montaña y une a San Juan de Pasto con el municipio de Consacá, ubicado en el extremo occidental del volcán Galeras.

Este volcán es un importante referente geográfico que actúa como principal centro de la dinámica socio espacial que se desarrolla tanto al interior como fuera del área de estudio. La cual se delimitó por la vía circunvalar (116 km) y tiene una superficie de 32.329,1 hectáreas, distribuidas en un rango altitudinal que va desde los 1.579 m.s.n.m., en la parte baja del municipio de Consacá, y los 4.276 m.s.n.m., en la cima del volcán Galeras.

En ella tienen jurisdicción siete municipios: Pasto, Nariño, La Florida, Sandoná, Consacá, Yacuanquer y Tangua; y además se encuentran: el área con función amortiguadora, reservas naturales de la sociedad civil, y el SFF Galeras con un área de 8.240 hectáreas, que representan el 25,48% del total del área de estudio. Esta Área Protegida (AP) hace parte del Sistema Nacional de Parques Naturales de Colombia y presenta variedad de ecosistemas de alta montaña con vegetación de bosque altoandino frecuentemente nublado, páramo, subpáramo, superpáramo y afloramientos rocosos.

Figura 1. Área de estudio

Fuente: Este estudio

4.3 MARCO CONCEPTUAL

A continuación se explican los conceptos y procesos relacionados con la temática de cambio en la cobertura del suelo.

4.3.1 Cobertura del suelo. Se entiende por cobertura del suelo el conjunto de elementos naturales o artificiales que conforman un espacio geográfico y lo definen por sus características y propiedades. Los elementos naturales están definidos particularmente por la vegetación. Velázquez²² señala que ésta es la expresión evolutiva del agregado de especies vegetales oriundas o introducidas en un lugar determinado, que sirve como indicador del estado de los ecosistemas; y también determina su funcionamiento y diversidad, contribuye con los cambios climáticos locales, regionales y globales y es la fuente primaria que indica el estado de degradación de los suelos. Por otra parte, los elementos artificiales, que integran la cobertura del suelo, corresponden a la infraestructura física de un lugar creada y mantenida por el ser humano²³.

De acuerdo con la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC²⁴, los cambios en la cubierta y usos del suelo que soporta la tierra son cada vez de mayor importancia para analizar los elementos de “fricción entre las sociedades y los ecosistemas terrestres que les sirven de soporte”. Se puede afirmar entonces, que la cobertura del suelo, aspecto esencial en esta investigación, se refiere al aspecto morfológico y tangible que tiene su sustento en el sustrato rocoso, mientras que los usos hacen referencia a las funciones o intervenciones humanas que se desarrollan sobre aquellas cubiertas.

En la metodología Corine Land Cover Colombia²⁵ se estableció una estructura jerárquica con cinco categorías para definir la ocupación del suelo con diferentes tipos de cobertura. En la primera se encuentran los territorios artificializados que comprenden las zonas urbanizadas, zonas industriales, comerciales y redes de comunicación, zonas de extracción minera, escombreras y zonas verdes artificializadas no agrícolas. En la segunda están los territorios agrícolas con los cultivos permanentes, transitorios y pastos. La tercera comprende los bosques y áreas seminaturales, áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva y las áreas abiertas sin o con poca vegetación. En la cuarta categoría están las áreas húmedas continentales y costeras; y en la quinta y última categoría se encuentran

las superficies de aguas continentales y marítimas.

4.3.2 Ecosistemas de alta montaña. Especialmente en la parte alta del área de estudio se encuentran el páramo y la selva altoandina. Estos ecosistemas son de mucha importancia por la oferta de bienes y servicios ambientales para esta zona, puesto que actúan como medio de almacenamiento de carbono atmosférico y son importantes corredores biológicos para diversas especies de flora y fauna de la región andina.

En cuanto al páramo, Rangel²⁶ afirma que este ecosistema mantiene continuidad fisionómica en toda la extensión geográfica que va desde Costa Rica en América Central y Bolivia en América del Sur; razón por la cual, guarda parecidos en su estructura y composición florística. También establece que los procesos ecológicos que allí se dan, son afines con suelos de origen volcánico distribuidos en diferentes franjas altitudinales; por tanto, señala que entre los 3.000 y 3.200 metros de altura se encuentra la franja altoandina con predominio de bosques altos y diferentes especies de encenillos, mortiños, tibar, rodamonte y otros. Entre los 3.200 y 3.600 metros, ubica el páramo bajo o subpáramo donde la vegetación se compone de arbustos y matorrales, mientras que dispone la franja de los 3.500 y 4.100 metros para el páramo propiamente dicho que alberga casi todos los tipos de vegetación; además de frailejonales o rosetales, pajonales, chuscales, ríos, quebradas, turberas, pantanos, lagos y lagunas; y por encima de la franja de los 4.100 metros sitúa el superpáramo que se caracteriza por la discontinuidad en la vegetación, el suelo desnudo y su extensión hasta el límite inferior de las nieves perpetuas (4.600 - 4.700 metros).

Rivera²⁷ señala que los páramos se incluyen en las dinámicas de diferentes colectivos humanos como áreas con sentido y uso social en las prácticas rituales, productivas y de socialización desde hace aproximadamente 10.000 años. También se conocen como Ecosistemas Estratégicos (EE)²⁸ gracias a sus características físicas y ecológicas, pues proveen bienes y servicios ambientales imprescindibles para el desarrollo de las comunidades. Uno de estos servicios, es la oferta hídrica para el abastecimiento de los acueductos municipales y también para los sistemas de riego; por este motivo; también se considera al páramo como una unidad ecológica capaz de retener y controlar el flujo de agua gracias a las propiedades hidromórficas de sus suelos.

Desde otra perspectiva, el páramo se considera como un espacio de

concentración de biodiversidad para la importancia nacional, regional y global por contener innumerables especies de distribución geográfica restringida, adaptadas biológica y fisiológicamente a condiciones climáticas extremas.

Con relación a la selva altoandina, Rivera²⁹ señala que es una zona de ecotonía entre la vegetación cerrada de bosques o selva de media montaña que se caracteriza por mantener la textura y el color propio del bosque nativo, presentar un ambiente supremamente húmedo con predominio de vientos, asolación y constante presencia de nubes. En algunos casos, marca el límite con el ecosistema de páramo; razón por la cual, mantiene la integridad ecológica con la vegetación paramuna, hecho que mejora las condiciones de resiliencia y conectividad física entre los dos ecosistemas para evitar el aislamiento de la fauna silvestre.

Parques Nacionales Naturales³⁰ menciona que esta zona se encuentra entre los 2.800 y 3.200 metros de altitud y resalta su importancia por regular el flujo hídrico que desciende desde los páramos, también por acumular y administrar los nutrientes del suelo y por mantener diversas especies vegetales como el mortiño, encenillo, aliso, canelo, siete cueros, familias de arbustos floridos, epifitas, helechos, musgos, líquenes y árboles que alcanzan entre los 15 y 20 metros de altura.

4.3.3 Dinámica multitemporal de la cobertura del suelo. Los cambios en la cobertura del suelo se reconocen en muchos países, como una de las principales causas de deterioro del medio ambiente; por ello, están ubicados en el centro de la investigación ambiental, puesto que representan un punto importante para entender los mecanismos de este proceso; y además orientan la toma razonable de decisiones sobre el uso del territorio.³¹ La transformación perceptible de la vegetación o los usos antrópicos por medio de un intervalo de tiempo en determinada porción de terreno se conoce como dinámica multitemporal del cambio en la cobertura del suelo.

Este proceso transformador adelantado especialmente por campesinos minifundistas que desconocen el manejo sostenible de los ecosistemas, genera fuertes alteraciones ambientales de alto costo ecológico debido a que las áreas que se destinan para sus actividades son sometidas a las quemadas forestales y la deforestación de manera indiscriminada, provocando que los suelos queden desprovistos de vegetación para luego cultivarlos por algún tiempo y

posteriormente destinarlos al uso ganadero. En consecuencia las coberturas naturales se ven reemplazadas por pastos, cultivos y cualquier otro tipo de cobertura artificial. El avance de la frontera agrícola es otro de los procesos que causa el cambio en las coberturas del suelo. El Instituto Nacional Forestal (INAFOR)³² de Nicaragua conceptualiza este fenómeno como la integración de suelos de evidente uso forestal al desarrollo no planificado del sector agropecuario; y señala que el avance de la frontera agrícola obedece a tres lógicas simultáneas: La primera es una lógica minera que busca el aprovechamiento inmediato mediante la extracción indiscriminada de recursos maderables. La segunda lógica obedece a la búsqueda de una máxima rentabilidad a corto plazo mediante la siembra de cultivos transitorios; y la tercera lógica, llamada de subsistencia, busca optimizar las opciones de trabajo y de sustento familiar con la extracción de especies aromáticas y material vegetal, para combustible, construcciones, cercos, entre otras. En la dinámica de cambio de coberturas también están asociados los procesos naturales, como: las erupciones volcánicas, los terremotos e inundaciones etc.; que pueden causar de manera súbita, la transformación de determinado espacio geográfico.

4.3.4 Teledetección. Perez³³ explica este proceso mediante un ejemplo de percepción sensorial humana como la lectura de un libro o el contacto visual con la pantalla de una computadora, puesto que son actividades en las que el sensor remoto de la vista capta la cantidad de luz que reflejan estos elementos y la envía al cerebro en forma de datos, para que los pueda interpretar, analizar y explicar.

Chuvieco³⁴ señala que este vocablo es una traducción latina del término inglés: *remote sensing*, ideado en los años 60 para designar cualquier medio de observación remota, especialmente la fotografía aérea, principal sensor de aquel entonces, y lo define como un proceso que acoge la captura de una imagen desde el aire o el espacio y se complementa con su posterior tratamiento en el ámbito de una determinada aplicación; de otra manera, señala que la teledetección compromete la observación de la superficie terrestre desde la distancia sin entrar en contacto directo con ella, con el fin de obtener información espectral para evaluar sus condiciones físicas en determinado tiempo y espacio.

El mismo autor, menciona los elementos que integran el sistema de teledetección espacial³⁵. Primeramente, señala la fuente de energía como el componente que

define a la percepción remota de dos maneras; pasiva y activa. En la primera, el sol actúa como la principal fuente de energía y en la segunda es el sensor quien está capacitado para emitir su propio haz energético³⁶. Describe a la cubierta terrestre como el principal receptor de energía, que la refleja o emite, según sus características físicas³⁷ para que el sistema sensor³⁸ que se encuentra montado sobre determinada plataforma aérea o espacial la pueda captar, codificar y enviar al sistema de recepción³⁹ para corregirla y grabarla en determinado formato para su posterior distribución.

Esta información es un tipo particular de dato, también conocida como imagen, que se creó para el uso genérico de los sistemas de información geográfica (SIG) y se almacena en formato raster. La componen celdas o píxeles que guardan el valor de la reflectancia en una longitud de onda determinada. Para analizar la información contenida en una imagen y generar información temática o estadística, Chuvieco menciona como elemento esencial en este proceso, al intérprete⁴⁰, quien se encarga del respectivo análisis mediante el procesamiento digital de imágenes satelitales (PDI), con el cual se minimizan las anomalías de la escena, y se corrigen y mejoran los niveles digitales que componen su matriz de datos⁴¹. Por último el citado autor, alude al Usuario final⁴², quien analiza los resultados del proceso de interpretación y dispone su aplicación en determinado campo de la investigación.

Es importante mencionar que en el proceso de teledetección, los sensores generan imágenes con diferente tipo de resolución espacial, temporal, radiométrica y espectral, lo que es de gran utilidad para llevar a cabo estudios con diferentes grados de detalle. La resolución espacial determina la unidad mínima visual que puede captar el sensor y se denomina pixel o picture element⁴³; la resolución temporal se refiere a la frecuencia con que el sensor obtiene imágenes

de un mismo lugar; mientras la resolución radiométrica representa la capacidad del sensor para diferenciar las variaciones espectrales entre 0 y 255 bits; y por último, la resolución espectral, que es el ancho y el número de bandas al que es sensible el sensor.

Los sensores remotos suelen tomar el mismo nombre de la plataforma satelital donde están montados. En esta investigación se utilizaron los productos de los sensores pasivos LANDSAT: Multispectral Scanner Sensor (MSS), Thematic Mapper (TM) mayor sensibilidad radiométrica, Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) que destaca una banda espectral (pancromática) con resolución de 15 metros⁴⁴ y por último está el Landsat Data Continuity Mission (LDCM) que incorpora dos instrumentos de barrido: Operational Land Imager (OLI), y un sensor térmico infrarrojo llamado Thermal Infrared Sensor (TIRS)⁴⁵.

5 MARCO LEGAL

5.1 Ley 388 de 1997

Proporciona a los municipios que se encuentran en el área de influencia del volcán Galeras las bases necesarias para el Ordenamiento Territorial. Por tanto, en el artículo tres señala que en cumplimiento de la función pública del urbanismo, se atenderán los procesos de cambio en el uso del suelo y su adecuación en aras del interés común, procurando su utilización racional en armonía con la función social de la propiedad, a la cual le es inherente una función ecológica que busca el desarrollo sostenible. También dispone en el artículo 8 que las entidades distritales y municipales en común acuerdo con la autoridad ambiental, serán encargadas de identificar y caracterizar los ecosistemas de importancia ecológica para el municipio.

5.2 Decreto 2811 de 1974

Por el cual se crea el Código Nacional de Recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente. En el capítulo único, el artículo primero expresa que el ambiente es patrimonio común, por tanto el Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo. Además, expresa en la Parte III, título II, artículo 14; que el gobierno debe fomentar el desarrollo de estudios interdisciplinarios en procura de la conservación, mejoramiento y restauración del ambiente y dichos recursos. Con estos propósitos, en esta investigación de cooperación interinstitucional entre la Universidad de Nariño y PNN se generan instrumentos técnicos y conceptuales par integrarlos a los procesos encaminados a la conservación y al buen manejo de los recursos naturales en el SFF Galeras.

5.3 Decreto 622 de 1977

Por el cual se reglamenta parcialmente: el capítulo V título II parte XIII del decreto 2811 de 1974 sobre el Sistema de Parques Nacionales. En el artículo 1, capítulo 1 de su contenido y objeto, declara los reglamentos generales aplicables al conjunto de las áreas con valores excepcionales para el patrimonio Nacional. En este sentido dentro del área de estudio se encuentra el área protegida del SFF Galeras bajo la administración del Sistema de Parques Nacionales Naturales, quienes hicieron el acompañamiento técnico y logístico pertinente para el desarrollo de esta investigación.

5.4 Decreto 2372 de 2010

Reglamenta el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman, y los procedimientos generales dispuestos para cada una de ellas. En el artículo 35 define los usos y actividades permitidas para cada categoría en su Plan de Manejo, en este caso, para el AP del SFF Galeras, se

regulan los “usos de conocimiento” al comprender actividades de investigación y monitoreo en las coberturas del suelo que aumentan la información, el conocimiento, el intercambio de saberes, la sensibilidad y conciencia frente a temas ambientales y la comprensión de los valores y funciones naturales, sociales y culturales de la biodiversidad.

5.5 Resolución 052 del 22 de marzo de 1985

Aprueba el Acuerdo 0013 del 28 de enero de 1985 de la Junta Directiva del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente - INDERENA-. Mediante el cual se reserva, alinda y declara como Santuario de Flora y Fauna Galeras. La información descriptiva y georeferenciada de los 34 mojones que alindan el AP, se tuvo en cuenta para su reconocimiento en campo, y sirvió de guía para determinar las coberturas que están dentro y fuera del SFF Galeras.

5.6 Resolución 769 del 5 de agosto de 2002

Debido a la presencia de ecosistemas de alta montaña en la zona de estudio, es importante adelantar procesos de investigación encaminados al monitoreo y la evaluación del estado en que se encuentran las coberturas de pajonales, frailejonales y arbustales de paramo; por tanto se tuvieron en cuenta las disposiciones para la conservación, protección y sostenibilidad de estos ecosistemas estratégicos, importantes por la oferta ambiental que representan y la función ecológica que cumplen al albergar diferentes especies de flora y fauna de la biodiversidad regional y nacional.

5.7 Resolución 068 del 28 de enero de 2005

Del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, por el cual se adopta como único datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA SIRGAS. El cual se adoptó para el diseño de la cartografía base y temática que se propuso en esta investigación.

5.8 Resolución 0210 del 5 de junio de 2015

Por medio de la cual se adopta el Plan de Manejo del Santuario de Flora y Fauna Galeras. Instrumento de planificación ambiental conformado por los componentes de diagnóstico, ordenamiento y plan estratégico de acción; que en el futuro próximo se puede afianzar con los resultados de esta investigación, para direccionar la toma de decisiones y promover el buen manejo a los valores objetos de conservación, como son los ecosistemas de páramo y el bosque altoandino.

6 METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolló con enfoque analítico – descriptivo, es de tipo cualicuantitativo y se encuentra en la línea de Investigación y Caracterización Biofísica y Ambiental del Espacio Geográfico (Problemáticas y Evaluación Ambiental) del programa de Geografía de la Universidad de Nariño. A continuación se describen las cuatro fases metodológicas utilizadas en esta investigación.

6.1 FASE UNO: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA, CARTOGRÁFICA Y RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

En esta primera fase se identificó y seleccionó información bibliográfica y cartográfica, en formatos análogo y digital, relacionada con el área de estudio.

6.1.1 Revisión de información bibliográfica o documental. Se efectuó la selección y análisis de información secundaria relacionada con los procesos de conservación, ordenamiento territorial y gestión del riesgo; adelantados por las entidades oficiales encargadas de la administración y manejo del área de estudio. Algunos de los documentos revisados fueron: el Plan de Manejo del SFFG, investigaciones, POT y EOT, normatividad ambiental, zonificación de amenaza volcánica Galeras y la caracterización general del complejo volcánico Galeras.

6.1.2 Revisión de información cartográfica y de sensores remotos. Se identificó y recopiló información cartográfica básica, temática, y de sensores remotos. En cuanto a la cartografía básica, se trabajó con planchas topográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en formato análogo y digital a escala 1:25.000; fundamentales para delimitar del área de estudio e identificar elementos geográficos como: red de drenaje, topografía, red vial, centros poblados y toponimias. Se examinó la cartografía temática en formato digital del plan de manejo del SFF Galeras, suministrada por PNN; quien además facilitó dos ortofotomosaicos de los años 2005 y 2006, que el 80% el área de estudio.

El grupo de investigación Terra suministró una imagen de radar (GeoSAR) en banda P y X con resolución espacial de cinco metros, con la cual se actualizó y generó a detalle la información topográfica con el modelo digital de elevación (MDE) derivado de esta tecnología. También se utilizaron tres imágenes satelitales de resolución espacial media (30 m x 30 m) descargadas de forma gratuita de la página web de Global Land Cover Facility – Earth Science Data Interface (ESDI)⁴⁶: LANDSAT 4, sensor TM del 7 de agosto de 1989, LANDSAT 7, sensor TM + del 14 octubre de 2002 y LANDSAT 8, sensor OLI del 24 de septiembre del 2015.

6.1.3 Reconocimiento general del área de estudio. Se realizaron recorridos de

reconocimiento en varios sectores del área de estudio para conocer el estado actual de las coberturas, identificarlas e inspeccionar los senderos y caminos de acceso para programar las posteriores salidas de campo. Algunos recorridos se llevaron a cabo de manera independiente, es decir sin acompañamiento, y en otros se contó con guías conocedores de la zona, especialmente en los municipios de Pasto, Nariño, La Florida, Tangua y Yacuanquer. De igual manera se tomaron puntos GPS e identificaron sectores donde posiblemente se habían dado cambios en las coberturas; información que se corroboró en el transcurso de la investigación.

6.2 FASE DOS: ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE SENSORES REMOTOS, PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES Y ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE COBERTURA DEL SUELO

6.2.1 Análisis de ortofotomosaicos e imagen radar. Los ortofotomosaicos se utilizaron para identificar texturas y formas asociadas a la parcelación de predios destinados a actividades agropecuarias, de igual manera, para reconocer sus límites con las coberturas de ecosistemas de alta montaña; y para delimitar con precisión la red vial, la red de drenaje, cuerpos de agua y centros poblados utilizando las herramientas de edición del programa ArcGis 10.2 ®. También se utilizaron en el trabajo de campo para identificar zonas donde las imágenes satelitales presentaron nubosidad o sombras, con el fin de precisar las coberturas que en ellas no se identificaban claramente. Complementaria a esta actividad, se analizó la imagen de radar de la tecnología GeoSAR para trabajar sobre áreas inaccesibles debido a las difíciles condiciones atmosféricas o fisiográficas.

6.2.2 Elaboración del mapa topográfico. El mapa topográfico fue el primer producto que se generó a escala 1:50.000. Para elaborarlo se utilizó: cartografía básica del IGAC (429IA, 429ID, 429IB, 429IIC, 429IIA, 429IIIB, 429IC, 429IVA), cartografía del SFF Galeras, y el modelo digital de elevación (MDE) producto del sistema GeoSAR; con el cual se generó la topografía con curvas de nivel índices cada 200 metros e intermedias cada 50 metros; también se adoptó la hidrografía del IGAC, y se ajustó en su geometría por medio de los ortofotomosaicos y la imagen de radar. La división político administrativa del área de estudio se trabajó a escala 1:25.000 (IGAC); y los centros poblados y toponimias, se adoptaron de las bases cartográficas oficiales de los municipios ubicados en el área de influencia.

6.2.3 Procesamiento digital de imágenes satelitales. Se llevó a cabo inicialmente con los datos crudos de las imágenes satelitales para corregir sus distorsiones radiométricas, geométricas y atmosféricas. Se desarrolló en el programa Erdas 2013 ® manipulando los datos numéricos de las imágenes satelitales con el fin de generar información útil sobre los objetos, áreas y fenómenos presentes en el área de estudio. El proceso incluyó: preprocesamiento (layer stacking y corrimiento de imágenes,), correcciones (geométrica, atmosférica y radiométrica), realce y clasificación. El Proceso layer stacking consistió en cargar

las bandas de cada imagen para crear archivos individuales en formato .img, y posteriormente realizar las combinaciones necesarias. Para la imagen Landsat OLI (2.015), el layer stacking se lo hizo con las bandas multispectrales 1 a 7, descartando las bandas 8 a 11 que difieren en su resolución espacial; de igual manera, para la imagen Landsat ETM+ (2.002) se emplearon las bandas 1 a 5 y 7, exceptuando la banda 6 que pertenece al infrarrojo termal y tiene resolución espacial de 60 metros; se descartó la banda 8, pancromática, cuya resolución espacial es de 15 metros por pixel. Para la imagen del sensor TM (1.989), se emplearon las bandas 1 a 5 y 7, exceptuando la banda 6 que pertenece al infrarrojo termal y tiene resolución espacial de 60 metros por pixel.

En el Registro (corrimiento) de imágenes se desplegaron en modo layer multibanda, las tres imágenes: 2015, 2002 y 1989 y se verificó la correspondencia en sus datos de proyección y de tamaño de pixel (30 metros); luego se realizó el registro con la herramienta "AutoSync Workstation" para que coincidieran pixel a pixel y evitar su corrimiento, y con ello posibles errores al realizar los mapas de cambios. Seguidamente se creó un nuevo proyecto con la imagen de referencia del año 2015, de la cual se utilizó su proyección para empatar las demás imágenes. Se tomaron puntos de control distribuidos (GCP) en toda la imagen a nivel de pixel, y se dejó que el programa, automáticamente, tomará mas puntos para luego eliminar los que eran innecesarios y disminuir el indicador del margen de error (RMS)

Figura 2. Toma de puntos de control para registro de imagen

Fuente: Este estudio

Las correcciones: geométrica, atmosférica y radiométrica se llevaron a cabo de la siguiente manera: En la corrección geométrica se utilizó el módulo Geometric Correction del programa Erdas 2013 ® para rectificar los valores X y Y, ortorectificar los datos de elevación (Z) de las imágenes, y asignar el sistema de referencia espacial Magna Sirgas, origen Oeste. En la Corrección atmosférica se corrigieron los valores de radiancia en las bandas de cada imagen, puesto que sus propiedades y magnitudes corresponden a fechas y condiciones atmosféricas diferentes. Para ello se utilizó la herramienta "ATCOR3 Workstation" del módulo ATCOR, donde se añadió la imagen satelital con la fecha de adquisición por parte del sensor y se diligenció cada espacio con sus metadatos. Automáticamente, con la herramienta "Haze Correction" el programa realizó la corrección de bruma o neblina dentro de la escena. También se utilizó el modelo digital de elevación (MDE), del cual se convirtió su resolución espacial de cinco (5) a treinta (30) metros con la herramienta "Resample Pixe Sixe".

Figura 3. Eliminación leve de nubes, imagen Landsat 2015

Fuente: Este estudio

Realizado el anterior proceso se habilitó automáticamente la herramienta para la corrección atmosférica (Atmospheric Correction), con la cual se eliminaron los efectos atmosféricos (bruma) y del terreno, para recuperar los parámetros físicos originales de la superficie terrestre, incluyendo reflectancia y visibilidad del suelo. La siguiente figura muestra a la izquierda, la imagen Landsat 2015 sin procesar y a la derecha la misma imagen con las respectivas correcciones

Figura 4. Corrección atmosférica

Fuente: Este estudio

En la corrección radiométrica se emplearon herramientas del módulo ATCOR para corregir el nivel digital de los píxeles en las imágenes con información errónea, por ser de diferentes sensores, tener diferentes ángulos de iluminación solar, y distinta fecha de captura. Como resultado de este procedimiento se convirtieron los valores de radiancia de las imágenes a valores de reflectividad aparente, se eliminaron los efectos de iluminación atmosférica y solar, y se mejoró la detección de cambios y la identificación de los algoritmos de clasificación.

Por último, complementaria con las anteriores actividades, se efectuó el realce de las imágenes mediante la expansión del contraste, el enfoque de zonas borrosas, la ecualización de histogramas, filtros y otras acciones necesarias para optimizar la percepción visual de sus elementos.

6.2.4 Clasificación de la imagen. En este proceso se agruparon píxeles en un número finito de clases individuales o de categorías, definidas previamente. La clasificación fue supervisada y no supervisada. En la supervisada se partió del conocimiento previo de la zona de estudio y el trabajo de campo; y en la no supervisada se definieron diferentes clases espectrales presentes en la imagen. Para el análisis de vegetación en cada imagen se hizo la combinación rojo, verde y azul (RGB). En la imagen Landsat OLI, bandas 5, 6, 4 y en las imágenes Landsat TM+ y Landsat TM, bandas 4, 5, 3.

En la clasificación supervisada se agruparon píxeles o niveles digitales de igual o número finito de clases individuales, y se dividió en dos fases: la primera de entrenamiento, donde se recorrió toda la imagen y se asignó un valor significativo a cada píxel para luego seleccionar muestras representativas de cada cobertura; y en la fase dos, de toma de decisiones, se asignó una etiqueta de clase a todos los píxeles para que se asimilen a la respectiva clase del entrenamiento. Con esta clasificación basada en valores numéricos se obtuvo el rango de nivel digital (ND) que identifica a cada categoría en las bandas involucradas de la clasificación.

En la selección y muestreo de píxeles se empleó las herramientas del AOI del

programa Erdas 2013 ®, luego se corroboraron las muestras en campo, para corregir datos erróneos o dudosos. Con la herramienta “Signature Editor” se seleccionaron a priori las coberturas existentes según los parámetros de tonalidad empleados en la metodología Corine Land Cover Colombia. Luego se creó un capa de polígonos en formato shapefile (shp) con “n” campo adicional en su tabla de atributos para agrupar píxeles homogéneos en clases o tipos de cobertura, y con el algoritmo de clasificación se definieron rasgos generales en cada clase⁴⁷.

En la siguiente figura se indica el muestreo de información digital que se hizo de la cobertura de herbazal denso de páramo en el sector de la Laguna Telpis, con estas muestras, automáticamente el programa generó polígonos, cuyos niveles digitales se habían incluido como referencia dentro de las unidades de muestras, y reconoció de forma preliminar, las áreas con determinado tipo de cobertura.

Figura 5. Muestreo digital de la cobertura Herbazal denso de páramo

Fuente: Este estudio

Generalmente el proceso de muestreo es una guía para que el programa tome una referencia e identifique la mayoría de campos que cumplan con las características que se encuentran dentro de la muestra, de tal forma que pueden abarcar partes donde la cobertura no pertenezca a la indicada⁴⁸, y por tanto, es necesario depurarlas, en este caso se hizo con en el editor del programa ArcGis 10.2 ®, tal como se indica en la siguiente figura.

Figura 6. Edición de polígonos sobre la imagen satelital (laguna Telpis)

Fuente: Este estudio

Los errores que se presentaron en esta clasificación por aspectos fisiográficos y atmosféricos, principalmente por el relieve y la alta nubosidad, se corrigieron manualmente con base en la información recolectada en campo y con el uso de imágenes de alta resolución espacial descargadas del programa Google Earth versión profesional; con las cuales se generó un mosaico que cubrió el 95% del área de estudio.

6.2.5 Adaptación y aplicación de la metodología Corine Land Cover. Con este propósito, se siguieron los lineamientos de la metodología CORINE Land Cover – Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, que propone un sistema de clasificación con categorías jerárquicas definidas conformes con las condiciones

del territorio Nacional. En su adaptación se utilizaron los niveles necesarios para definir 45 unidades de coberturas según las condiciones locales.

En cuanto a la unidad mínima de mapeo, esta metodología propone que debe estar acorde con el sensor, en este caso Landsat, por tanto en la adaptación que se hizo para Colombia se estableció que las superficies a mapear debían tener un mínimo de 25 hectáreas y 50 metros para el ancho de elementos lineales en escala 1:100.000. Debido a que la escala de trabajo de esta investigación es de 1:50.000, la unidad mínima de mapeo que se tubo en cuenta fue de 6,25 hectáreas, según la respectiva relación de escalas. A continuación se presenta la leyenda adaptada de la metodología CLCC, para los mapas de coberturas, generados en esta investigación.

Cuadro 1. Leyenda de los mapas de cobertura del suelo adaptada de la metodología Corine Land Cover

1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS
1.2 Zonas urbanizadas
1.2.1 Tejido urbano continuo
1.2.2 Tejido urbano discontinuo
1.3 Zonas industriales o comerciales
1.3.1 Zonas industriales, comerciales o de servicios
1.3.1.1 Zona de entrenamiento militar
1.3.1.2 Planta de beneficio animal
1.3.1.3 Sede universitaria
1.4 Zonas de extracción minera y escombreras
1.4.1 Zonas de extracción minera
1.4.1.1 Cantera de arena
1.4.1.2 Cantera de piedra
1.4.2 Escombrera
1.5 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas
1.5.1 Zonas verdes urbanas
1.5.1.1 Cementerio
1.5.2 Instalación recreativa
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS
2.1 Cultivos transitorios
2.1.1 Tubérculos
2.1.1.1 Papa
2.2 Cultivos permanentes
2.2.1 Cultivos permanentes herbáceos
2.2.1.1 Caña panelera

2.3 Pastos
2.3.1 Pastos limpios
2.3.2 Pastos enmalezados
2.3.3 Pastos arbolados
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas
2.4.1 Mosaico de cultivos
2.4.1.1 Mosaico de cultivos de piso térmico frío
2.4.1.2 Mosaico de cultivos de piso térmico templado
2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos
2.4.2.1 Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío
2.4.2.2 Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado
2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
2.4.3.1 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - Bosque ripario
2.4.3.2 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - Bosque relictual
2.4.3.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - Arbustal
2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales
2.4.4.1 Mosaico de pastos con espacios naturales - Bosque ripario
2.4.4.2 Mosaico de pastos con espacios naturales - Bosque relictual
2.4.4.3 Mosaico de pastos con espacios naturales - Arbustal
2.4.5 Mosaico de cultivos con espacios naturales
2.4.5.1 Mosaico de cultivos con espacios naturales - Bosque relictual
2.4.5.2 Mosaico de cultivos con espacios naturales - Arbustal
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES
3.1 Bosques
3.1.1 Bosque denso
3.1.2 Bosque fragmentado
3.1.2.1 Bosque fragmentado con pastos
3.1.3 Bosque ripario
3.1.4 Plantación forestal
3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
3.2.1 Herbazal
3.2.1.1 Herbazal denso
3.2.1.1.1 Herbazal denso de páramo – Pajonal
3.2.1.1.2 Herbazal denso de páramo - Pajonal frailejonal
3.2.1.1.3 Herbazal denso de páramo con arbustos
3.2.1.1.4 Otro tipo de herbazal denso de páramo
3.2.1.2 Herbazal abierto
3.2.1.2.1 Herbazal abierto rocoso

3.2.2 Arbustal
3.2.2.1 Arbustal denso
3.2.2.1.1 Arbustal denso de páramo
3.2.2.1.2 Otro tipo de arbustal denso
3.2.2.2 Arbustal abierto
3.2.2.2.1 Arbustal abierto de páramo
3.2.2.2.2 Arbustal abierto rocoso
3.2.2.2.3 Otro tipo de arbustal abierto
3.2.2 Vegetación secundaria o en transición
3.2 Áreas abiertas sin o con poca vegetación
3.2.1 Afloramientos rocosos
4. ÁREAS HÚMEDAS
4.1 Áreas húmedas continentales
4.1.1 Turberas
5. SUPERFICIES DE AGUA
5.1 Aguas continentales
5.1.1 Lagunas naturales

Fuente: Este estudio

Durante la interpretación de las coberturas se aplicaron reglas básicas de generalización para decidir sobre aquellos polígonos que no cumplían con el criterio de área mínima de mapeo establecida, es decir mayor o igual a 6,25 hectáreas. Al encontrar polígonos pequeños rodeados por una unidad mayor en forma individual, o que hacían parte de un grupo de unidades que no cumplían con la unidad mínima de mapeo, se generalizaron para incorporar coberturas de área reducida en las coberturas vecinas que si cumplían con el tamaño mínimo establecido.⁴⁹ En este sentido, al identificarse una coberturas con área menor a 6,25 ha, alrededor de una unidad de tamaño mayor a 6,25 has, la unidad pequeña se agregó a la unidad más grande.

6.2.6 Elaboración de mapas de cambio de cobertura de suelo. Los mapas de cambio se elaboraron con herramientas de geoprocésamiento del programa ArcGis 10.2 ®, acogiendo criterios y situaciones para la mapificación propuestas por el Sistema Corine Land Cover – Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra (los ajustes para las salidas gráficas se puntualizan en la fase cuatro). A continuación se describen cuatro de estas situaciones de cambio, siete tipos de cambio en los que se agruparon los polígonos que resultaron de cada situación y, la cartografía generada.

En la figura 7 se muestra la situación de cambio total de un tipo de cobertura a otro. En ella se observa un polígono de cobertura F del año 1989 que pasó a ser un tipo de cobertura G para el año de 2015, conservando su misma área; es decir el mismo polígono pero con diferente cobertura.

Figura 7. Cambio total de un tipo de cobertura a otro, conservando la misma área

Fuente: Este estudio

Otra situación fue el cambio de una cobertura por incremento en su superficie. En la figura 8 se observa el polígono de la cobertura F del año 1989 que incrementó su extensión en el año de 2015 sobre el polígono de la cobertura C; por tanto se trabajó con el polígono que muestra el incremento de la unidad F

Figura 8. Cambio de una cobertura por incremento de área

Fuente: Este estudio

En la siguiente situación un polígono grande, denominado (A) del año de 1989, presentó un cambio significativo para el año de 2015 por la aparición de un polígono más pequeño (B) dentro de si mismo. Este polígono indica el cambio de cobertura de tipo (A) a (B), como se muestra en la siguiente figura.

Figura 9. Aparición de una cobertura dentro de una unidad mas grande

Fuente: Este estudio

La última situación se evidenció por la intersección de polígonos traslapados que incluyen simultáneamente varios cambios que varían su superficie e indican el incremento de una cobertura sobre varias unidades; tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 10. Intersección de polígonos traslapados

Fuente: Este estudio

Por último, después de haber analizado las anteriores situaciones de cambio, los polígonos resultantes se agruparon por tipo de cambio según los tres primeros niveles generales del sistema CLCC, es decir coberturas que cambiaron a otras coberturas de un mismo nivel o, a coberturas de un nivel diferente. Por ejemplo:

- Coberturas de territorios agrícolas que cambiaron a otro tipo de coberturas de territorios agrícolas.
- Coberturas de bosques y áreas seminaturales que cambiaron a otro tipo de coberturas de bosques y áreas seminaturales.
- Coberturas agrícolas que cambiaron a coberturas de bosques y áreas seminaturales.
- Coberturas de bosques y áreas seminaturales que cambiaron a coberturas de territorios agrícolas.
- Coberturas de territorios agrícolas que cambiaron a coberturas de territorios artificializados.
- Coberturas de territorios agrícolas que cambiaron a coberturas de bosques y áreas seminaturales y
- Coberturas de bosques y áreas seminaturales que cambiaron a coberturas de territorios artificializados.

Los mapas de coberturas y de cambios a escala 1: 50.000 que resultaron de este proceso se describen en el cuadro 2 del numeral 5.4.1 de la fase cuatro.

6.3 FASE TRES: TRABAJO DE CAMPO

Esta fase se cumplió en tres etapas: la primera, con los recorridos de aproximación o reconocimiento previo del área de estudio que se realizó en la primera fase del proyecto; la segunda para la verificación de coberturas, y la tercera para verificación de cambios y levantamiento de información primaria.

Para el ingreso al área protegida del Santuario de Flora y Fauna Galeras con fines investigativos, se solicitó permiso a la Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas de PNN de Colombia, donde se adquirieron compromisos en cuanto al manejo y divulgación de los resultados de esta investigación.

6.3.1 Verificación de coberturas. Con este fin se confrontó la clasificación realizada mediante el procesamiento y análisis de las imágenes satelitales con la realidad en campo; por tal razón, se realizaron desplazamientos a los lugares donde hubo dificultad en la interpretación de las coberturas por la presencia de nubes o sombras en las imágenes satelitales, o porque no había claridad con la categoría a la que estas pertenecían. En estos lugares se tomaron puntos GPS para el análisis comparativo entre coberturas (ver figura 11), también se hizo registro fotográfico y se levantó la información necesaria para su respectiva caracterización. Al terminar el mapa de cobertura actual, año 2015, se socializó con el equipo técnico del SFF Galeras. Durante la socialización se identificaron inconsistencias en algunas coberturas tanto en su delimitación y caracterización, que se corrigieron posteriormente para generar un mapa de coberturas, que contó con la supervisión de un equipo de profesionales conocedores del área de estudio

6.3.2 Verificación de cambios y levantamiento de información primaria. Se contó con el acompañamiento de funcionarios, contratistas y expertos locales vinculados a PNN. Los recorridos se concertaron con ellos para llegar a lugares estratégicos, en algunos casos de difícil acceso dentro del área protegida, para así tener vista panorámica de las coberturas existentes y analizar su dinámica de cambio. Los sectores visitados fueron: Laguna negra en Tangua, Laguna Telpis en Yacuanquer, antenas de RCTV en Pasto, y Plan Galeras en Consacá y Sandoná. Figura 11. Puntos GPS de identificación y verificación de coberturas

Fuente: Este estudio

Como herramienta de apoyo y complementaria al trabajo de campo se utilizó la aplicación Street View de Google Maps, con la cual se visualizó imágenes reales a nivel de carretera, capturadas a mediados del 2014 con panorámicas en 360 grados de movimiento horizontal y 290 grados de movimiento vertical. Este aplicativo se utilizó en el programa ArcGis 10.2 ®, para la identificación de coberturas, ya que sus imágenes panorámicas cubren toda la vía circunvalar al Volcán Galeras y parte de la red vial de tercer orden al interior del área de estudio. Figura 12. Visualización de imágenes con Street View for ArcGis 10.2

Fuente: Este estudio

Esta actividad, que se llevó a cabo posterior a la elaboración de los mapas de cambios, se realizaron recorridos en las zonas que presentaron cambios significativos con el fin de obtener información primaria relacionada con tales procesos. En cada recorrido se contó con informantes claves con amplio conocimiento del sector, a quienes se realizó de manera informal las preguntas necesarias que explicaran los fenómenos naturales o antrópicos que transformaron las coberturas.

6.4 FASE CUATRO: ANÁLISIS Y SISTEMATIZACIÓN FINAL DE RESULTADOS

Fase final de la investigación, donde se ajustó la cartografía previamente elaborada, de igual forma, se realizó el diagnóstico de la cobertura actual del suelo, se caracterizaron los tipos de cambio, y por último se analizaron sus causas y factores.

6.4.1 Ajuste final a la cartografía generada. En esta actividad se ajustaron y corrigieron las inconsistencias cartográficas identificadas en el desarrollo de la investigación. Por lo cual se utilizaron dos instructivos diseñados y elaborados conforme a los lineamientos generales establecidos en el Catalogo de Objetos Geográficos del IGAC⁵⁰. El instructivo IYM_SGC_IN_0001⁵¹ referente al

levantamiento y actualización de coberturas del suelo en las áreas de PNN, y el instructivo ARTE_SGC_IN_0003⁵², que reglamenta las salidas gráficas y publicaciones cartográficas del nivel territorial local y central para la impresión de mapas de las Áreas Protegidas de PNN. La cartografía generada se presenta en formato PDF a escala 1:50.000, excepto un mapa de cobertura actual (Anexo cartográfico N° 12), que se elaboró a escala 1:25.000 para PNN. Las capas utilizadas en la elaboración de los mapas, se almacenaron en una base de datos geográfica (Geodatabase). Se utilizó el sistema de referencia espacial en coordenadas planas, datum MAGNA SIRGAS, origen OESTE y con proyección TRANSVERSE MERCATOR; definido por el IGAC para esta zona.

Cuadro 2. Cartografía generada

Detalle	Nombre del mapa	Anexo
Diagnóstico General	Mapa base (Topográfico)	N° 1
	Espacio-mapa	N° 2
	División político administrativa	N° 3
	Hidrografía	N° 4
Coberturas del suelo	Cobertura actual del suelo año 2015	N° 5
	Cobertura del suelo año 2002	N° 6
	Cobertura del suelo año 1989	N° 7
	Cambios en la cobertura del suelo periodo 1989 - 2002	N° 8
	Cambios en la cobertura del suelo periodo 2002 - 2015	N° 9
	Cambios en la cobertura del suelo periodo 1989 - 2015	N° 10
	Causas y factores de cambio en las coberturas del suelo periodo 1989 - 2015	N° 11
	Cobertura actual del suelo año 2015 SFF Galeras (1:25.000)	N° 12
	Causas y factores de cambio en las coberturas del suelo, SFF Galeras.	N° 13

Fuente: Este estudio

6.4.2 Caracterización de las coberturas del suelo, análisis de los cambios, sus causas y factores. Con la información primaria y secundaria, recolectada y seleccionada previamente, se realizó el diagnóstico de la cobertura actual del suelo, año 2015, que se describe en el capítulo 6 conforme a la aplicación y adaptación de la metodología CORINE Land Cover para Colombia. El análisis de los cambios en las coberturas del suelo se presenta cuantitativamente en el capítulo 8, con los siete tipos de cambio que se mencionaron en el numeral 6.2.6,

y por último, las causas y factores que los produjeron se describen en el capítulo 9. Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones que surgieron de este proceso investigativo.

7 DESCRIPCIÓN DE LAS COBERTURAS DEL SUELO PARA EL AÑO 2015

A continuación se describen de manera general, 45 coberturas identificadas en el área de estudio. La unidad mínima de mapeo para el mapa de cobertura actual, anexo cartográfico N° 5, fue de 6,25 ha. Se mapificaron 32.329,1 ha, de las cuales, 1.272,9 (3,94 %) son de territorios artificializados; 17.920,8 ha (55,43 %) corresponden a territorios agrícolas; 13.103,1 ha (40,53 %) son coberturas de bosques y áreas seminaturales y, 32,4 ha. (0,10 %) son de superficies de agua y áreas húmedas.

7.1 Territorios artificializados

Se identificaron 1.272,9 ha, que comprenden las áreas de las ciudades, poblaciones y lugares periféricos que se están incorporando a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio de uso del suelo con fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos⁵³.

Tabla 1. Coberturas de territorios artificializados

TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS				
Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Código	Área (ha)
Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo		Tuc	691,9
	Tejido urbano discontinuo		Tud	424,9
Zonas industriales o comerciales	Zonas industriales, comerciales o de servicios	Zona de entrenamiento militar	Zem	49,2
		Planta de beneficio animal	Pba	7,0
		Sede Universitaria	Su	7,1
Zonas de extracción minera y escombreras	Zonas de extracción minera	Cantera de arena	ZemCa	22,3
		Cantera de piedra	ZemCp	19,0
	Escombrera		ZemE	6,9
Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	Zonas verdes urbanas	Cementerio	ZvaC	24,5
	Instalación recreativa		Zvalr	20,0
			Total	1.272,9

Fuente: Este estudio

7.1.1 Zonas urbanizadas. Se caracterizan por presentar infraestructura urbana, espacios verdes y redes de comunicación asociados con ella.

7.1.1.1 Tejido urbano continuo (Tuc). Incluye escuelas, hospitales, parqueaderos, áreas deportivas, parques, zonas peatonales, mercados o industrias con área menor a 6,25 ha. No incluye pequeños parques y cementerios, áreas deportivas, zonas peatonales, e instalaciones recreativas mayores a 6,25 ha. Se identificaron 691,9 ha (2,14%), en el área urbana de los municipios de: Nariño, La Florida, Yacuanquer, Sandoná, Consacá y Pasto.

Figura 13. Tejido urbano continuo, sector occidental municipio de Pasto

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.1.1.2 Tejido urbano discontinuo (Tud). Son espacios conformados por edificaciones, vías e infraestructura, distribuidas de manera dispersa. Esta unidad contiene casas individuales con jardín, cultivos, carreteras y caminos, mercados o industrias con infraestructura asociada menor a 6,25 ha. No contiene áreas verdes como parques y cementerios, carreteras y caminos, autopistas en construcción, y estaciones de gasolina con tamaño superior a 6,25 ha. Se cuantificaron 424,9 ha (1,31%) en Pasto, en los corregimientos de Catambuco, Obonuco, Jongovito, Gualmatán, Genoy y Mapachico; en el municipio de Sandoná, en las veredas Santa Rosa y Alto Jiménez; y en Yacuanquer, en la vereda Mohechiza Alto.

Figura 14. Tejido urbano discontinuo, Obonuco Centro, municipio de Pasto

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.1.2 Zonas industriales o comerciales. Comprende infraestructura dispuesta para el desarrollo de actividades industriales y comerciales.

7.1.2.1 Zona de entrenamiento militar (Zem). Es una instalación operada por el Ejército Nacional, acoge material y personal militar, y esta destinada específicamente para su albergue y entrenamiento. Se identificó en el Km 3 de la salida al sur en el municipio de Pasto y su área es de 49,2 ha (0,15%).

Figura 15. Zona de entrenamiento militar, municipio de Pasto

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.1.2.2 Planta de beneficio animal (Pba). Cobertura artificializada que se ubicó en el corregimiento de Jongovito, allí se benefician las especies animales declaradas aptas para el consumo humano; su área es de 7,0 ha (0,02 %),.

Figura 16. Planta de beneficio animal, corregimiento de Jongovito, municipio de Pasto

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.1.2.3 Sede universitaria (Su). Es un equipamiento de carácter educativo universitario. Se ubicó en la vereda Los Lirios del corregimiento de Mapachico al noroccidente de la ciudad de Pasto; su área es de 7,1 ha (0,02%) y se conoce como el campo deportivo Alvernia de la Universidad Mariana.

7.1.3 Zonas de extracción minera y escombreras. Comprende minas a cielo abierto de arena y piedra, y depósitos de escombros.

7.1.3.1 Cantera de arena (ZemCa). Son zonas de excavación a cielo abierto, donde predominan depósitos volcánicos de arena correspondientes a la evolución geológica del complejo volcánico Galeras. Se registraron 22,3 ha (0,07%) al sur de la ciudad de Pasto en los corregimientos de Jongovito y Catambuco; de igual manera, al sur de la zona urbana del municipio de Yacuanquer entre las veredas El Rosario y San José de Córdoba.

Figura 17. Canteras de arena, Corregimiento de Catambuco, municipio de Pasto

Fotografía: Christian Pinza (2015)

7.1.3.2 Cantera de piedra (ZemCp). Se identificó en zonas donde predominan antiguos depósitos volcánicos, que corresponden a la evolución geológica del volcán Galeras en su estado eruptivo denominado Genoy⁵⁴. Se reconocieron 19,0 ha (0,06%) en la Ciudad de Pasto, corregimiento de Mapachico, vereda Villa María.

Figura 18. Cantera de piedra, corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto

Fotografía: Christian Pinza (2015)

7.1.3.3 Escombrera (ZemE). Es un lugar destinado para depositar ordenadamente los materiales o residuos no aprovechables procedentes de la extracción minera o de la construcción. Se encuentra ubicada en el corregimiento de Jongovito, en límites con el área urbana de la ciudad de Pasto, y tiene un área de 6,9 ha (0,02%).

Figura 19. Escombrera, corregimiento de Jongovito, municipio de Pasto

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.1.4 Zonas verdes artificializadas no agrícolas. Comprende las zonas verdes localizadas en áreas urbanas planificadas, donde se desarrollan actividades comerciales, recreacionales, de conservación y amortiguación.

7.1.4.1 Cementerios (ZvaC). Son instalaciones dedicadas a la prestación del servicio funerario, o de destino final mediante inhumación o cremación de restos humanos. Se cuantificaron 24,5 ha (0,08%) de esta cobertura únicamente en el municipio de Pasto, en el parque cementerio Cristo Rey, ubicado en el Km 4 de la vía Panamericana salida al sur, y en el parque cementerio Jardines de las Mercedes, al suroccidente de esta ciudad.

Figura 20. Cementerio Cristo Rey, Km 4 salida al sur, vía Pasto – Ipiales

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.1.4.2 Instalaciones recreativas (Zvalr). Son espacios para llevar a cabo actividades de deporte, recreación y esparcimiento. Se identificó en el corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto, cubre un área de 20 ha (0,06%) y se conoce como: Unidad Deportiva Recreacional y Ambiental (UDRA).

Figura 21. Instalaciones recreativas en el corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.2 Territorios agrícolas

En este nivel se encuentran las coberturas de cultivos transitorios y permanentes, pastos y áreas agrícolas heterogéneas (Ver tabla 2).

7.2.1 Cultivos transitorios. Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año.

7.2.1.1 Papa (CtP). Es una especie de planta herbácea, de tallo erguido, tuberosa, perenne; que puede medir hasta un metro de altura y es propia de las zonas de montaña. Se identificaron 412,6 ha (1,28%) entre los 2.600 y 3.000 m.s.n.m., en el municipio de Pasto, en los corregimientos de: Gualmatán, Obonuco, Jongovito, Catambuco y Mapachico; en el municipio de Yacuanquer, en las veredas San Felipe, Mohechiza Alto y Mejía; y en Tangua en la vereda Los Ajos.

Figura 22. Cultivo de papa, corregimiento de Gualmatán municipio de Pasto

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

Tabla 2. Coberturas de territorios agrícolas

TERRITORIOS AGRÍCOLAS				
Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Código	Área (ha)
Cultivos transitorios	Tubérculos	Papa	CtP	412,6
Cultivos permanentes	Cultivos permanentes herbáceos	Caña panelera	CpCp	96,9
Pastos	Pastos limpios		PPI	6.682,7
	Pastos enmalezados		PPe	246,3
	Pastos arbolados		PPa	373,2
Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de cultivos	Mosaico de cultivos de piso térmico frío	M1F	2.059,9
		Mosaico de cultivos de piso térmico templado	M1T	2.252,3
	Mosaico de pastos y cultivos	Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío	M2F	3.356,4
		Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado	M2T	770,8
	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales - Bosque ripario	M3Bri	47,5
		Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - Bosque relictual	M3Bre	381,9
		Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - Arbustal	M3A	104,9

Mosaico de pastos con espacios naturales	Mosaico de pastos con espacios naturales - Bosque ripario	M4Bri	122,2
	Mosaico de pastos con espacios naturales - Bosque relictual	M4Bre	103,7
	Mosaico de pastos con espacios naturales - Arbustal	M4A	479,0
Mosaico de cultivos con espacios naturales	Mosaico de cultivos con espacios naturales - Bosque relictual	M5Bre	263,8
	Mosaico de cultivos con espacios naturales - Arbustal	M5A	166,5
Total			17.920,8

Fuente: Este estudio

7.2.2 Cultivos permanentes. Son coberturas que confinan aquellos cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año y producen varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar.

7.2.2.1 Caña panelera (CpCp). Se registraron 96,9 ha (0,30%) de esta cobertura, distribuidas principalmente en el sector noroccidental del área de estudio. Se compone por una planta gramínea tropical que tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura, y es importante en la economía del sector primario de los municipios productores. Se identificó principalmente en el municipio de Sandoná, en las veredas Alto Jiménez y San Isidro; y en el municipio de Consacá, en la vereda El Guabo.

Figura 23. Caña panelera, vereda San Isidro municipio de Sandoná

Fuente: Google Earth (2015)

7.2.3 Pastos. Cobertura vegetal que se caracteriza por mantener suelos cubiertos con hierba densa, principalmente gramíneas, dedicadas al pastoreo por un período de dos o más años. Su presencia se debe, exclusivamente, a la acción antrópica por la introducción de especies no nativas.

7.2.3.1 Pastos limpios (PPI). En esta unidad las prácticas de manejo, limpieza, encalamiento y/o fertilización, y además el nivel tecnológico utilizado para su tratamiento impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. Contiene arbustos, parcelas de cultivos y pastos enmalezados con área menor al 30% del su área total; plantaciones forestales y zonas que se encuentran en desarrollo urbano con área menor a 6,25 ha. No contiene mosaicos de pastos y cultivos, arbustos, y pastos con densidad de malezas o rastrojos mayor al 30% de su superficie total. Se cuantificaron 6.682,7 ha (20,67%), de las cuales 161,1 ha se encuentran dentro del SFF Galeras. También en Tangua, en la parte sur y centro de la vereda Los Ajos; en el municipio de Yacuanquer, en las veredas Mejía, San José de Córdoba, El Rosario, Mohechiza Bajo, Mohechiza Alto, Taindala ,La Huaca y La Aguada; y en el municipio de Sandoná, en la vereda Santa Bárbara.

Figura 24. Pastos limpios, vereda Churupamba, municipio de Consacá

Fotografía: Christian Pinza (2015)

7.2.3.2 Pastos enmalezados (PPe). Generalmente son los pastos limpios en su mayoría abandonados; sin embargo, no se descarta que procedan de otro tipo de coberturas sin prácticas específicas de manejo, y por ende estén sin ningún tipo de uso. También se conocen como pastos enrastrojados y en su mayoría se encuentran cercanos a las zonas de pastos limpios o mosaicos de pastos y cultivos. Se registraron 246,3 ha (0,76%) en el municipio de Pasto, principalmente en los corregimientos de Jongovito, Mapachico y Genoy; y en el municipio de Nariño, en la parte alta de las microcuencas Chorrillo y Maragato

7.2.3.3 Pastos arbolados (PPa). En esta cobertura el porcentaje de árboles dispersos debe ser mayor a 30% y menor a 50% de su área total. Se reconocieron 373,2 ha (1,15%) entre los 2150 y 2500 m.s.n.m.; principalmente en Sandoná, en la parte media de la microcuenca Chacaguaico y en la vereda Alto Ingenio; en el municipio de la Florida, en la parte baja de las microcuencas Panchindo y Maragato; y en el municipio de Consacá, al oriente de la vereda El Guabo

7.2.4 Áreas agrícolas heterogéneas. Son unidades con dos o más coberturas agrícolas y naturales situadas en un patrón intrincado que dificulta su separación en coberturas individuales. Parecen arreglos geométricos debido al tamaño reducido de los predios, la gama de colores debido a sus estados fenológicos, las condiciones locales de los suelos y las prácticas de manejo utilizadas.

7.2.4.1 Mosaico de cultivos. Comprende dos o más cultivos con un patrón espacial intrincado, que dificulta su separación para mapearse de manera individual, en conjunto suman un área mayor o igual a 6,25 ha. Comprende Infraestructura asociada (viviendas, vías), cultivos bordeados con setos de árboles o arbustos, mezcla de parcelas de cultivos permanentes anuales o transitorios que no representan más de 70% del área total del mosaico. No comprende: cultivos transitorios o permanentes que constituyan más de 70% de su área total.

Generalmente el mosaico de cultivos se identifica con facilidad en la imagen por que presenta arreglos geométricos y una amplia gama de tonos y colores debido a los estados fenológico y las variadas prácticas de manejo.

7.2.4.1.1 Mosaico de cultivos de piso térmico frío (M1F). Cobertura que combina cultivos como papa, zanahoria, cebolla y acelga, entre otros, que se desarrollan a una temperatura aproximada de 8 a 14 °C en parcelas inferiores a 6,25 ha. Se registraron 2.059,9 ha (6,37%) entre los 2.650 y 3.500 m.s.n.m. en Pasto, en los corregimientos de Catambuco, Gualmatán, Obonuco y Mapachico; en el municipio de Tangua, en la vereda Los ajos; y en Yacuanquer, en las veredas: La Aguada, Mohechiza Alto, Mejía y La Guaca.

7.2.4.1.2 Mosaico de cultivos de piso térmico frío (M1F). Cobertura que combina cultivos como papa, zanahoria, cebolla y acelga, entre otros, que se desarrollan a una temperatura aproximada de 8 a 14 °C en parcelas inferiores a 6,25 ha. Se registraron 2.059,9 ha (6,37%) entre los 2.650 y 3.500 m.s.n.m. en el municipio de Pasto, en los corregimientos de Catambuco, Gualmatán, Obonuco y Mapachico; en el municipio de Tangua, en la vereda Los ajos; y en el municipio de Yacuanquer, en las veredas: La Aguada, Mohechiza Alto, Mejía y La Guaca.

Figura 25. Mosaico de cultivos de piso térmico frío, corregimiento de Gualmatán, municipio de Pasto

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.2.4.1.3 Mosaico de cultivos de piso térmico templado (M1T). Alberga cultivos transitorios o permanentes, como: caña panelera, café y maíz, entre otros, con área inferior a 6,25 ha que se desarrollan entre 17 y 24 °C. Se cuantificaron 2.252,3 ha (6,97%) entre los 1.650 y 2.100 m.s.n.m. en el municipio de Consacá en las veredas: San Rafael, Cariaco Alto, Alto Bomboná, El Diviso, Caja bamba, La Aguada, el Juncal, El Campamento, Rumipamba, El caracol, El Edén, Tinajillas, El Guabo y Villa Inés; y en el municipio de Sandoná, en las veredas: San Isidro, Alto Jiménez y Alto Ingenio Mosaico de cultivos de piso térmico templado (ver figura 26).

Figura 26. Mosaico de cultivos de piso térmico templado, municipio de Consacá

Fotografía: Christian Pinza (2015)

7.2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos. Confina las coberturas de pastos y cultivos transitorios o permanentes de piso térmico frío y templado, cuyas parcelas son intrincadas y su tamaño es inferior a 6,25 ha. Este mosaico alberga infraestructura asociada, viviendas urbanas y rurales, setos, y vías; y no contiene mezcla de pastos y cultivos mayores al 70% de su área, zonas asociadas a espacios naturales que no representen más del 30% de su superficie, y parcelas agrícolas de pastos y cultivos con intercalaciones de espacios naturales con áreas mayores a 6,25 ha.

7.2.4.2.1 Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío (M2F). Este mosaico se compone de cultivos transitorios como: papa, zanahoria, cebolla y acelga, entre otros, con áreas menores a 6.25 ha que se desarrollan entre los 2.150 y 3.250 m.s.n.m., a una temperatura aproximada de 8 a 14 °C. Se identificaron 3.356,4 ha (10,38%), de las cuales 4,15 ha están dentro del SFF Galeras, y el resto se distribuye entre los municipios de: Yacuanquer, Tangua, Pasto y Nariño.

Figura 27. Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío, vereda San José de Córdoba, municipio de Yacuanquer

Fotografía: Christian Pinza (2015)

7.2.4.2.2 Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado (M2T). Presenta pastos y cultivos transitorios o permanentes como la caña panelera, café y maíz, entre otros, que desarrollan a una temperatura entre 24 y 17 °C en parcelas menores a 6,25 ha. Se registraron 770,8 ha (2,39%), de las cuales 94,3 ha se encuentran al suroccidente del SFFG; y el resto en Sandona, en las veredas Alto Jiménez y San Isidro; y en el municipio de Consacá, en las veredas: San Rafael, Cariaco Alto, Josepe, Alto Bomboná, El diviso, San José, y Churupamba.

Figura 28. Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado, vereda Alto Bomboná, municipio de Consacá

Fotografía: Christian Pinza (2015)

7.2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. En esta unidad los cultivos y pastos representan entre el 30% y el 70% de su área total y el resto lo ocupan espacios naturales, como bosque relictual, bosque ripario y arbustal. Comprende mezclas mayores a 6,25 ha de pastos y cultivos anuales o transitorios con espacios naturales e Infraestructuras asociadas (viviendas, setos, vías). No comprende, espacios naturales que constituyan más del 70% de su área total.

7.2.4.3.1 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales – Bosque Ripario (M3Bri). Contiene unidades de cultivos y pastos que representan entre el 30% y el 70% de su área total, asociados al bosque ripario. Se cuantificaron 47,5 ha (0,14%) en el municipio de Pasto, en los corregimientos de Jongovito, en la quebrada San Miguel; y en Mapachico, en la quebrada Los Rosales.

7.2.4.3.2 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales – Bosque Relictual (M3Bre). Esta unidad Incluye cultivos y pastos que representan entre el 30% y 70% de su área total, el resto lo ocupa el bosque relictual. Se reconocieron 381,9 ha (1,18 %), de estas, 1,9 ha se encuentran en el SFF Galeras, y la mayor proporción en el municipio de Yacuanquer, en las veredas: La Aguada, San José de Córdoba y El Rosario; en Consacá, en las veredas San Antonio y Churupamba; y en el municipio de Pasto en las veredas El Silencio, Los Lirios y Pueblo Viejo

Figura 29. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales – Bosque Relictual, vereda El Rosario, municipio de Yacuanquer

Fuente: Google Earth (2015)

7.2.4.3.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales – Arbustal (M3A) (figura 30). Conformado por las coberturas de cultivos y pastos que representan entre el 30% y 70% de su totalidad; el porcentaje restante son arbustos. Se identificaron 104,9 ha (0,32%), en Consacá, en la vereda El Guabo; en la Florida, en la vereda Santa Bárbara; en Nariño, en la vereda Pueblo viejo; y en Pasto, en el corregimiento de Genoy, veredas Bellavista y Agua Pamba.

7.2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales. Combina parcelas pequeñas con patrón de distribución intrincado. Los pastos representan entre 30% y 70% de la unidad, y el resto, es ocupado por espacios naturales como bosque ripario, bosque relictual o arbustal. En esta unidad la mezcla de pastos con cualquier espacio natural es mayor a 6,25 ha y contiene infraestructura asociada (viviendas rurales, setos, vías), frutales y cultivos confinados menores a 6,25 ha. No contiene espacios naturales que constituyan más de 70% del área total del mosaico.

7.2.4.4.1 Mosaico de pastos con espacios naturales – Bosque ripario (M4Bri) (figura 31). Se registraron 122,2 ha (0,38%) en Yacuanquer, en las quebradas San José y La Guaca; en Consacá, en la quebrada Careperro, entre las veredas San Isidro y Alto Jiménez; y en el municipio de Pasto, en los corregimiento de Obonuco, en las quebradas San Miguel y Juanambú; y en Mapachico, en la quebrada El Medio.

7.2.4.4.2 Mosaico de pastos con espacios naturales – Bosque relictual (M4Bre). Conformado por pastos que representan entre 30% y 70% de su totalidad combinados con Bosque relictual. Se cuantificaron 103,7 ha (0,32%), de las cuales 26,8 ha se encuentran dentro del SFFG, en la vereda San José del municipio de Consacá; y el resto en Tangua, en la vereda los Ajos; y en el municipio de Yacuanquer, en la vereda Mohechiza Alto.

Figura 30. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales – arbustal, vereda Barranco, municipio de La Florida

Fuente: Google Earth (2015)

Figura 31. Mosaico de pastos con espacios naturales – bosque ripario, quebrada San José, municipio de Yacuanquer

Fuente: Google Earth (2015)

7.2.4.4.3 Mosaico de pastos con espacios naturales – Arbustal (M4A) (figura 32). Esta cobertura se constituye por superficies ocupadas principalmente por pastos en combinación con arbustos, donde el patrón de distribución de cada unidad no permite representarlos de manera individual, y generalmente los espacios naturales permanecen poco intervenidos o transformados; en conjunto representan entre 30% y 70% de su área total. Se reconocieron 479,0 ha (1,48%); de estas, 13,4 ha están dentro del SFF Galeras, y las demás se distribuyen en los municipios de: Yacuanquer, en la vereda El Rosario; en Consacá, en las veredas El Carrizal y El Guabo; en Sandona, en la vereda Santa Bárbara; en la Florida, en las veredas Panchindo y Barranco; en Nariño, en las veredas Pueblo viejo y silencio; y en Pasto en los corregimientos de: Obonuco, en la vereda San Antonio; y en Genoy en las veredas: Villa María, La Cocha, Charguayaco, Agua Pamba y Bellavista.

Figura 32. Mosaico de pastos con espacios naturales – Arbustal, municipio de Yacuanquer

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.2.4.5 Mosaico de cultivos con espacios naturales. Los cultivos anuales o transitorios de este mosaico representan entre 30% y 70% de su área total, y el resto lo ocupan espacios naturales como el bosque relictual o arbustal. Presenta parcelas intrincadas y relictos de bosques con área menor a 6,25 ha. No incluye bosque relictual o arbustal que ocupen más de 70% del área del mosaico.

7.2.4.5.1 Mosaico de cultivos con espacios naturales – Bosque relictual (M5Bre). se cuantificaron 263,8 ha (0,8%) en el municipio de Consacá, en las veredas: Villa Inés, El Guabo, Tinajillas, El caracol, El Edén y al suroriente del área urbana de la Ciudadela Bombona; de igual manera en la parte media de la microcuencas La Junta y Azufral

7.2.4.5.2 Mosaico de cultivos con espacios naturales – Arbustal (M5A). Se identificaron 166,5 ha (0,52 %), entre los 1650 y 1750 m.s.n.m. al noroccidente del área urbana de Consacá en las veredas El Juncal y La Loma.

7.3 Bosques y áreas seminaturales

Este nivel comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, que se diferencia por su densidad y geometría, como el bosque denso fragmentado y ripario. También corresponden a este nivel coberturas arbustivas, herbáceas y vegetación secundaria o en transición, que se desarrollan sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales con poca o ninguna intervención antrópica. En las áreas abiertas sin o con poca vegetación se incluyeron los afloramientos rocosos resultantes de procesos de degradación, naturales o inducidos. En este nivel se cuantificaron 13.103,1 ha (ver tabla 3).

7.3.1 Bosques. Coberturas naturales o seminaturales constituidas principalmente por árboles leñosos, de especies nativas o exóticas con un solo tronco principal o, en algunos casos con varios tallos y una copa más o menos definida.

Tabla 3. Coberturas de bosques y áreas seminaturales

BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES					
Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Código	Área (ha)
Bosques	Bosque denso			Bd	5.593,7
	Bosque fragmentado	Bosque fragmentado con pastos		Bfp	352,4
	Bosque ripario			Bri	217,3
	Plantación forestal			Pf	411,8
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Herbazal	Herbazal denso	Herbazal denso de páramo - Pajonal	HdP	550,3
			Herbazal denso de páramo - Pajonal frailejonal	HdPF	1.019,0
			Herbazal denso de páramo con arbustos	Hdca	538,5
			Otro tipo de herbazal denso de páramo	OtHd	143,9
		Herbazal abierto	Herbazal abierto rocoso	Har	113,0
	Arbustal	Arbustal denso	Arbustal denso de páramo	Adp	1.097,6
			Otro tipo de arbustal denso	OtAd	1.563,3
		Arbustal abierto	Arbustal abierto de páramo	Aap	88,4
			Arbustal abierto rocoso	Aar	59,0
			Otro tipo de arbustal abierto	OtAa	572,5
	Vegetación secundaria o en transición			Vst	371,3

Áreas abiertas sin o con poca vegetación	Afloramientos rocosos		Ar	411,1
Total				13.103,1

Fuente: Este estudio

7.3.1.1 Bosque denso (Bd). Se registró entre los 2.250 y 3.900 m.s.n.m., su altura de dosel es más o menos continua y supera los cinco metros. Contiene comunidades vegetales que presentan procesos de regeneración natural con área menor o igual a 6,25 ha y, arbustos bajos que no superan el 30% de su área total. Se reconocieron 5.593,7 ha (17,30%) de esta cobertura, de las cuales 3.645,7 ha se encuentran dentro del SFFG en el área de influencia del municipio de Consacá, en las veredas: Cariaco Alto, Josepe, Alto Bomboná, San José, Churupamba, Santa Bárbara y San Antonio; de igual manera en Yacuanquer, en las veredas El Rosario, La Pradera y Mejía; en el municipio de Pasto en los corregimientos de Gualmatán, Obonuco y Mapachico; en la Florida en la Microcuenca Barranco; en Tangua, en la parte alta de las microcuencas La Magdalena, Los Ajos y Piquisiqui; en el municipio de Sandoná en la microcuenca Chacaguaico; y en el municipio de Nariño en la parte media de las microcuencas Chorrillo y Barranco

Figura 33. Bosque denso, municipio de Pasto, Corregimiento de Obonuco

Fotografía: Christian Pinza (2015)

7.3.1.2 Bosque fragmentado. Son bosques naturales intervenidos que mantienen su estructura original, y en su interior, albergan segmentos de otras coberturas como pastos, cultivos y/o rastrojos, que no superan el 30% de su área total.

7.3.1.2.1 Bosque fragmentado con pastos (Bfp). Se cuantificaron 352,4 ha (1,09%) ha, de las cuales 135,7 ha se encuentran dentro del SFFG; específicamente en el municipio de Consacá, en las veredas Churupamba y San Antonio; y en la vereda El Rosario del municipio de Yacuanquer. El resto se identificó en el área de influencia del mismo municipio, por fuera del santuario, en la parte norte de las veredas San Felipe, La Aguada y Mejía. En Sandoná, en las veredas Santa Bárbara, Santa Rosa, Alto Ingenio, y parte media de la microcuenca Los Ajos; en el municipio de la Florida en la parte alta de la microcuenca Pachindo; en Nariño en la parte media de las microcuencas Maragato; y en el municipio de Pasto, en el corregimiento de Mapachico, veredas Los Lirios y Mapachico Centro.

Figura 34. Bosque fragmentado con pastos, vereda El Rosario, municipio de Yacuanquer

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.3.1.3 Bosque ripario (Bri). Cobertura arbóreas que bordea las márgenes de los cursos de agua permanentes y temporales, esta limitada por su amplitud y, forma franjas de bosque, también conocido como de galería, que presentan continuidad en su forma y fisionomía.

Se identificaron 217,3 ha (0,67%) en el municipio de Pasto, en el corregimiento de: Genoy, en la parte media y baja de la microcuenca que lleva su mismo nombre; en el corregimiento de Mapachico, en la microcuenca Payacones; y en el corregimiento de Catambuco, en la parte media y baja de las microcuencas Catambuco y Cubijan. En el municipio de Yacuanquer se localizó en la parte media de las microcuencas Telpis y Chiquero; y en el municipio de Nariño, en las márgenes de la quebrada Chorrillo.

Figura 35. Bosque ripario, quebrada Payacones, corregimiento Mapachico, municipio de Pasto

Fuente: Google Earth (2015)

7.3.1.4 Plantación forestal (Pf). Unidad conformada por vegetación arbórea planteada con fines forestales, que se constituyen como rodales o unidades de bosque geográficamente continuas, para producir madera, recuperar y detener la erosión del suelo, proteger fuentes de aguas y modificar visualmente el paisaje, entre otros usos o propósitos⁵⁵. Se registraron 411,8 ha (1,28%), en Pasto, en los corregimientos de Obonuco, Mapachico y Genoy; en Nariño, en la vereda Pueblo viejo; en La Florida, en la vereda Pachindo; y en el municipio de Yacuanquer, en la vereda Arguello Alto.

7.3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva. Son coberturas vegetales producto de la sucesión natural, de crecimiento arbustivo y/o herbáceo.

7.3.2.1 Herbazal. Comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos, como pajonal, Pajonal-frailejonal y arbustos.

7.3.2.1.1 Herbazal denso. Cobertura que se identificó en el ecosistema de páramo, se encuentra poco intervenida y representa más del 70% de su área total.

7.3.2.1.1.1 Herbazal denso de páramo – Pajonal (HdP). Cobertura vegetal de bajo porte, que se ubicó entre los 3.200 y 3.650 m.s.n.m.. Se compone de gramíneas (familia Poaceae) del tipo pajonal en forma de macolla, es decir que nacen de un mismo pie, y poseen hojas agudas y duras como la paja ratona. Se registraron 550,3 ha (1,70%), de estas 425,3 ha se encuentran dentro del SFF Galeras, en las veredas Josepe (Consacá) y San Felipe (Yacuanquer). El resto de esta comunidad vegetal se identificó en el municipio de Nariño, en la parte alta de las microcuencas Maragato y Chorrillos; en La Florida, en la vereda Barranco; y en el municipio de Sandoná en la parte alta de la microcuenca del río Chacaguaico.

Figura 36. . Herbazal denso de páramo – Pajonal, corregimiento de Genoy, municipio de Pasto

Fotografía: Christian Pinza (2015)

7.3.2.1.1.2 Herbazal denso de páramo Pajonal - Frailejonal (HdPF).

Cobertura que se ubicó entre los 3.500 y 4.000 m.s.n.m.. Son plantas de bajo porte arrosetadas como los frailejones (*Espelethia* sp.) y otras especies que se mezclan principalmente con gramíneas del tipo pajonal (*Calamagrostis*). Se cuantificaron 1.019,0 ha (3,15%), de las cuales 973,9 ha se hallan dentro del SFF Galeras, en las microcuencas: Piquisiqui, Juanambú, Midoro, Mijitayo, El Chilco, Payacones, San Francisco, Los Saltos, El Vergel y Agua Agria del municipio de Pasto; y en mínima proporción, en Tangua, en las microcuencas Piquisiqui, La Marqueza, Los Ajos y La Magdalena; también en Yacuanquer, en las microcuencas La Aguada, San José y Telpis; y en el municipio de Consacá en microcuencas Cariaco y Azufral.

Figura 37. Herbazal denso de páramo Pajonal - Frailejonal, Laguna de Telpis

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.3.2.1.1.3 Herbazal denso de páramo con arbustos (Hdca).

Vegetación natural que se identificó entre los 3.250 y 4.000 m.s.n.m., principalmente en las zonas más húmedas del páramo. Contiene comunidades de pajonales, frailejonales y/o pastizales con área menor a 6,25 ha. Se registraron 538,5 ha (1,66%), de las cuales 450,4 ha se encuentran dentro del área protegida en la zona de influencia de los municipios de: Consacá; Yacuanquer, Tangua, Pasto y Nariño

Figura 38. Herbazal denso de páramo con arbustos, vereda San Cayetano, Pasto

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.3.2.1.1.4 Otro tipo de herbazal denso de páramo (OtHd).

Comunidad vegetal que se reconoció entre los 3.650 y 4.050 m.s.n.m.. Diferente de los herbazales de pajonal o frailejonal, por su adaptación a condiciones ambientales extremas como: acides del suelo, humedad, bajas temperaturas, heladas y estrés energético por fluctuación de la radiación, la baja disponibilidad de nutrientes y la actividad volcánica. En esta unidad los elementos herbáceos representan más del 70% de su área total, y se incluyen herbazal denso de páramo – Pajonal y herbazal abierto rocoso con área menor a 6,25 ha, arbustal de páramo menor al 30% de su área total; y no se incluye arbustal abierto de páramo y herbazal denso y/o abierto de páramo con área mayor a 6,25 ha. Se cuantificaron 143,9 ha (0,45%), dentro del SFF Galeras en el área de influencia de los municipios de Pasto y Nariño.

Figura 39. Otro tipo de herbazal denso de páramo, SFF Galeras

Fotografía: Christian Pinza (2015)

7.3.2.1.2 Herbazal abierto. Cobertura constituida por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural y discontinua en diferentes sustratos. Estas comunidades vegetales no se han intervenido, por tanto su estructura es original y mantiene sus características funcionales, además, mantiene un porcentaje de ocupación entre el 30 % y 70 %.

7.3.2.1.2.1 Herbazal abierto rocoso (Har). También se conoce como vegetación rupícola que crece sobre las rocas debido a la falta de suelo orgánico. Algunas especies tienen forma de cojín, y en su crecimiento, se ramifican en forma dicotómica y tienden a ser compactas y voluminosas. Pueden ser de pocos centímetros y formar cojines suaves y laxos o grandes masas compactas⁵⁶. En esta unidad se Confinan herbazales densos de páramo, cuerpos de agua, o arbustal abierto de páramos con áreas menores a 6,25 ha. Se identificaron 113,0 ha (0,35%) en el SFF Galeras, entre los 3.900 y 4.150 m.s.n.m., particularmente en el sector de las antenas de RCTV, municipio de Pasto; en Nariño, en la vereda Chorrillo; y en el municipio de Consacá, en la parte alta de la cuenca del río Azufral.

Figura 40. Herbazal abierto rocoso, sector antenas RCTV - Volcán Galeras

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.3.2.2 Arbustal. Vegetación natural desarrollada en diferentes densidades y sustratos. Compuesta por plantas perennes con tallo leñoso de aprox. 5 metros de altura, fuertemente ramificado en la base, y sin copa definida.

7.3.2.2.1 Arbustal denso. Cobertura vegetal con elementos arbustivos que forman un dosel irregular, que al no estar intervenida, conserva su estructura original.

7.3.2.2.1.1 Arbustal denso de páramo (Adp). Se halla entre los 3.100 y 3.850 m.s.n.m., presenta arbustos achaparrados y árboles pequeños de 2 a 5 metros. Esta unidad contiene herbazal denso de páramo, zonas de bosque denso con áreas menores a 6,25 ha y arbustal abierto con área menor al 30% de su superficie; y no incluye, arbustal abierto de páramo o herbazal denso de páramo con áreas mayores a 6,25 ha. Se cuantificaron 1.097,6 ha (3,40%) dentro del SFF Galeras, en la zona de influencia de los municipios de: Yacuanquer, en las veredas San Felipe, La Pradera, El Rosario y Mejía; Tangua, en las veredas los Ajos y La Marqueza; Pasto, en los corregimientos de Catambuco, Obonuco, Gualmatán, Mapachico y Genoy; Nariño, en la vereda El silencio, y La Florida, en la vereda Barranco.

Figura 41. Arbustal denso de páramo, vereda San Felipe, municipio de Yacuanquer

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

7.3.2.2.1.2 Otro tipo de arbustal denso (OtAd). Unidad de tipo arbóreo leñoso, de 1 a 5 metros de altura como máximo, que forman un dosel continuo y representan más del 70% de su área total. En estas coberturas los tallos surgen a partir de una raíz común o de una zona cercana al suelo. Se registraron 1.563,3 ha (4,83%), de estas 390,4 ha están dentro del SFF Galeras en el área de influencia de los municipios de: Sandoná, en la parte media de la microcuenca El Ingenio, y en las veredas San Isidro, Alto Jiménez, Santa Bárbara y Santa Rosa; En La Florida, en las microcuencas Pachindo, y Barranco; en el municipio de Nariño, en la parte media de la microcuenca Maragato; en el municipio de Pasto, corregimiento de Genoy, en las veredas Bella vista, Aguapamba y Charguayaco, y en el municipio de Consacá, en las veredas Churupamba, San José, Alto Bomboná, Josepe Guabo, El Carrizal, Tinjillas, El Cucho y San Rafael.

Figura 42. Otro tipo de arbustal denso, vereda el carrizal, municipio de Sandoná

Fuente: Google Earth (2015)

7.3.2.2.2 Arbustal abierto. Comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, que forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, cuya cubierta representa entre el 30% y 70% de su totalidad.

7.3.2.2.2.1 Arbustal abierto de páramo (Aap). Unidad que se ubicó entre los 3.250 y 3.900 m.s.n.m.. La conforman elementos arbustivos con altura máxima entre 1 y 5 metros, que poseen múltiples troncos nacies de la base de su estructura radicular muy cerca del suelo. Se diferencia de otros arbustales por su adaptación a difíciles condiciones ambientales, como: soliflucción, congelamiento y acides del suelo, humedad, bajas temperaturas y heladas. Contiene herbazal denso de páramo y zonas de bosque denso con área menor a 6,25 ha; y no contiene arbustos dispersos con área menor a 6,25 ha, arbustal denso de páramo y herbazal denso de páramo – Pajonal, con áreas mayores a 6,25 ha. Se registraron 88,4 ha (0,27%) en el sector occidental del SFF Galeras, en la vereda San José, municipio de Consacá.

Figura 43. Arbustal abierto de páramo, SFF Galeras, vereda San José, municipio de Consacá

Fuente: Google Earth (2015)

7.3.2.2.2.2 Arbustal abierto rocoso (Aar). Cobertura que se reconoció entre los 2.350 y 3.400 m.s.n.m. Dominada por vegetación natural arbustiva abierta que se desarrolla sobre sustratos predominantemente rocosos, pedregosos y materiales con aspecto granular no consolidados, y alberga otras coberturas de herbazales con área menor a 6,25 ha.

Los arbustos en esta zona presentan un patrón de distribución disperso y poseen múltiples troncos que salen de la base de su estructura radicular muy cerca del suelo. Aquí se evidencian depósitos superficiales de flujos piroclásticos acumulados a causa de la evolución geológica del complejo volcánico Galeras. Se cuantificaron 59,0 ha (0,18%) en el SFF Galeras, en el extremo oriental del municipio de Consacá, en las veredas Churupamba y San José.

Figura 44. Arbustal abierto rocoso, sector occidental SFF Galeras, municipio de Consacá

Fuente: Google Earth (2015)

7.3.2.2.3 Otro tipo de arbustal abierto (OtAa). Contiene arbustos dispersos con área mayor o igual a 6,25 ha que se encuentran hasta los 1.650 m.s.n.m.. No alberga formaciones arbustivas aledañas a los páramos con área mayor a 6,25 ha. Se identificaron 572,5 ha (1,77 %) distribuidas en los municipios de: Tangua, en el extremo sur de la Laguna Mejía; Consacá, en las veredas El Diviso, Churupamba, Tinjillas y El Caracol; en Sandoná, en las veredas Santa Bárbara, Santa Rosa y San Isidro; en La Florida, en la microcuenca del río Barranco; en Nariño, en la vereda El Silencio; y en Pasto en el corregimiento de Mapachico.

Figura 45. Otro tipo de arbustal abierto, Vereda Churupamba, municipio de Consacá

Fuente: Google Earth (2015)

7.3.2.3 Vegetación secundaria o en transición (Vst). Es originada por el proceso de sucesión natural que se presenta luego de la intervención ocasionada en la vegetación primaria. Se registraron 371,3 ha (1,15%), de las cuales 211,98 ha se encuentran en el SFF Galeras, el resto se identificó en Pasto, en el corregimiento de Mapachico; en el municipio de Nariño, en la vereda Chorrillo; en la Florida, en la microcuenca del río Barranco; en Sandoná, las microcuencas Honda y El Ingenio; y en el municipio de Consacá, en las veredas: El Carrizal, Cariaco Alto, Alto Bombona, San José, Churupamba y San Antonio.

Figura 46. Vegetación secundaria o en transición vereda Alto Bomboná (Consacá)

Fotografía: Christian Pinza (2015)

7.3.3 Áreas abiertas sin o con poca vegetación. Comprende aquellas áreas donde la vegetación no existe o es escasa.

7.3.3.1 Afloramientos rocosos (Ar). Son rocas expuestas sin desarrollo de vegetación, dispuestas en laderas abruptas que forman escarpes; así como zonas de rocas desnudas relacionadas con la actividad volcánica. Se identificaron 411,1 ha (1,27%) en la parte alta del cono volcánico, entre los 3.050 y 4.150 m.s.n.m.

Figura 47. Afloramientos rocosos, cima del volcán Galeras

Fotografía: Servicio Geológico Colombiano (2005)

7.4 Áreas húmedas. Son terrenos anegadizos con vegetación acuática.

7.4.1 Áreas húmedas continentales. Son zonas inundables, pantanos y terrenos anegadizos con el nivel freático a nivel del suelo en forma temporal o permanente.

7.4.1.1 Turberas (AhcT). Son terrenos pantanosos y de textura esponjosa, compuestos por musgos y materias vegetales en descomposición. Se identificaron 12,2 ha (0,04%), entre los 3.550 y 3.700 m.s.n.m. dentro del SFFG; en el municipio de Yacuanquer, en la parte norte de la Laguna Mejía; y en el municipio de Tangua, en la parte alta de la microcuencas la Magdalena y Piquisiqui

Figura 48. Turbera, SFF Galeras (Microcuenca Piquisiqui, Municipio de Tangua)

Fuente: Google Earth (2015)

7.5 Superficies de agua: Son cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales localizados en el interior del continente.

7.5.1 Aguas continentales. Comprenden lagunas de agua dulce.

7.5.1.1 Lagunas naturales (Ln). Son depósitos naturales de agua dulce situados en alta montaña donde nacen importantes fuentes hídricas. Se identificaron 20,2 ha (0,06%) dentro del SFFG entre los 3.600 y 3.650 m.s.n.m.. La Laguna Negra, que se encuentra en la parte media de la microcuenca Piquisiqui entre los municipios de Pasto y Tangua; y las lagunas Telpis y Mejía en el municipio de Yacuanquer

Figura 49. Laguna negra, SFF Galeras (Tangua – Pasto)

Fotografía: Manuel Leytón (2015)

8 DESCRIPCIÓN DE LOS CAMBIOS EN LAS COBERTURAS DEL SUELO

En primer lugar, en este análisis se describe de manera general el área de cambio registrada en los periodos: 1989 - 2002, 2002 – 2015 y 1989 – 2015. Luego se describen los tipos de cambio previamente identificados, donde se agruparon las coberturas del suelo de acuerdo a los tres primeros niveles de la leyenda nacional de coberturas de la tierra adaptada para Colombia (CLCC). Seguidamente se realiza un análisis comparativo del área registrada en cada tipo de cambio en los dos periodos parciales, 1989 – 2002 y 2002 – 2015; y por último, para el periodo total 1989 – 2015, se enfatiza en las coberturas agrupadas en cada tipo de cambio, y se analizan detalladamente aquellas unidades que ordenadas en la tabla, de mayor a menor según su área de cambio, representaron un porcentaje mayor o igual al 50% de su área total. Excepto en los dos últimos, que mostraron cambios mínimos por debajo de 5 ha en una sola cobertura.

8.1 Área de cambio registrada en cada periodo

En el área de estudio se cuantificaron 32.329,1 ha (100%) de diferentes coberturas del suelo. Como se muestra en la figura 50, en el periodo 1989 – 2002 denominado Primer Periodo Parcial (PPP), cambió el 30,2% de estas coberturas; en el periodo 2002 - 2015 denominado Segundo Periodo Parcial (SPP) cambió el 14,3%; y en el Periodo Total, 1989 – 2015 se registraron cambios aproximadamente en la tercera parte del área de estudio (31,7%). Ver los siguientes anexos cartográficos: mapas de coberturas 1989 (N°7), 2002 (N°6) y 2015 (N°5); mapas de cambios 1989 – 2002 (N°8), 2002 – 2015 (N°9) y mapa de cambios 1989 – 2015 (N°10).

Figura 50. Cuantificación del área de cambio en cada periodo

Fuente. Este estudio

8.2 Descripción de los tipos de cambio

Los cambios identificados en las coberturas del suelo se agruparon en siete *tipos de cambio* directamente relacionados con tres de los cinco niveles generales de la

leyenda nacional de coberturas de la tierra adaptada para Colombia según la metodología Corine Land Cover. Dichos niveles son: territorios artificializados, territorios agrícolas y bosques y áreas seminaturales. De este modo, cada tipo de cambio se conformó por las coberturas que cambiaron a otras coberturas del mismo nivel o, a coberturas de un nivel diferente. A continuación se describen los siete tipos de cambios identificados en el periodo total, ordenados de mayor a menor según el área cuantificada en cada uno de ellos (ver tabla 4).

- Coberturas de territorios agrícolas que cambiaron a Otro tipo de coberturas de territorios agrícolas (TAg a TAg)
- Coberturas de territorios agrícolas que cambiaron a Coberturas de bosques y áreas seminaturales (TAg a BAS)
- Coberturas de bosques y áreas seminaturales que cambiaron a Coberturas de territorios agrícolas (BAS a TAg)
- Coberturas de bosques y áreas seminaturales que cambiaron a Otro tipo de coberturas de bosques y áreas seminaturales (BAS a BAS)
- Coberturas de territorios agrícolas que cambiaron a Coberturas de territorios artificializados (TAg a TAr)
- Coberturas de bosques y áreas seminaturales que cambiaron a Coberturas de territorios artificializados (BAS a TAr)
- Coberturas de territorios artificializados que cambiaron a Coberturas de bosques y áreas seminaturales (TAr a BAS)

Tabla 4. Áreas de cambio en los dos periodos parciales y en el periodo total

	Tipos de cambio	Area (ha) 1989–2002	%	Area (ha) 2002–2015	%	Area (ha) 1989–2015	%
1	TAg a TAg	6.456,10	66,18	3.812,00	82,28	6.818,00	66,60
2	TAg a BAS	1.104,10	11,32	257,2	5,55	1.161,80	11,35
3	BAS a TAg	864,6	8,86	308,5	6,66	950,8	9,29
4	BAS a BAS	868,2	8,9	151,3	3,27	747,4	7,3
5	TAg a TAr	457,8	4,69	99,7	2,15	555,4	5,43
6	BAS a TAr	4	0	0	0	3,7	0,04
7	TAr a BAS	0	0	4,4	0,1	0	0
	Área total	9.754,8	100	4.633,1	100	10.237,1	100

Fuente: Este estudio

8.3 Análisis comparativo de la superficie ocupada por cada tipo de cambio en los dos periodos parciales

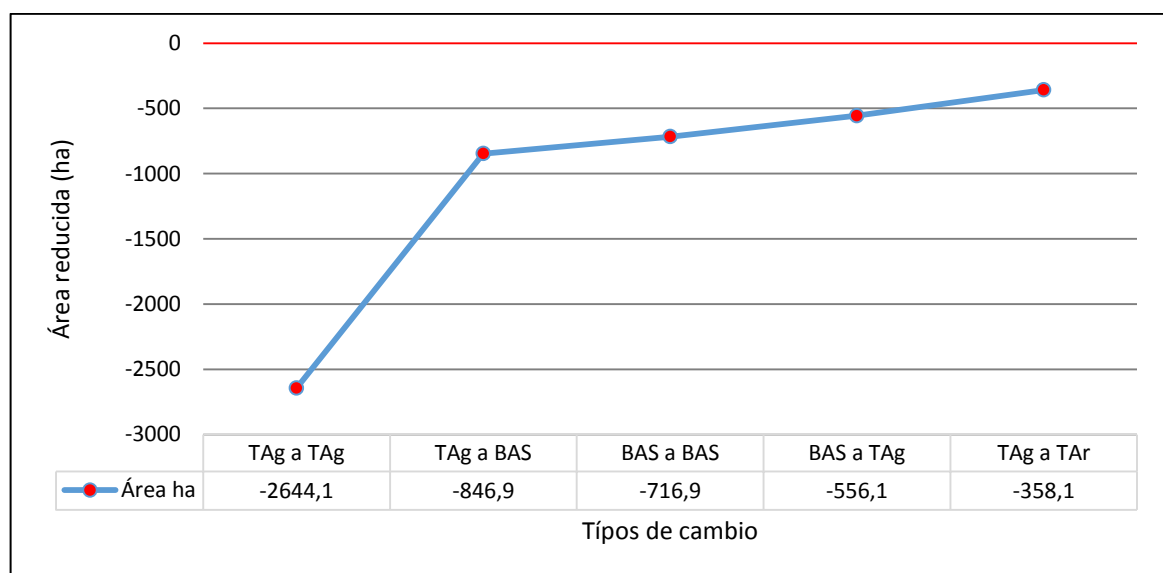
En este análisis comparativo se precisó que el área de cambio total del SPP se redujo 47% (5.121,7 ha) en comparación con el área de cambio total cuantificada en el PPP (9.754,8 ha). Es decir, que los cambios en las coberturas del suelo fueron mayores durante los 13 años del primer periodo parcial.

En la figura 51 se aprecia de mayor a menor la tendencia de reducción que presentaron cinco de los siete tipos de cambio previamente identificados en esta investigación, los dos faltantes, se mantuvieron invariables, razón por la cual no aparecen en dicha figura. El primero, es el tipo de cambio BAS a TAr que se dio únicamente en el PPP, y el segundo, es el tipo de cambio TAr a BAS que se dio solo en el SPP. Ambos poseen una cobertura con área menor a 5 ha , menos del 1 %.

Los datos que demuestran el incremento o la reducción de la superficie ocupada por cada tipo de cambio, se obtuvieron mediante la diferencia matemática entre las áreas cuantificadas en cada uno de ellos durante los dos periodos parciales (ver tabla 4). Por ejemplo: la reducción de área que presentó el tipo de cambio TAg a TAg se calculó de la siguiente manera (igual para los demás tipos de cambio):

$$\begin{aligned} \text{TAg a TAg} &= (\text{haSPP} - \text{haPPP}) \\ \text{TAg a TAg} &= (3.812,1 - 6.456,1) = \\ &= -2644,1 \text{ (reducción)} \end{aligned}$$

Figura 51. Tendencia de reducción que presentaron los cinco tipos de cambio



Fuente: Este estudio

8.4 Análisis detallado de las coberturas agrupadas en cada tipo de cambio

A continuación se describen las coberturas agrupadas en los tipos de cambio. Su orden obedece al área total registrada en cada uno de ellos en el periodo 1989 - 2015 (ver tabla 4). Cada grupo de coberturas se organizaron en una tabla, de mayor a menor, según el área de cambio que registraron en 26 años. De cada grupo de coberturas agrupadas se analizan detalladamente y conservando su respectivo orden en la tabla, aquellas que en conjunto o de manera individual representaron los mayores cambios y suman un porcentaje mayor o igual al 50% del área total registrada en cada tipo de cambio.

Cabe mencionar que el anterior criterio establecido para el análisis de los cambios en las coberturas del suelo, se adoptó en la presente investigación, sin desconocer la importancia de las demás coberturas agrupadas. Solo con el fin de manejar adecuadamente los datos más relevantes de los cambios identificados en algunas unidades para no exceder la extensión del presente documento. Por tanto se enfatiza en que la información detallada de los cambios en todas las coberturas del suelo en el periodo total (1989 - 2015), se encuentra en las siguientes anexos (matrices), M 1 tipo de cambio TAg a TAg, M 2 tipo de cambio TAg a BAS, matriz M 3 tipo de cambio BAS a TAg, M 4 tipo de cambio BAS a BAS, M 5 tipo de cambio TAg a TAr, M 6 tipo de cambio TAr a BAS; y M 7, tipo de cambio Bas a TAr.

De manera complementaria se encuentran los anexos (tablas T 1, T 2 ,T 3 y T 4) que contienen la cuantificación general del incremento o de la reducción de cada cobertura en los dos periodos parciales y en el periodo total ; y la matriz general de cambios (Anexo N°9), donde las 45 unidades de coberturas identificadas se agruparon conforme a la leyenda nacional de coberturas de la tierra (CLCC) y; no por tipo de cambio. En ella se pueden consultar el área de cambio total de cada cobertura, su incremento o reducción y los cambios a otras coberturas de un mismo nivel o de un nivel diferente.

8.4.1 Coberturas agrupadas en el tipo de cambio TAg a TAg (ver tabla 5). Se agruparon 17 coberturas de territorios agrícolas que cambiaron a otras cobertura de territorios agrícolas. En conjunto registraron un total de 6.818 ha, equivalentes al 66,60% del área de cambio total cuantificada en 26 años (10.237,1 ha). De estas coberturas agrupadas, solo se analizan la unidades de pastos limpios y mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío, que registraron las mayores cambios, y en el orden dela tabla, suman un porcentaje mayor al 50% del área total en este tipo de cambio.

La información detallada de las demás coberturas agrupadas se encuentra en los siguientes anexos: M 1 tipo de cambio TAg a TAg (coberturas de territorios agrícolas que cambiaron a otra a coberturas de territorios agrícolas), y anexo T 4,

que contiene la cuantificación general de su incremento o reducción.

Tabla 5. Coberturas agrupadas en el tipo de cambio TAg a TAg, áreas de cambio y porcentajes

Coberturas agrupadas		Área de cambio (ha)	%
1	Pastos limpios	2.202,8	32,31
2	Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío	1.746,2	25,61
3	Mosaico de cultivos de piso térmico frío	1.080,7	15,85
4	Mosaico de cultivos de piso térmico templado	523,4	7,68
5	Papa	360,7	5,29
6	Mosaico de pastos con espacios naturales - Arbustal	227,9	3,34
7	Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado	183,4	2,69
8	Pastos enmalezados	159,6	2,34
9	Pastos arbolados	71,1	1,04
10	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - Arbustal	59,8	0,88
11	Mosaico de pastos con espacios naturales - Bosque ripario	57,2	0,84
12	Caña Panelera	53,5	0,78
13	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - Bosque relictual	30,6	0,45
14	Mosaico de pastos con espacios naturales - Bosque relictual	25,4	0,37
15	Mosaico de cultivos con espacios naturales - Bosque relictual	19,9	0,29
16	Mosaico de cultivos con espacios naturales - Arbustal	14,6	0,21
17	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - Bosque ripario	1,2	0,02
	Área total	6.818,0	100,00

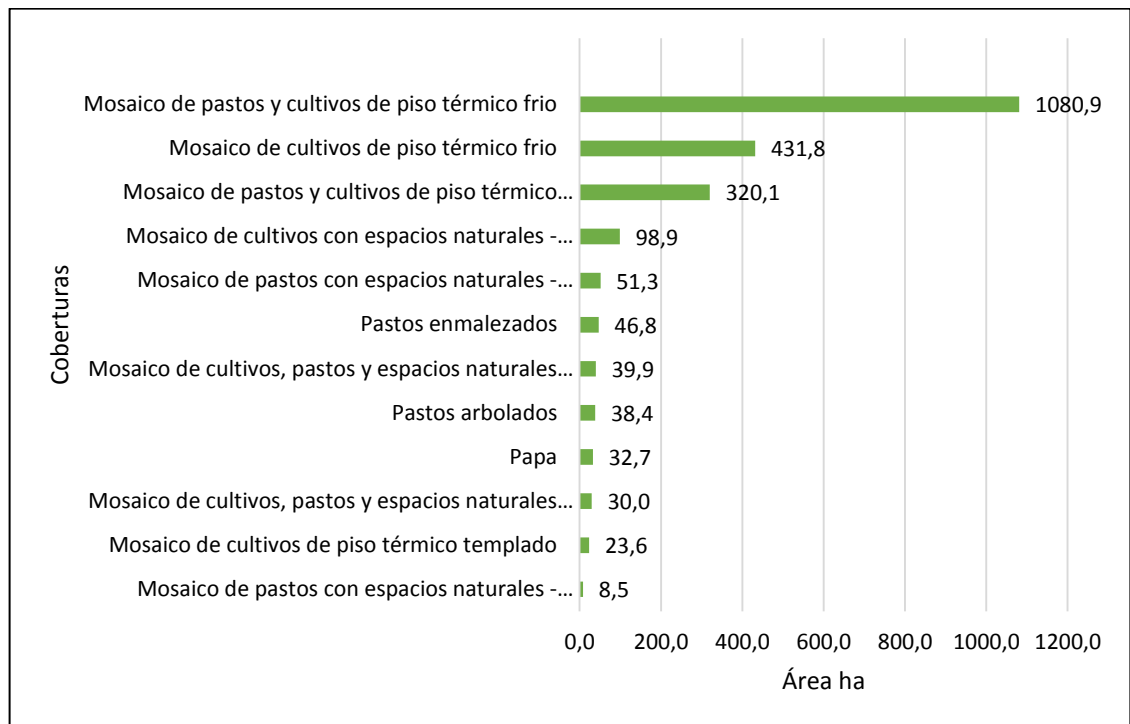
Fuente: Este estudio

8.4.1.1 Cambios de la cobertura de pastos limpios. Se incrementaron 1.267,6 ha de esta cobertura en 26 años (ver anexo T 4), y cambiaron 2.202,8 ha que equivalen al 32,31 % del área total cuantificada en el tipo de cambio TAg a TAg (6.818 ha).

En la figura 52 se representa el conjunto de otras coberturas de territorios agrícolas (12) que al final del periodo 1989 – 2015, ocuparon 2.202,8 ha (100%) antes ocupadas por la cobertura de pastos limpios. Según las áreas que se registraron de estas coberturas, los cambios mas significativos, es decir mayores a 90 ha, se dieron de pastos limpios a coberturas de: mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío (49,07%), mosaico de cultivos de piso térmico frío (19,60%), mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado (14,53%) y mosaico de cultivos con espacios naturales – arbustal (4,49%). Los demás cambios se

registraron por debajo de 52 ha (< 4,50%).

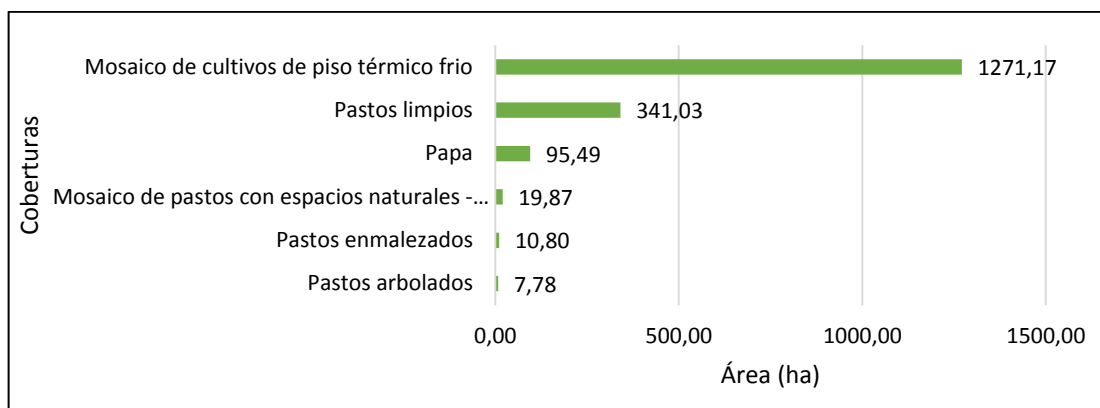
Figura 52. Otras coberturas de territorios agrícolas identificadas en áreas antes ocupadas por pastos limpios



Fuente: Este estudio

8.4.1.2 Cambios de la cobertura de mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío. En 26 años se redujeron 652,3 ha de esta cobertura (ver anexo T 4), que registro cambios en 1.746,2 ha equivalentes al 25,61 % del área total cuantificada en el tipo de cambio TAg a TAg (6.818 ha).

Figura 53. Otras coberturas de territorios agrícolas identificadas en áreas antes ocupadas por mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío



Fuente: Este estudio

En la figura anterior se representa el conjunto de otras coberturas de territorios agrícolas que al final del periodo 1989 – 2015, ocuparon 1.746,2 ha (100 %) antes ocupadas por la cobertura de mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío.

Los cambios más relevantes de esta unidad estuvieron por encima de 90 ha y, se dieron a las siguientes coberturas: mosaico de cultivos de piso térmico frío (72,80 %), pastos limpios (19,53 %) y papa (5,47 %); y los cambios a pastos arbolados, mosaico de pastos con espacios naturales - bosque relictual, pastos enmalezados y pastos arbolados, estuvieron por debajo de 20 ha (< 1,15%).

8.4.2 Coberturas agrupadas en el tipo de cambio TAg a BAS (ver tabla 6). Se agruparon 14 coberturas de territorios agrícolas que cambiaron a coberturas de bosques y áreas seminaturales. Registraron 1.161,8 ha, equivalentes al 11,35 % del área total cuantificada en 26 años (10.237,1 ha).

En este tipo de cambio se analizan detalladamente las coberturas de pastos limpios y mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado, que registraron los mayores cambios, y en el orden de la tabla, suman más del 50% de su área total (1.168 ha). La información detallada de las demás coberturas agrupadas se encuentra en los anexos: M 2 tipo de cambio TAg a BAS, y anexo T 4, que contiene la cuantificación general de su incremento o reducción.

Tabla 6. Coberturas agrupadas en el tipo de cambio TAg a BAS, áreas de cambio y porcentajes

Coberturas agrupadas		Área de cambio (ha)	%
1	Pastos limpios	579,2	49,85
2	Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado	124,3	10,70
3	Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío	113,4	9,76
4	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - Arbustal	83,8	7,21
5	Mosaico de cultivos con espacios naturales - Bosque relictual	78,8	6,78

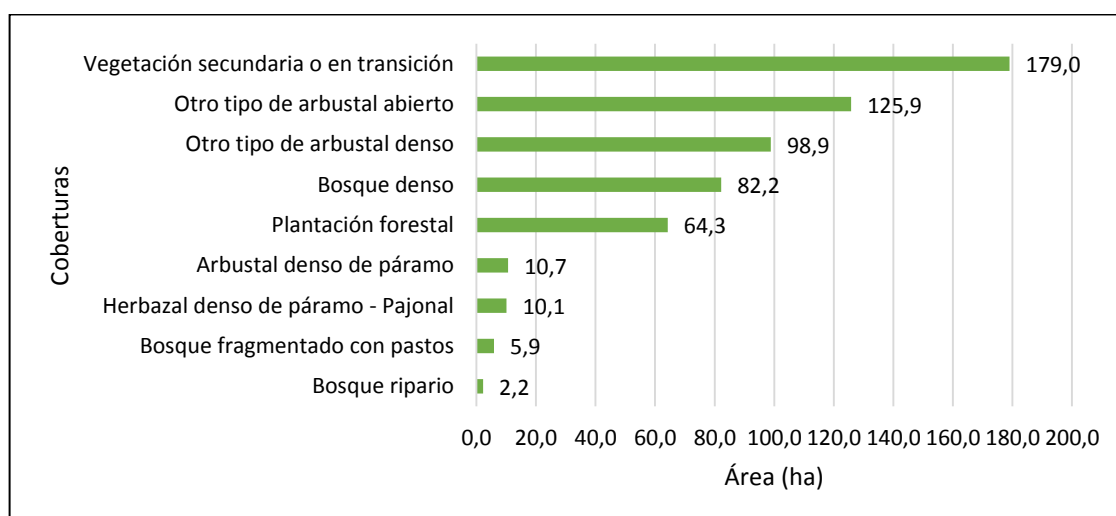
6	Mosaico de cultivos de piso térmico frío	51,7	4,45
7	Mosaico de pastos con espacios naturales - Arbustal	49,3	4,24
8	Pastos enmalezados	35,6	3,06
9	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - Bosque ripario	27,3	2,35
10	Mosaico de cultivos con espacios naturales - Arbustal	10,2	0,88
11	Mosaico de pastos con espacios naturales - Bosque ripario	2,6	0,22
12	Papa	2,7	0,23
13	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales - Bosque relictual	1,5	0,13
14	Mosaico de cultivos de piso térmico templado	1,4	0,12
	Área total	1.161,8	100

Fuente: Este estudio

8.4.2.1 Cambios de la cobertura de pastos limpios. Se Incrementaron 1.267,6 ha de pastos limpios (ver anexo T 4), y cambiaron 579,2 ha que corresponden al 49,85 % del área total cuantificada en el tipo de cambio TAg a BAS (1.161,8 ha).

En la figura 54 se representan nueve coberturas del nivel tres de bosques y áreas seminaturales, que al final del periodo 1989 – 2015 ocuparon 1.161,8 ha antes ocupadas por la cobertura de pastos limpios. Los cambios más representativos de esta unidad, mayores a 60 ha, se dieron a las siguientes coberturas: vegetación secundaria o en transición (30,91%), otro tipo de arbustal abierto (21,73%), otro tipo de arbustal denso (17,07%), bosque denso (14,19%) y plantación forestal (11,09%). Los cambios a: arbustal denso de páramo, herbazal denso de páramo – pajonal, bosque fragmentado con pastos y bosque ripario, se registraron por debajo del 2%, < 11 ha.

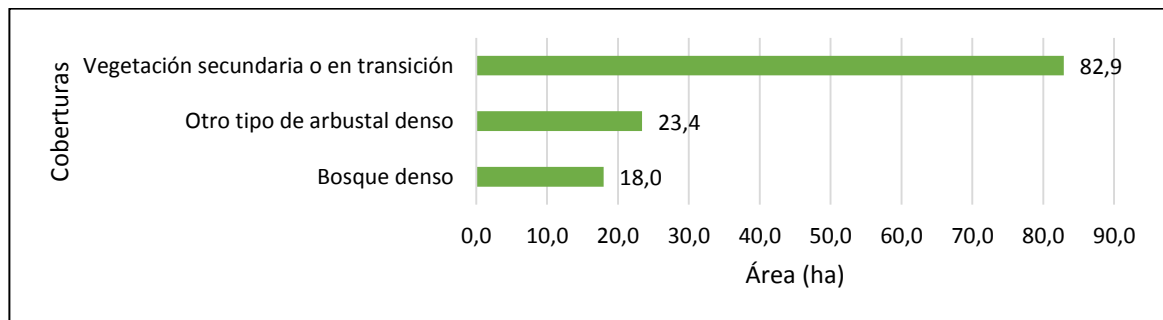
Figura 54. Coberturas de bosques y áreas seminaturales identificadas en áreas antes ocupadas por pastos limpios.



Fuente: Este estudio

8.4.2.2 Cambios en la cobertura de mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado. En 26 años se redujeron 421,8 ha de esta cobertura (ver anexo T 4), y cambiaron 124,3 ha equivalentes al 10,70 % del área total cuantificada en el tipo de cambio TAg a BAS (1.161,8 ha). En la siguiente figura se muestran las tres coberturas de bosques y áreas seminaturales que al final del periodo 1989 – 2015 ocuparon 124,3 ha (100 %) antes ocupadas por la cobertura de mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado. En primer lugar se encuentra: vegetación secundaria o en transición que ocupó el 66,71%; en el segundo, la cobertura de otro tipo de arbustal denso con el 18,84 %; y en el tercero, el bosque denso que ocupó el 14,46 %.

Figura 55. Coberturas de bosques y áreas seminaturales identificadas en áreas antes ocupadas por mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado



Fuente: Este estudio

8.4.3 Coberturas agrupadas en el tipo de cambio BAS a TAg (ver tabla 7). Se agruparon nueve coberturas de bosques y áreas seminaturales, que en 26 años cambiaron a coberturas de territorios agrícolas. Registraron un total de 950,8 ha, equivalentes al 9,29 % del área de cambio total (10.237,1 ha).

De este conjunto de coberturas se analizan las unidades de otro tipo de arbustal denso y bosque denso, que registraron los mayores cambios, y en el orden de la tabla, suman un porcentaje mayor al 50% de su área de cambio total. La información detallada de las demás coberturas se encuentra en los anexos: M 3 tipo de cambio BAS a TAg, y anexo T 4 que contiene la cuantificación general de su incremento o reducción

Tabla 7. Coberturas agrupadas en el tipo de cambio BAS a TAg, áreas de cambio y porcentajes

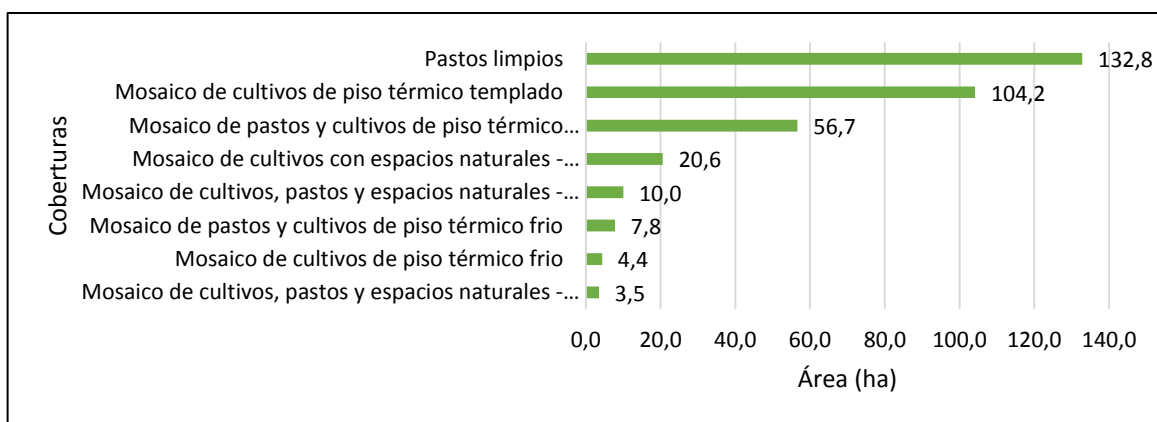
Coberturas agrupadas		Área de cambio (ha)	%
1	Otro tipo de arbustal denso	340,0	35,7

2	Bosque denso	210,9	22,1
3	Otro tipo de arbustal abierto	173,2	18,2
4	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	154,8	16,2
5	Plantación forestal	40,4	4,2
6	Arbustal denso de páramo	12,9	1,3
7	Herbazal denso de páramo con arbustos	10,1	1,0
8	Herbazal denso de páramo - Pajonal	5,7	0,6
9	Bosque ripario	2,7	0,2
	Área total	950,8	100

Fuente: Este estudio

8.4.3.1 Cambios en la cobertura de otro tipo de arbustal denso. Se Redujeron 82,6 ha de esta cobertura en 26 años (ver anexo T 4) y cambiaron 340 ha que equivalen al 35,7 % de 950,8 ha cuantificadas en el tipo de cambio BAS a TAg. En la figura 56 se muestran ocho coberturas agrícolas, a las que cambió la cobertura de otro tipo de arbustal denso durante el periodo 1989 – 2015. Los cambios de esta unidad, registrados por encima del 16 % es decir mayores a 20 ha, fueron a: mosaico de cultivos con espacios naturales - Bosque relictual (6,06%) mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado (16,67%), mosaico de cultivos de piso térmico templado (30,64%) y pastos limpios (39,07%). Los demás cambios fueron a diferentes tipos de mosaicos y no superaron el 6,1 % (>10 ha).

Figura 56. Coberturas de territorios agrícolas identificadas en áreas antes ocupadas por otro tipo de arbustal denso

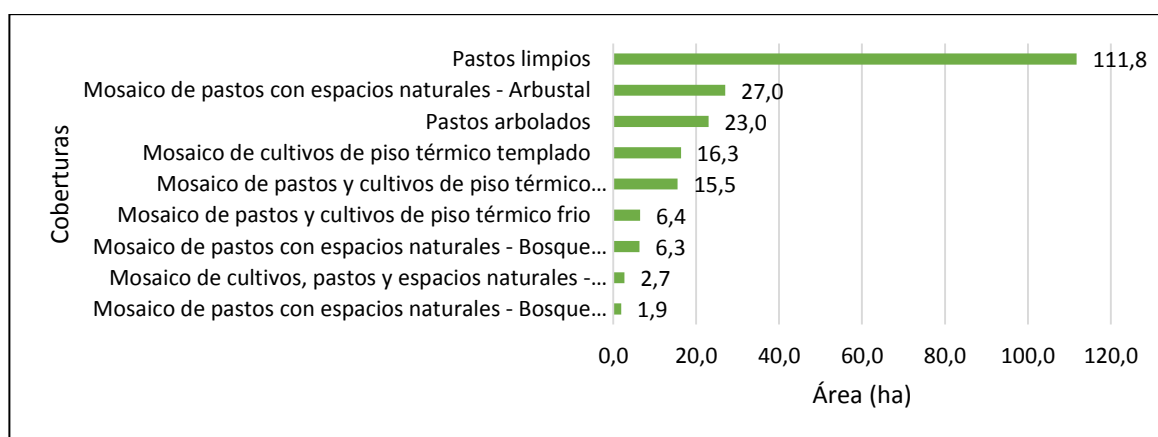


Fuente: Este estudio

8.4.3.2 Cambios en la cobertura de bosque denso. Durante 26 años se redujeron 90 ha de esta cobertura (ver anexo T 4) y, cambiaron 210,9 ha equivalentes al 22,1 % de 950,8 ha cuantificadas en el tipo de cambio BAS a TAg. En la figura 57 se muestran nueve coberturas agrícolas a las que cambió la cobertura de bosque denso durante el periodo 1989 – 2015. Los cambios mas significativos de esta unidad se registraron por encima del 7 % (>15 ha) a las siguientes coberturas: mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado (7,36%), mosaico de cultivos de piso térmico templado (7,73%), pastos arbolados (10,88%), mosaico de pastos con espacios naturales – Arbustal (12,80%) y pastos limpios (52,99%). Los demás cambios se dieron a diferentes tipos de mosaicos por debajo del 3% (>6,4 ha).

8.4.4 Coberturas agrupadas en el tipo de cambio BAS a BAS (ver tabla 8). Se agruparon 15 coberturas de bosques y áreas seminaturales que en 26 años cambiaron a otras coberturas de bosques y áreas seminaturales. Registraron un total de 747,4 ha, equivalentes al 7,30 % del área de cambio total (10.237,1 ha). En este conjunto de coberturas agrupadas se analizan detalladamente las unidades de arbustal denso de páramo, otro tipo de arbustal abierto, vegetación secundaria o en transición y bosque denso; que registraron los mayores cambios, y en el orden del la tabla, representan mas del 50% de su área total. La información detallada de las demás coberturas se encuentra en los anexos: M 4, tipo de cambio BAS a BAS, y anexo T 4 que contiene la cuantificación general de su incremento o reducción.

Figura 57. Coberturas de territorios agrícolas identificadas en áreas antes ocupadas por bosque denso



Fuente: Este estudio

Tabla 8. Coberturas agrupadas en el tipo de cambio BAS a BAS, áreas y porcentajes

Coberturas agrupadas	Área de cambio	%
----------------------	----------------	---

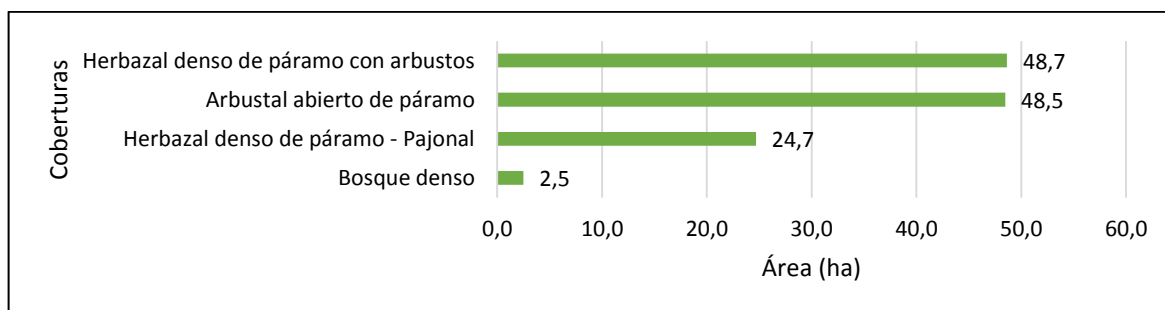
		(ha)	
1	Arbustal denso de páramo	124,3	16,63
2	Otro tipo de arbustal abierto	115,8	15,49
3	Vegetación secundaria o en transición	103,1	13,79
4	Bosque denso	76,8	10,28
5	Herbazal denso de páramo con arbustos	76,8	10,28
6	Otro tipo de arbustal denso	76,0	10,17
7	Afloramientos rocosos	55,5	7,43
8	Bosque fragmentado con pastos	40,2	5,38
9	Herbazal denso de páramo - Pajonal	19,4	2,60
10	Herbazal abierto rocoso	18,8	2,50
11	Arbustal abierto de páramo	17,6	2,35
12	Otro tipo de herbazal denso de páramo	14,1	1,89
13	Herbazal denso de páramo - Pajonal frailejonal	3,5	0,47
14	Plantación forestal	3,4	0,45
15	Bosque ripario	2,1	0,28
	Área total	747,4	100

Fuente: Este estudio

8.4.4.1 Cambios en la cobertura de arbustal denso de páramo. Se incrementaron 142,8 ha de esta cobertura en 26 años (ver anexo T 4) y cambiaron 124,3 ha que corresponden al 16,63% de 747,4 ha, área total cuantificada en el tipo de cambio BAS a BAS.

En la siguiente figura se muestran cuatro coberturas de bosques y áreas seminaturales a las que cambió la cobertura de arbustal denso de páramo durante el periodo 1989 – 2015. Los cambios mas relevantes de esta unidad fueron mayores a 40 ha, y se dieron a: herbazal denso de páramo con arbustos (39,14 %) y arbustal abierto de páramo (39 %). En menor proporción fueron a: herbazal denso de páramo pajonal (19,9 %) y bosque denso (2,02%).

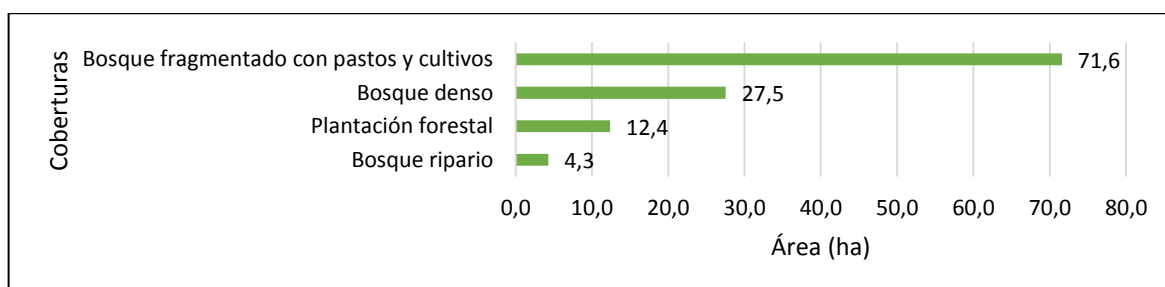
Figura 58. Otras coberturas de bosques y áreas seminaturales identificadas en áreas antes ocupadas por arbustal denso de páramo



Fuente: Este estudio

8.4.4.2 Cambios en la cobertura de otro tipo de arbustal abierto. Se incrementaron 32,7 ha de esta cobertura en 26 años (ver anexo T 4) y cambiaron 115,8 ha que corresponden al 15,49 % del área total cuantificada en el tipo de cambio BAS a BAS (747,4 ha). Los cambios en 115,8 ha de esta unidad a otras coberturas de bosques y áreas seminaturales se registraron de la siguiente manera (ver figura 60): 61,83% cambió a bosque fragmentado con pastos y cultivos, 23,78 % a bosque denso, 10,71 % a plantación forestal y 3,70 % a bosque ripario.

Figura 59. Otras coberturas de bosques y áreas seminaturales identificadas en áreas antes ocupadas por otro tipo de arbustal abierto



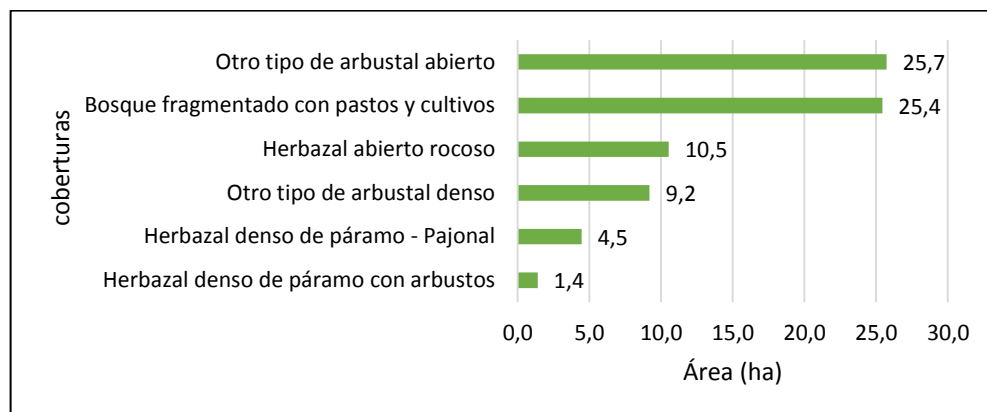
Fuente: Este estudio

8.4.4.3 Cambios en la cobertura de vegetación secundaria o en transición. Se registraron 374,9 ha de esta cobertura en el año 2002, que en 13 años, es decir al 2015, se redujo 3,6 ha. En este sentido, los cambios de esta unidad se cuantificaron en 103,1 ha que corresponden al 13,79 % del área total cuantificada en el tipo de cambio BAS a BAS (747,4 ha). y se presentaron únicamente a dos coberturas: otro tipo de arbustal abierto (83,84 %) y bosque denso (16,16 %).

8.4.4.4 Cambios en la cobertura de bosque denso. Se redujeron 90 ha de esta cobertura en 26 años (ver anexo T 4) y cambiaron 76,8 ha que corresponden al 10,28% del área total cuantificadas en el tipo de cambio BAS a BAS (747,4 ha).

En la siguiente figura se muestran las seis coberturas de bosques y áreas seminaturales a las que cambió la cobertura de bosque denso durante el periodo 1989 – 2015. Los cambios mas significativos de esta unidad fueron mayores al 13 % de 76,8 ha, y se dieron a coberturas de: herbazal abierto rocoso (13,73%), bosque fragmentado con pastos y cultivos (33,12 %) y otro tipo de arbustal abierto (33,50,%). Por otra parte los cambios a: otro tipo de arbustal denso, herbazal denso de páramo – Pajonal y herbazal denso de páramo con arbustos representaron un porcentaje por debajo del 12% (<10 ha).

Figura 60. Otras coberturas de bosques y áreas seminaturales identificadas en áreas antes ocupadas por bosque denso



Fuente: Este estudio

8.4.5 Coberturas agrupadas en el tipo de cambio TAg a TAr (ver tabla 9). Se agruparon ocho coberturas de territorios agrícolas que en 26 años cambiaron a coberturas de territorios artificailizados. Registraron un total de 555,4 ha correspondientes al 5,43 % del área de cambio total (10.237,1 ha). De este grupo de coberturas se analizan únicamente los cambios en el mosaico de cultivos de piso térmico frío, que representó más del 50% del área total de este tipo de cambio. La información detallada de las demás coberturas se encuentra en los anexos: M 5 tipo de cambio TAg a TAr, y anexo T 4 que contiene la cuantificación general de su incremento o reducción.

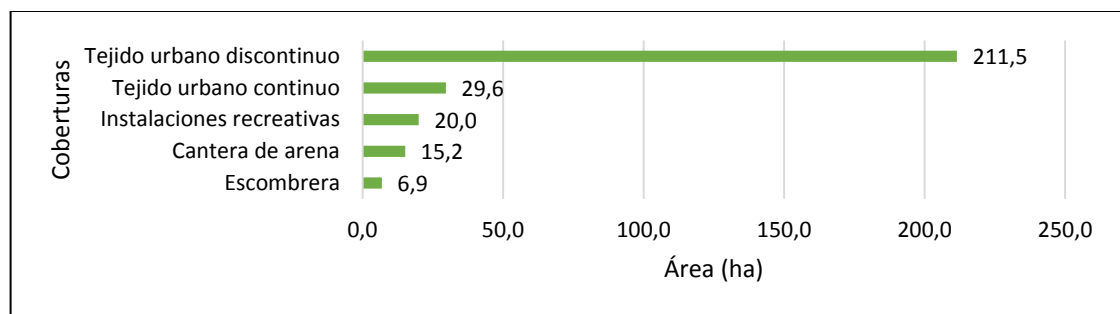
Tabla 9. Coberturas agrupadas en el tipo de cambio TAg a TAr, áreas y porcentajes

Coberturas agrupadas		Área de cambio (ha)	%
1	Mosaico de cultivos de piso térmico frío	283,0	50,9
2	Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío	153,9	27,7
3	Pastos enmalezados	69,4	12,5
4	Mosaico de cultivos de piso térmico templado	26,3	4,7
5	Mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado	5,2	0,9
6	Pastos arbolados	4,1	0,7
7	Papa	2,5	0,4
8	Pastos limpios	11,0	1,9
	Área total	555,4	100

Fuente: Este estudio

8.4.5.1 Cambios en la cobertura de mosaico de cultivos de piso térmico frío. Se redujeron 1.229,7 ha de esta cobertura en 26 años (ver anexo T 4), y cambiaron 283 ha que corresponden al 50,9% del área total cuantificada en el tipo de cambio TAg a TAr (555,4 ha) . En la siguiente figura se muestran las cinco coberturas de territorios artificializados, a las que cambiaron 283 ha (100 %) de la cobertura de mosaico de cultivos de piso térmico frío en 26 años. El mayor cambio de esta cobertura se dio a tejido urbano discontinuo (74,75%) y en menor proporción a las coberturas de: tejido urbano continuo (10,46%), Instalaciones recreativas (7,06%), cantera de arena (5,36%) y escombrera (2,42%).

Figura 61. Coberturas de territorios artificializados identificadas en áreas antes ocupadas por mosaico de cultivos de piso térmico frío



Fuente: Este estudio

8.4.6 Tipo de cambio BAS – TAr y TAr - BAS. En el tipo de cambio Bas a TAr se registraron 3,7 ha de la cobertura de plantación forestal que cambiaron a la cobertura de cantera de piedra; y en el tipo de cambio TAr a BAS, se registraron 4,4 ha de la cobertura de cantera de piedra que cambiaron a la cobertura de otro tipo de arbustal abierto.

9 CAUSAS Y FACTORES QUE INCIDIERON EN LOS CAMBIOS DE COBERTURA DEL SUELO EN EL PERIODO 1989 – 2015

En este capítulo se definen y describen, en orden de afectación, 11 causas con sus respectivos factores que influyeron en los cambios de la cobertura del suelo en el área de estudio. Ver anexo cartográfico N° 11 , mapa de causas de cambio. Cabe aclarar que en el contexto de la presente investigación, una causa es entendida como una situación que conduce de forma directa o indirecta a una acción o fenómeno de origen natural o antrópico, generando el cambio de una cobertura del suelo a otra; así mismo, un factor se entiende como una circunstancia que contribuye o coadyuva a producir dicho cambio en determinada zona.

Algunos de los procesos o fenómenos que inciden en el cambio de una cobertura del suelo no están definidos por una causa específica como tal, esto quiere decir, que se pueden encontrar cambios en dicha cobertura con orígenes multicausales, por esta razón, se abordaron las causas y factores que más incidencia mostraron en los procesos de cambio en la cobertura del suelo. Al final de este capítulo se encuentra la tabla 1 con las once causas identificadas, áreas y porcentajes con relación al área de cambio total (10,237,1 ha) registrada en el periodo 1989 – 2015.

9.1 Intervención pecuaria

Esta causa de cambio se asocia al desarrollo de actividades ganaderas de doble propósito, carne y leche; por eso los suelos con vocación agrícola se acondicionan para establecer, allí, pastos limpios. También se identificó que esta cobertura surge como resultado de dos tipos de acciones: La primera, que es inducida, cuando los pobladores adecuan el suelo para su producción; y la segunda, cuando interfieren factores climáticos como: temperatura, precipitación y humedad; y especialmente el fenómeno El Niño; que en diferentes épocas del año, afectan aquellas coberturas asociadas con la producción agrícola y dan paso a grandes extensiones de pastos.

Esta actividad desarrollada sin ningún tipo de control genera la ampliación de la frontera agropecuaria, lo cual induce procesos de deforestación en zonas boscosas, sin embargo, se aclara que la actividad pecuaria que se aborda como causa de cambio, hace referencia a la desarrollada estrictamente sobre suelos asociados a territorios agrícolas, sin involucrar la afectación directa o indirecta de coberturas boscosas y/o arbustivas; para ello, se explicará esta problemática en la causa asociada a la deforestación. Es importante mencionar que los cambios en estas coberturas también obedecieron a otros factores; como la denominada apertura económica, la cual se desarrolló a inicios de la década de los noventa, buscando la liberalización comercial y financiera de la economía del país para

exponerla a la competencia internacional.⁵⁷

La introducción de productos extranjeros como: cereales trigo, cebada, entre otros, al mercado colombiano, transformó por completo la relación de producción y demanda que perduro en el país por varias décadas, y como resultado de este proceso, algunos sectores agrícolas no sobrevivieron a la competencia y desaparecieron total o parcialmente. Caso evidente en el municipio de Yacuanquer y en algunos sectores de Pasto y Tangua, donde se registró que la cantidad de hectáreas sembradas en las dos últimas décadas disminuyeron notablemente, es por ello, que en la actualidad existen grandes extensiones de pastos limpios dedicados a la actividad pecuaria. En la siguiente tabla se aprecia, para los dos periodos parciales y para el periodo total, el área de cada municipio donde se identificó este tipo de intervención.

Tabla 10. Intervención pecuaria en diferentes municipios

Municipio	Intervención pecuaria (ha)		
	Periodo 1989 - 2002	Periodo 2002 – 2015	Periodo 1989 - 2015
Pasto	804,2	661,3	922,7
Yacuanquer	706,5	359,6	694,0
Consacá	428,0	184,9	489,4
Tangua	143,9	34,7	144,0
Sandoná	106,2	16,7	103,9
La Florida	75,7	19,6	52,5
Nariño	32,9	17,1	27,1
Total	2.297,5	1.294,0	2.433,5

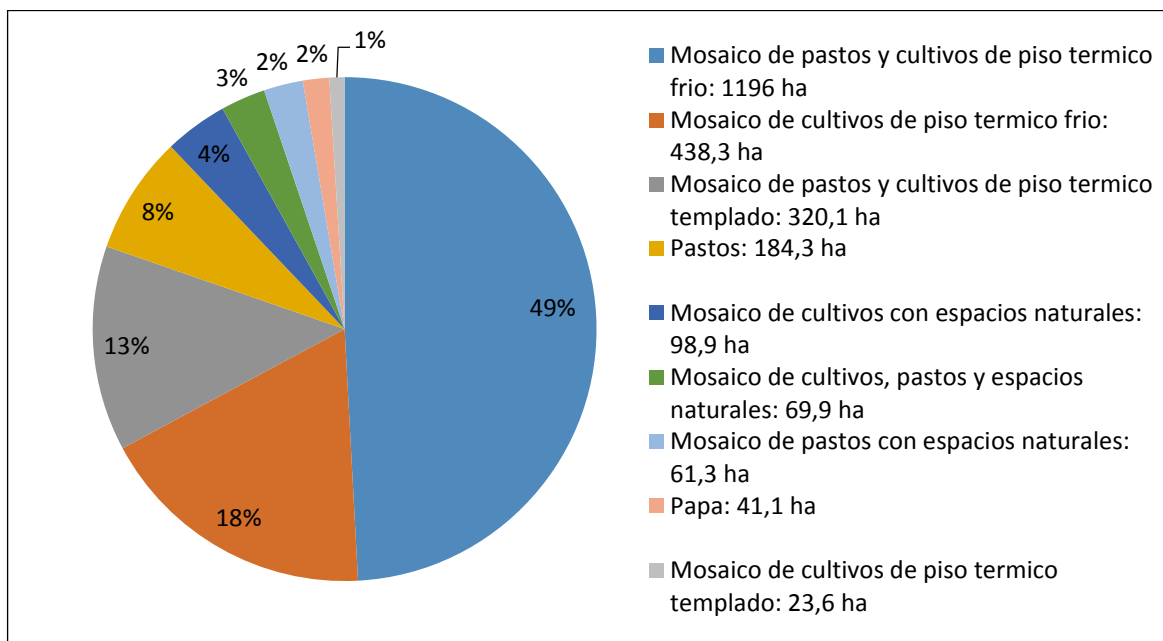
Fuente: Este estudio

La intervención pecuaria afectó en mayor extensión (60%) aquellas coberturas ubicadas en zonas de piso térmico frío, principalmente en los siguientes municipios: Pasto, Yacuanquer, Tangua y Nariño; donde predominaban los mosaicos de pastos y cultivos de piso térmico frío, mosaicos de cultivos de piso térmico frío, diferentes tipo de pastos (limpios, arbolados y enmalezados), y cultivos de papa. El 40% restante de esta intervención, se dio en los municipios de: Consacá, Sandoná y La Florida; especialmente sobre coberturas de mosaicos de pastos y cultivos de piso térmico templado, mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales, y mosaicos de cultivos de piso térmico templado.

Las respectivas áreas y porcentajes de las coberturas afectadas por la esta intervención, en 26 años se aprecian en la siguiente figura. En ella se observa que

las coberturas más intervenidas fueron los mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío, mosaico de cultivos de piso térmico frío, mosaico de pastos y cultivos de piso térmico templado y pastos (88%)

Figura 62. Coberturas afectadas por intervención pecuaria



Fuente: Este estudio

9.2 Intervención agropecuaria

Esta causa de cambio se evidenció por la combinación simultánea de actividades agrícolas y pecuarias, que comprenden diferentes procesos en el tratamiento del suelo para la siembra de cultivos y el pastoreo de ganado; y que al final generan coberturas de mosaicos de pastos y cultivos de piso térmico frío o templado. Al igual que en la intervención pecuaria, se aclara que en esta causa se abordaran los cambios generados estrictamente sobre coberturas asociadas a territorios agrícolas, sin involucrar la afectación directa o indirecta de coberturas boscosas y/o arbustivas; esta problemática se describirá en la causa de deforestación.

Tabla 11. Intervención agropecuaria en diferentes municipios

Municipio	Intervención agropecuaria (ha)		
	Periodo 1.989 – 2.002	Periodo 2.002 – 2.015	Periodo 1.989 – 2.015
Yacuanquer	955,8	626,1	1.074,2
Pasto	517,1	430,4	662,3
Consacá	273,4	146,2	255,8
Sandoná	215,2	7,7	223,8

Tangua	90,1	104,5	98,5
Nariño	18,3	50,5	51,7
Total	2.070,0	1.158,8	1.929,6

Fuente: Este estudio

En el periodo 1989 – 2015, se afectaron mosaicos de cultivos de piso térmico frío, cultivos de papa y pastos (arbolados y enmalezados), en los siguientes municipios: en Yacuanquer, 1.074,2 ha (50%) ,en las veredas: San José de Córdoba, Mejía y Mohechiza Alto y Bajo; en el municipio de Pasto, 662,3 ha en los corregimientos de: Catambuco, Obonuco y Mapachico; en Tangua 98,5 ha en la vereda Los Ajos; y en el municipio de Nariño, 51,7 ha en la vereda Pueblo Viejo. De igual manera se afectaron mosaicos de cultivos, mosaicos de pastos con espacios naturales, mosaicos de cultivos con espacios naturales y caña panelera en los municipios de: Consacá, 255,8 ha en las veredas: Alto Bombona, Tinajillas y El Guabo; y en Sandoná, 223,8 ha en las veredas: Alto Jiménez y San Isidro.

9.3 Intervención agrícola

Esta causa se explica como el cambio cíclico de las coberturas asociadas con la producción agrícola, que también se conoce como rotación de cultivos. Un ejemplo de ello, es un cultivo y su rotación de barbecho⁵⁸; es decir, que en determinado tiempo una parcela queda libre y sin cultivar para que se regenere y consiga los nutrientes y grado de humedad necesarios para volverse a utilizar. En este sistema de uso del suelo los cultivos se desarrollan a través de una sucesión repetitiva en un mismo terreno, es decir, estrictamente sobre coberturas de territorios agrícolas, donde se pueden alternar periódicamente y su variación depende de las condiciones agroecológicas de cada zona en particular. En el periodo 1989 - 2015, las coberturas que presentaron mayores cambios por actividad agrícola, fueron: mosaicos de cultivos de piso térmico frío (1.080,7 ha), mosaicos de cultivos de piso térmico templado (523,4 ha), papa (360,7 ha) y caña panelera (53,5 ha). Estas coberturas reemplazaron en su mayoría a pastos limpios y mosaicos de pastos y cultivos de piso térmico frío y templado.

Como se puede apreciar en la tabla 12, Pasto es el municipio donde se presentaron los mayores cambios de coberturas del suelo por este tipo de intervención, en total 876,6 ha (43,4%); principalmente en los corregimientos de: Catambuco, Gualmatán, Obonuco y Mapachico. En el municipio de Yacuanquer cambiaron 364,9 ha (18,6%), en las veredas: La Aguada, Mejía y Mohechiza Alto; en Sandoná, en las veredas: San Isidro, Alto Ingenio y Alto Jiménez., cambiaron 332,4 ha, de las cuales más del 50% corresponden a cultivo de caña panelera; y mosaicos de cultivos de piso térmico templado; en el municipio de Consacá, en los corregimientos de: Bombona y Alfonso López, cambiaron 244,5 ha (12,1%), en su mayoría ocupadas por mosaicos de cultivos de piso térmico templado; y en

Tangua, en las veredas Los Ajos y La Marqueza, los cambios se registraron en el 9,9% de cultivos transitorios de papa.

Tabla 12. Intervención agrícola en diferentes municipios

Municipio	Intervención agrícola (ha)		
	Periodo 1989 – 2002	Periodo 2002 - 2015	Periodo 1989 - 2015
Pasto	1.055,5	415,6	876,6
Yacuanquer	302,2	280,3	364,9
Sandoná	353,7	193,3	332,4
Consacá	229,4	94,5	244,5
Tangua	147,7	168,9	199,9
Total	2.088,5	1.152,6	2.018,4

Fuente: Este estudio

9.4 Regeneración y/o Restauración

Proceso en el cual se restablece un ecosistema degradado a su condición original respecto a su estructura y funcionamiento.⁵⁹ Se presenta por la influencia de dos factores: el primero cuando se incorporan especies nativas en los espacios descubiertos de vegetación natural; y el segundo, cuando se deja que las coberturas se regeneren sin ningún tipo de presión, es decir, a partir del germoplasma disperso de la vegetación nativa que se encuentran en los alrededores.

En resumen, esta causa de cambio se evidencia principalmente en el paso de coberturas de territorios agrícolas a coberturas de bosques y áreas seminaturales. En el periodo 1989 – 2002 se registraron 1418,6 ha regeneradas y/o restauradas, de estas, el 67% corresponden a coberturas que inicialmente se asociaban a actividades agropecuarias, y el 33% restante, fueron coberturas arbóreas, arbustivas y/o herbáceas, que por razones naturales o inducidas cambiaron su fisionomía y se adaptaron al entorno.

El municipio de Consacá tuvo el área más extensa de coberturas regeneradas y/o restauradas, 797,1 ha (56,3%), debido, principalmente a actividades adelantadas por PNN. Aparecieron 328,3 ha de coberturas de vegetación secundaria o en transición en las veredas: San José, Alto Bombona y Cariaco Alto. También, 190,8 ha de otro tipo de arbustal abierto en zonas cercanas al río Azufral, en las veredas Churupamba, Cajabamba y El Diviso; 107 ha de otro tipo de arbustal denso en las

veredas El Guabo y El Carrizal; 89,7 ha de bosque denso dentro y fuera del SFF GALERAS; y bosque fragmentado con pastos en las veredas Churupamba y San José.

En el municipio de Pasto se identificaron 245,9 ha restauradas de coberturas de bosque denso y bosque fragmentado en zonas cercanas al SFF GALERAS en las veredas de: Cubijan Alto, San Antonio y Los Lirios. De igual manera, este proceso se identificó en el bosque ripario (38,5 ha) de la quebrada Payacones en la vereda La Victoria y la quebrada Catambuco en límite con el corregimiento de Jongovito. Por otra parte, se restauraron 82,3 ha de arbustal denso en las veredas: Aguapamba, Charguayaco, La Cocha, Villa María, San Cayetano, San Felipe, La Playa y Cubijan Alto; 74,1 de arbustal abierto en las veredas : Bellavista, Aguapamba, Charguayaco, Villa María y en el sector de Torobajo. Por último, a una altura superior a 4.000 m.s.n.m., en zonas cercanas al cono volcánico se identificaron 8,2 ha de herbazal denso de páramo – Pajonal, y 20 ha de herbazal abierto rocoso restauradas por procesos naturales.

El municipio de Sandoná registró regeneración de 115,5 ha; de estas, 47 ha de otro tipo de arbustal denso están en las veredas Alto Jiménez y Santa Bárbara; 42,5 ha de otro tipo de arbustal, en la vereda Santa Rosa; 14,1 ha de bosque fragmentado con pastos, en las veredas Alto Jiménez, Alto Ingenio y Santa Bárbara; por último, 12 ha de bosque denso en las veredas Alto Jiménez y Santa Bárbara.

En el municipio de Yacuanquer la restauración se identificó en 99,2 ha; de las cuales 59 ha corresponden a otro tipo de arbustal denso, en zonas aledañas a la vía circunvalar al Galeras, en las veredas: Zaragoza, Argüello Alto, La Guaca y Mohechiza Alto; 21,5 ha de bosque fragmentado con pastos están cerca de la quebrada Amaya en la vereda Argüello Alto; 10,3 ha de bosque denso se encuentran en las veredas Zaragoza y Mejía; 5,8 ha de otro tipo de arbustal abierto y 1,6 ha de bosque ripario, se ubican a lo largo de la quebrada Amaya.

En La Florida los procesos de restauración se manifestaron en 88,5 ha, de las cuales el 92% están en la cuenca alta de la quebrada El Barranco; 32 ha de vegetación secundaria o en transición se encuentran en la zona de influencia, y dentro del SFF Galeras, aproximadamente a 3.200 m.s.n.m.; 31,5 ha de otro tipo de arbustal abierto están en zonas aledañas a la vía circunvalar y 10,6 ha de bosque fragmentado con pastos se identificaron entre los 2.750 y 3.000 m.s.n.m; por ultimo, 5,3 ha de herbazal denso de páramo – Pajonal, y 7,7 ha de otro tipo de arbustal denso se ubicaron en el nacimiento de la quebrada Panchindo de la vereda que lleva su mismo nombre.

Nariño fue el municipio que presentó la menor superficie en cuanto a coberturas restauradas (72,7 ha), de estas 30,6 ha corresponden a otro tipo de arbustal abierto, en las veredas El Silencio; 14,9 ha de vegetación secundaria o en

transición, en la vereda Chorrillo; 12,7 ha, de arbustal denso de páramo en el límite inferior del SFF GALERAS en la vereda El Silencio; 10,4 ha de herbazal abierto rocoso y herbazal denso de páramo – pajonal están dentro del SFF GALERAS en las veredas Chorrillo y El Silencio; y 4 ha de otro tipo de arbustal denso y bosque ripario se identificaron en las veredas El Silencio y Pueblo Viejo. En el periodo 2002 – 2015 los procesos de regeneración se evidenciaron en la aparición de 298 ha de coberturas naturales, aproximadamente la cuarta parte del periodo anterior. En el municipio de Sandoná se registraron 111,1 ha de otro tipo de arbustal denso en las veredas: Alto Jiménez, Alto Ingenio y Santa Bárbara; 27,3 ha de bosque denso en los nacimientos de las quebradas Arrayana y Chacaguaico; finalmente, y en menor extensión, 6,3 ha de vegetación secundaria o en transición en el nacimiento de la quebrada El Común de la vereda Alto Jiménez.

En el municipio de La Florida se identificaron 76,1 ha restauradas, de las cuales 40,2 ha corresponden al bosque denso, ubicado en el límite inferior del SFF Galeras, entre los 2.800 y 3.000 m.s.n.m.; 35,9 ha de otro tipo de arbustal denso en la vereda Barranco, cerca de la vía circunvalar; y finalmente 7 ha de otro tipo de arbustal abierto cerca de la zona urbana.

En Pasto se identificaron 49,1 ha restauradas de arbustal denso de páramo y 17,6 ha de otro tipo de arbustal denso, en las veredas: Cubijan Alto, Los Lirios, Mapachico y Villa María, entre los 3.200 y 3.400 m.s.n.m. También se identificaron 11,6 ha de arbustal abierto de páramo y 10,1 ha de otro tipo de arbustal abierto, entre las veredas Villa María y Mapachico; 6,3 ha de vegetación secundaria o en transición en la vereda Los Lirios al occidente de la cabaña de control y vigilancia del SFF Galeras; y 3,4 ha de bosque denso al occidente del corregimiento de Obonuco.

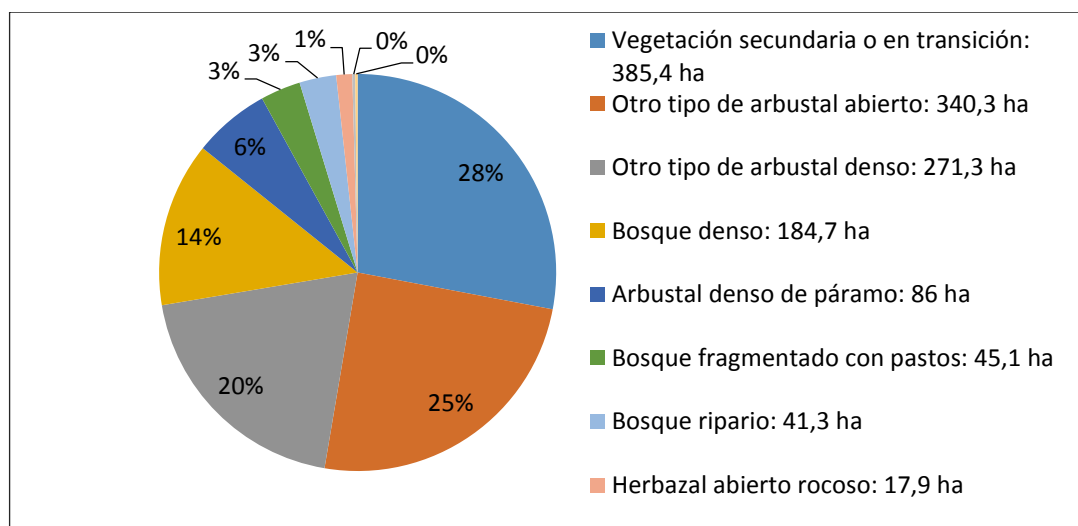
En el municipio de Consacá se cuantificaron 40,2 ha de coberturas restauradas y/o regeneradas. El 90% de esta superficie corresponde a otro tipo de arbustal denso, en las veredas: El Carrizal, Tinajas y El Guabo, y aproximadamente a 2.200 m.s.n.m. dentro del SFF Galeras en la vereda San José. También se identificaron 1,5 ha restauradas de bosque denso en la vereda Alto Bombona.

En Nariño, específicamente en la vereda el Silencio, entre 2.400 y 2.600 m.s.n.m. se identificaron 15 ha restauradas de vegetación secundaria o en transición y 11,7 ha de otro tipo de arbustal abierto; y 3,2 ha regeneradas de bosque denso en la vereda Chorrillo. En el municipio de Yacuanquer se restauraron 5,1 ha de otro tipo de arbustal denso, entre las veredas Mohechiza Alto y Chapacual; y en el municipio de Tangua, 1,5 ha de bosque denso en la vereda Los Ajos en zona de influencia del SFF Galeras.

En el periodo 1989 – 2015 se registraron 1.377,9 ha de coberturas naturales producto de los procesos de regeneración y/o restauración. Cabe mencionar que

al igual que en los dos periodos anteriores, los cambios se localizaron en los mismos lugares que se mencionaron, aunque en algunas casos con mayor o menor extensión, por tal motivo, para no generar redundancia en estas descripciones, en la figura 54 se muestra el área y los porcentajes de las coberturas resultantes de estos procesos.

Figura 63. Coberturas regeneradas y/o restauradas, periodo 1989 – 2015



Fuente: Este estudio

9.5 Deforestación

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente⁶⁰, la deforestación es desmontar total o parcialmente las formaciones arbóreas para dedicar el espacio resultante a fines agrícolas, ganaderos o de otra índole; en este sentido, la deforestación que se dio en 14 unidades de coberturas naturales en toda el área de estudio, sucedió por la influencia de factores relacionados a procesos antrópicos, al incorporar coberturas asociadas con actividades agrícolas, pecuarias y agropecuarias.

En el periodo 1989 – 2002 se deforestaron 1.007,5 ha, de las cuales 270,6 ha que corresponden a otro tipo de arbustal denso en el sector centro-occidental del municipio de Consaca; 93,4 ha de otro tipo de arbustal abierto se deforestaron en las veredas: El Guabo, Tinajillas, San José, Churupamba y El Carrizal; 75,2 ha de bosque denso en las veredas San Antonio y El Carrizal, y 57,4 ha de bosque fragmentado con pastos en zonas aledañas y dentro del SFF Galeras en las veredas Churupamba y San Antonio.

En el municipio de Sandoná se registraron 111,1 ha deforestadas de otro tipo de arbustal denso, en las veredas Alto Ingenio, Alto Jiménez y San Isidro; 52,8 ha de otro tipo de arbustal abierto en las veredas Alto Ingenio y Alto Jiménez; 52,3 ha de bosque denso en las veredas Santa Bárbara y Alto Jiménez; y 6 ha de bosque fragmentado con pastos en las veredas Santa Rosa y Alto Ingenio. En el municipio de Yacuanquer se deforestaron 59,3 ha de otro tipo de arbustal, en las veredas Chapacual, Zaragoza y Argüello alto; 27,7 ha de bosque fragmentado, en las veredas Mejía y El Rosario, entre los 3.150 y 3.300 m.s.n.m.; 20,8 ha de otro tipo de arbustal abierto en las veredas El Rosario y San Felipe; 8 ha de bosque denso, entre los 3.000 y 3.350 m.s.n.m. en las veredas Mohechiza Alto y Mejía; y 3,1 ha de bosque ripario en zonas cercanas al SFF Galeras, en la microcuenca el Rosario.

En el municipio de Pasto se identificaron 58,8 ha deforestadas de plantaciones forestales, en las veredas Mapachico y San Cayetano; 9,2 ha de otro tipo de arbustal denso en el corregimiento de Jongovito; 8,5 ha de herbazal denso de páramo con arbustos en las veredas San Cayetano y Mapachico; 7,9 ha de arbustal denso de páramo en las veredas: La Playa, Cubijan Alto y Los Lirios; 4,9 ha de otro tipo de arbustal abierto, en las veredas Charguayaco, La Cocha y Villa María; y 2,2 ha de bosque denso, en la vereda La Playa. En total se identificaron 92,7 ha deforestadas.

En La Florida se cuantificaron 47,8 ha deforestadas, distribuidas entre: bosque denso (42,6 ha) y bosque fragmentado con pastos (5,2 ha), en la vereda Panchindo, entre los 2.600 y 3.200 m.s.n.m. En el municipio de Tangua, en zonas cercanas al sector de la Laguna Negra y dentro del SFFG, se deforestaron 17,8 ha, de arbustal denso de páramo (4,9 ha) y bosque denso (3,8 ha); y entre las veredas Los Ajos y La Marqueza se registraron 9,2 ha deforestadas de bosque fragmentado con pastos. Finalmente, en el municipio de Nariño se perdieron 11 ha de las siguientes coberturas: plantación forestal (7,8 ha) en la vereda El Silencio cerca de la zona urbana; y bosque denso (3,2 ha) en la vereda El Chorrillo.

En el periodo 2002 – 2015 se registraron 308,5 ha deforestadas, 35% menos que en el primer periodo parcial; de estas, 200,8 ha se deforestaron en el municipio de Consacá y se distribuyen de la siguiente manera: 57,7 ha de otro tipo de arbustal denso, en las veredas El Guabo, Tinajillas y El Carrizal; 49,9 ha de bosque fragmentado con pastos en las veredas Churupamba y San Antonio cerca del SFF Galeras; 47,8 ha de otro tipo de arbustal abierto en las veredas: El Diviso, Alto Bombona y Churupamba; 30,7 ha de bosque denso dentro del SFF Galeras en la vereda San José; y en las veredas: San Antonio, El Carrizal, Josepe y Cariaco Alto; y por último 14,7 ha de vegetación secundaria o en transición en la vereda San José al interior del área protegida.

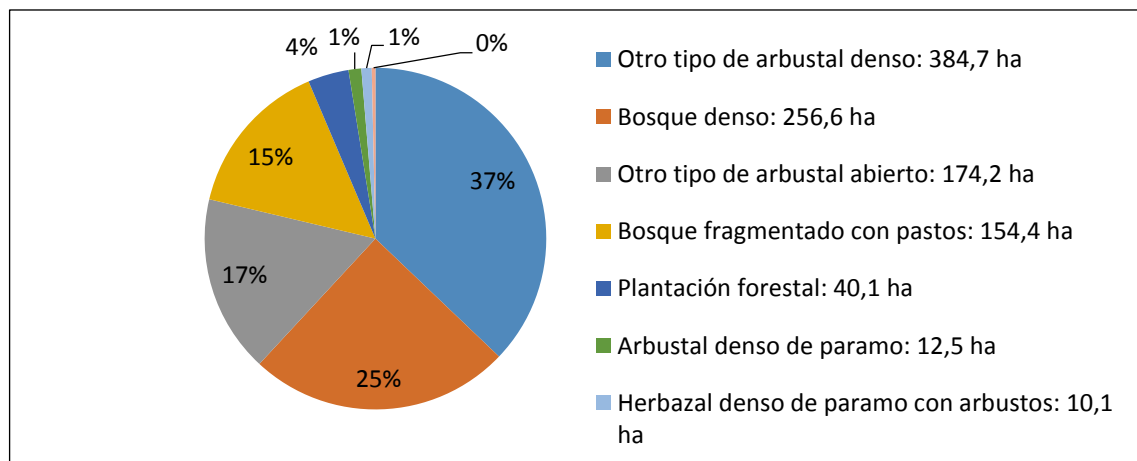
En el municipio de Sandoná se identificaron 29,4 ha de coberturas deforestadas,

de ellas, 13,7 ha son de bosque fragmentado, en las veredas Santa Bárbara y Alto Ingenio; 9,6 ha de otro tipo de arbustal denso, en la vereda Santa Bárbara al nororiente del centro poblado; 3,5 ha de otro tipo de arbustal abierto en las veredas Santa Bárbara y Santa Rosa; y 2,6 ha de otro tipo de arbustal abierto en la vereda Alto Jiménez, entre los 2.800 y 3.000 m.s.n.m.

En el municipio de Yacuanquer, vereda Argüello Alto en límites con el SFF Galeras, se perdieron 26,3 ha de bosque fragmentado con pastos; y en menor extensión, otro tipo de arbustal denso en la vereda Zaragoza al costado de la vía circunvalar. En el municipio de Pasto se deforestaron 20,2 ha de plantaciones forestales, en las veredas Mapachico, y Villa María; y 1,6 ha de arbustal denso de páramo en la vereda La Cocha. En el municipio de Nariño la deforestación se dio en 16,9 ha de plantación forestal, en la vereda Pueblo Viejo y 1,5 ha de otro tipo de arbustal abierto en la vereda El Chorrillo; en La Florida se afectaron 10,8 ha, de otro tipo de arbustal denso (5,1 ha), bosque denso (2,7 ha) y otro tipo de arbustal abierto (3 ha) en las veredas Panchindo y El Barranco; y en Tangua, se deforestaron 1,1 ha de bosque denso en la vereda Los Ajos.

En el periodo 1989 – 2015 se registraron 1.036,4 ha de coberturas naturales boscosas y arbustivas deforestadas. (ver figura 64). El 56% se registró en el municipio de Consacá, debido a las constantes presiones que padece el ecosistema de bosque altoandino por parte de las comunidades que viven en su zona de influencia. El 18 %, se registró en el municipio de Sandoná, el 11% en Yacuanquer; y el 27% restante, se identificó en los municipios de Pasto, Nariño, La florida y Tangua respectivamente.

Figura 64. Coberturas deforestadas en el periodo 1989 – 2015



Fuente: Este estudio

9.6 Urbanización

Es un proceso territorial que involucra el crecimiento, expansión y/o consolidación de zonas construidas con infraestructura principalmente para el uso residencial. Puede ser entendido como un fenómeno que origina dos tipos de cambios. El primero, es el aumento de los tejidos urbanos; y el segundo, se refiere a un proceso capaz de expandir el área construida de los centros urbanos existentes.⁶¹ Esta causa de cambio se evidencia en la dinámica de crecimiento de las zonas urbanas, proceso que está determinado por factores asociados a los modelos urbanos de los Planes de Ordenamiento Territorial de cada municipio, donde se establecen patrones urbanísticos que definen áreas sujetas a expansión urbana. En el área de estudio, el cambio de cobertura desarrollado por este causa, se dio sobre territorios agrícolas donde predominaban pastos (limpios y enmalezados), diferentes tipos de mosaicos de cultivos y, mosaico de pastos y cultivos de piso térmico frío y templado.

En el periodo 1989 – 2002 los procesos de urbanización reflejaron la ampliación de 417,5 ha de superficie construida, tanto en el sector rural como urbano; del total de esta área, 145,4 ha se incrementaron en los municipios de: Pasto, Yacuanquer, Sandoná, La Florida y Consacá; mientras que los municipios de Tangua y Nariño no presentaron incremento de esta cobertura teniendo como referencia que la unidad mínima de mapeo se definió en 6,25 ha.

Por otra parte, el tejido urbano discontinuo se incrementó 252 ha, principalmente en las cabeceras corregimentales de: Catambuco, Gualmatán, Jongovito, Obonuco, Mapachico, y Genoy, del municipio de Pasto; de igual manera en la cabecera municipal de Sandoná, y en menor proporción en los municipios de La Florida y Yacuanquer. Como actuación urbanística importante, también se incluye dentro de esta causa de cambio, el establecimiento y construcción de la Unidad Deportiva y Recreacional Ambiental (UDRA), ubicada en el corregimiento de Obonuco del municipio de Pasto (20 ha).

En el periodo 2002 – 2015 las superficies urbanizadas del área de estudio incrementaron su extensión en 91 ha. De las cuales 57,7 ha de tejido urbano continuo se ampliaron en las cabeceras municipales de: Pasto, Yacuanquer, Sandoná y Consacá; 26,1 ha de tejido urbano discontinuo se identificaron distribuidas en la cabecera corregimental de Santa Rosa en el municipio de Sandoná; y en el municipio de Pasto, particularmente en el corregimiento de Jongovito, donde estableció una zona de vivienda campestre; y de igual manera, en el corregimiento de Mapachico donde se construyeron 7,1 ha correspondientes a la sede universitaria “Alvernia” de la universidad Mariana.

Para el periodo 1989 – 2015 se cuantificaron un total de 510,8 ha de territorios artificializados. Las ubicaciones corresponden a las descritas tanto en el primer

periodo parcial como en el segundo; razón por la cual para este periodo, se omite nuevamente su descripción. El aumento de los territorios artificializados se dio en las siguientes coberturas: tejido urbano discontinuo 278,5 ha (54,2%), tejido urbano continuo 205,2 ha (40,1%), instalación recreativa 20 ha (3,9%), y sede universitaria 7,1 ha (1,4%).

9.7 Sucesión vegetal

El cambio generado entre coberturas localizadas en el ecosistema de páramo se manifiesta en la vegetación herbácea, mediante la adaptación de elementos florísticos y arbustivos propios de un bioma de alta montaña, donde los herbazales densos como pajonal y pajonal-frailejón cambian su fisionomía herbácea y permiten el crecimiento de especies arbustivas de baja altura.

Este tipo de cambio se asocia a procesos de sucesión vegetal, y es entendido como un proceso de desarrollo ecosistémico hacia una mayor biomasa, complejidad, estabilidad y control del ambiente, influenciado por varios factores, principalmente naturales, tanto bióticos como abióticos y pocas veces inducido por ser humano, en el cual se generan manifestaciones ecosistémicas o estados de evolución progresivos o regresivos, caracterizándose por el reemplazamiento de unas especies por otras a través del tiempo, donde se encuentran trayectorias sucesionales, entendidas como cambios naturales que padece el ecosistema a lo largo del tiempo⁶².

Durante el periodo 1989 – 2002 cambiaron 190,5 ha de coberturas herbáceas debido a la sucesión vegetal. En el municipio de Pasto, entre los 3.100 y 3.800 m.s.n.m, principalmente en las veredas: Mapachico, San Cayetano, Los Lirios y Villa María se identificaron 83,6 ha de herbazal denso de páramo - pajonal que cambiaron a herbazal denso de páramo con arbustos; de igual manera, en los flancos oriental y nororiental del volcán Galeras, entre los 3.650 y 3.800 m.s.n.m, en las veredas Mapachico y San Cayetano se identificaron 16,4 ha de herbazales denso de páramo - pajonal y pajonal-frailejón que pasaron a otro tipo de herbazal denso de páramo.

Dentro de este fenómeno existen varias manifestaciones de la sucesión vegetal, entre ellas se encuentra un proceso que genera la homogenización de los arbustos y zonas de bosque al expandirse sobre especies herbáceas de páramo, particularmente en el límite altitudinal inferior de las coberturas arbóreas. Dicho fenómeno generó el cambio de 70,9 ha de herbazal denso de páramo – pajonal y herbazal denso de páramo con arbustos ubicados entre los 3.300 y 3.700 m.s.n.m. en las veredas: Mapachico, Los Lirios y San Cayetano del municipio de Pasto; y en menor extensión, en las veredas: San Rafael del municipio de Consacá, y San

Felipe del municipio de Yacuanquer.

De igual manera, entre los 3.600 y 3.800 m.s.n.m. en las veredas San José y Churupamba del municipio de Consacá, y Los Lirios en el municipio de Pasto, se ampliaron 16,4 ha de bosque denso sobre herbazal denso de páramo con arbustos y herbazal denso de páramo – pajonal. Finalmente, entre los 3.700 y 3.800 m.s.n.m, en la vereda San José del municipio de Consacá, cambiaron 2,9 ha de herbazal abierto rocoso por la expansión de la cobertura de arbustal abierto de páramo.

En el periodo 2002 – 2015 en la vereda Villa María del municipio de Pasto, entre los 3.400 y 3.600 m.s.n.m, cambiaron 6,4 ha de herbazal denso de páramo con arbustos a herbazal denso de páramo – pajonal. Así mismo, al occidente del cono volcánico en el municipio de Consacá se ampliaron 9,6 ha de otro tipo de arbustal denso sobre herbazal abierto rocoso; y finalmente, en la vereda San José, entre los 3.500 y 3.600 m.s.n.m. cambiaron 3,4 ha de herbazal abierto rocoso a arbustal abierto de páramo.

En el periodo 1989 – 2015 cambiaron 199,9 ha de vegetación paramuna, de las cuales el 71% corresponde al paso de coberturas de herbazal denso de páramo – pajonal, y pajonal-frailejonal a herbazal denso de páramo con arbustos en las mismas veredas del municipio de Pasto descritas anteriormente; y 16,4 ha cambiaron a otro tipo de herbazal denso en las veredas Los Lirios y Mapachico.

En el municipio de Consacá entre los 3.500 y 3.600 m.s.n.m. 92,6 ha de coberturas arbustivas, dieron paso a herbazales abiertos y densos de páramo; finalmente y en menor proporción, entre los 3.900 y 4.000 m.s.n.m., en las veredas: Villa María, La Cocha, Charguayaco, Aguapamba y Bellavista del corregimiento de Genoy, municipio de Pasto, el herbazal abierto rocoso, también conocido como vegetación rupícola cambió su fisionomía en 14 ha e incorporo nuevas especies herbáceas de porte más alto, como el herbazal denso de páramo - pajonal y otro tipo de herbazal denso.

9.8 Explotación forestal

Actividad que tiene por objetivo extraer recursos forestales (madera, leña y/o frutos) de una extensión de bosque plantado mediante técnicas que aseguren una producción constante, influenciada por factores económicos, que además, de garantizar el suministro de estos elementos mediante la producción sostenible no compromete las opciones de abastecimiento de las generaciones futuras.⁶³ En el área de estudio la actividad forestal más común es la plantación, renovación y tala de árboles maderables; en este contexto, esta causa de cambio se evidenció en el

crecimiento de plantaciones, que en su mayoría, corresponden a especies de pinos y eucaliptos.

En el periodo 1989 – 2002 se registraron 164,5 ha dedicadas a esta actividad; el 83% de esta superficie se identificó en las veredas: Villa María, San Francisco Briceño, Briceño Alto y Charguayaco del corregimiento de Genoy, municipio de Pasto; de igual manera en las veredas: San Antonio y La Playa del corregimiento de Obonuco; y en el extremo occidental del perímetro urbano, sector de Torobajo. En el municipio de Nariño, en la vereda Pueblo Viejo, se identificaron 27,3 ha dedicadas a esta actividad.

Durante el periodo 2002 – 2015 las plantaciones forestales aumentaron su extensión en 70 ha que se identificaron distribuidas así: 74% en las veredas: Los Lirios, Mapachico, Charguayaco, Villa María y San Antonio en el municipio de Pasto; y 26% en el municipio de La Florida, en la vereda Panchindo cerca de la vía circunvalar.

En el periodo 1989 – 2015 la explotación forestal aumentó un total de 179,1 ha, compartidas entre los municipios de: Pasto y La Florida en las veredas descritas en el anterior periodo. Es importante resaltar que las plantaciones forestales en su mayoría se ubican en la vereda Villa María del municipio de Pasto, entre los 2.600 y 3.300 m.s.n.m., como producto de la actividad que lleva a cabo la Corporación Forestal de Nariño (CORFONAR).

9.9 Actividad volcánica

Fenómeno natural que debido a su dinámica geológica especialmente por la emisión de cenizas, influyó directamente en el cambio de algunas coberturas cercanas al cono volcánico, evidenciándose en el aumento de afloramientos rocosos sobre coberturas principalmente herbáceas y algunas arbustivas. Según el Servicio Geológico Colombiano⁶⁴, los registros históricos obtenidos desde hace 500 años, catalogan la mayoría de las erupciones del volcán Galeras como vulcanianas; es decir, que producen emisiones de gases, cenizas y pequeños flujos de lava; y explosivas, que se caracterizan por la emisión de flujos piroclásticos.

En el año 1.989 después de un periodo de relativo reposo, inició el ciclo de actividad volcánica en Galeras con predominio de fumarolas intensas combinadas con emisiones de gases y cenizas que se consolidaron como afloramientos rocosos, al depositarse sobre el suelo que rodea al cono volcánico desde los 3.400 m.s.n.m. hasta su cima. Su origen y composición están determinados por las condiciones naturales propias de un volcán activo, y su dinámica es generada

por la emisión de partículas fragmentadas (piroclastos) que por su tamaño se conocen como: ceniza (< 2 mm); lapilli (2 a 64 mm), bloques y bombas (> 64 mm).⁶⁵ De estas, las más finas fueron transportadas por acción del viento en diferentes direcciones y al depositarse formaron capas que se adecuaron a las condiciones actuales del suelo.

En el periodo 1989 – 2002 con la reactivación del volcán Galeras; las expulsiones de material piroclástico, y en especial las emisiones de ceniza, se manifestaron en la expansión de 40,1 ha de afloramientos rocosos; de las cuales el 90% se identificó en el occidente del cono volcánico, en las veredas: Churupamba y San José del municipio de Consacá; y en menor extensión en la vereda San Cayetano del municipio de Pasto.

En el periodo 2002 – 2015 se consideró que las constantes erupciones del volcán Galeras, iniciadas a mediados del año 2005, reflejaron el aumento de 20,9 ha en la superficie de afloramientos rocosos; probablemente por las emisiones de ceniza, que direccionadas por el viento, se depositaron al oriente del complejo volcánico, particularmente en las veredas: San Felipe, Los Lirios y San Cayetano del municipio de Pasto; y en menor proporción en la vereda Barranco del municipio de La Florida.

En el periodo 1989 – 2015, se identificó la ampliación de 55,5 ha de afloramientos rocosos sobre coberturas herbáceas y arbustivas, en los lugares que se mencionaron anteriormente.

9.10 Intervención minera

Es el proceso de extracción y aprovechamiento de minerales de origen volcánico y sedimentario como roca, arena y arcilla, que se hallan en diferentes estratos del suelo, y se utilizan principalmente en el sector de la construcción. Estos materiales sólidos se extraen mediante dos métodos: a cielo abierto, como se identificó en el área de estudio, y a nivel subterráneo, hasta una profundidad determinada por las condiciones propias del yacimiento⁶⁶. El impacto de esta actividad, en aquellos lugares donde se identificó, se refleja en el componente paisajístico, que se transformó de manera irreversible generando amplios taludes en sectores inestables.

En el periodo 1989 – 2002 las zonas de extracción minera incrementaron su extensión en 44,3 ha que se distribuyen de la siguiente manera: 9 ha en canteras de arena ubicadas en las veredas San José de Córdoba y El Rosario del municipio

de Yacuanquer; y 11,5 ha en el corregimiento de Catambuco municipio de Pasto. Así mismo, las canteras de piedra ubicadas en este mismo municipio aumentaron 15,4 ha en las veredas Mapachico y Briceño; y 4,4 ha en el sector de Torobajo dentro del perímetro urbano de la ciudad.

En el periodo 2002 – 2015 se ampliaron 1,8 ha de la cantera de arena ubicada en el corregimiento de Catambuco, municipio de Pasto; y también, aunque no corresponde a una actividad minera como tal, en este análisis se incluyen 6,9 ha que corresponden a la instalación de una escombrera en el corregimiento de Jongovito.

En el periodo 1989 – 2015, se identificaron 22,3 ha en canteras de arena ubicadas en Yacuanquer, en las veredas San José de Córdoba y El Rosario; y en el municipio de Pasto, en los corregimiento de Catambuco y Mapachico, y en la vereda Briceño, donde las canteras de piedra aumentaron 19 ha.

9.11 Paramización

Este fenómeno se presenta cuando las especies herbáceas de páramo que son altamente competitivas y están adaptadas a elevaciones superiores a 3.200 m.s.n.m. ocupan niveles altitudinales inferiores a los habituales reemplazando coberturas arbustivas dispersas de bajo porte. Esta causa de cambio está influenciada por factores asociados a las transformaciones del ecosistema de páramo y la degradación natural o antrópica, ocasionando el desplazamiento de las comunidades vegetales endémicas hacia altitudinales menores. Es así, que este fenómeno determina la aparición de sectores situados dentro del dominio bioclimático del bosque altoandino donde el clímax boscoso original es sustituido y su composición florística y fisionómica se asemejan a las que caracterizan al ecosistema de páramo.

En el periodo 1989 – 2002 se colonizaron, entre los 3.300 y 3.450 m.s.n.m., 16,8 ha de coberturas arbustivas con vegetación herbácea de páramo, distribuidas de la siguiente manera: 9,6 ha de arbustal denso cambiaron a herbazal abierto rocoso en la vereda Churupamba del municipio de Consacá, al occidente del cono volcánico; 5 ha de pastos limpios se colonizaron por vegetación herbácea de páramo como el pajonal, en las veredas: Charguayaco y Aguapamba del municipio de Pasto y Santa Bárbara del municipio de Sandoná.

En el periodo 2002 – 2015 al igual que en el periodo anterior, en la vereda Santa Bárbara del municipio de Sandoná, entre los 3.300 y 3.400 m.s.n.m. cambiaron 4,6 ha de pastos enmalezados a herbazal denso de páramo – pajonal. Dicho cambio fue inducido y se originó como consecuencia de los procesos de restauración ecológica llevados a cabo por PNN.

Como resultado final de estos procesos, durante el periodo 1989 – 2015 se

evidenciaron los mismos cambios mencionados, pero con alguna diferencia en su extensión. De esta manera la paramización se dio sobre 6,7 ha de pastos enmalezados en la vereda Santa Bárbara del municipio de Sandoná; 6 ha de la misma cobertura, en las veredas: Aguapamba y Charguayaco del municipio de Pasto; y por último, 1,6 ha de arbustal denso de páramo en la vereda Josepe del municipio de Consacá.

Como balance general, para el periodo 1989 – 2015 hubo un cambio total de 10.237,1 ha en las coberturas del suelo, equivalentes a la tercera parte del área de estudio, lo cual se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 13. Causas de cambio en las coberturas del suelo, periodo 1989 – 2015

Causas de cambio	Área (ha)	Porcentaje (%)
Actividad pecuaria	2.433,5	23,77
Actividad agropecuaria	2.366,2	23,11
Actividad agrícola	2.018,4	19,72
Regeneración y/o Restauración	1.377,9	13,46
Deforestación	1.036,4	10,12
Urbanización	510,8	4,99
Sucesión vegetal	199,9	1,95
Explotación forestal	179,1	1,75
Actividad volcánica	55,5	0,54
Intervención minera	48,2	0,47
Paramización	11,3	0,11
Total	10.237,1	100%

Fuente: Este estudio

CONCLUSIONES

Las coberturas naturales identificadas en esta investigación actúan como soporte fundamental para el equilibrio ecosistémico del área de estudio. Representan 13.103,1 ha (40,6%) en el año 2015, de las cuales 7.872,8 ha (60%) se ubican al interior del SFFG. Se confirmó que la dinámica multitemporal de estas coberturas indican alto grado de conservación, teniendo en cuenta que en el año 1.989, los bosques y áreas seminaturales representaban 12.895,4 ha, y en el año 2.015, se incrementaron en 207,6 ha.

Se observó que cerca de la mitad de las coberturas que componen el sustrato arbustivo y herbáceo de alta montaña se mantuvieron equilibradas, razón por la cual, se mantiene estable la biodiversidad y la regulación del recurso hídrico para el área de estudio; sin embargo, existen zonas que en la actualidad son afectadas por el avance de la frontera agrícola, caso evidente en el municipio de Consacá con una intervención de 590,5 ha de coberturas boscosas en el periodo de 26 años, lo cual representa aproximadamente el 50% del total de deforestación en toda el área de estudio.

En las coberturas asociadas al sector productivo, teniendo como referencia el periodo de 26 años, se generó un cambio total de 6.818 ha distribuidos respectivamente así: actividad pecuaria (23,77%), agropecuaria (23,11%) y agrícola (19,72%) Dichas actividades generaron un cambio del 66,6% en relación al total de los cambios, donde los territorios agrícolas se redujeron en 765,4 ha debido a causas asociadas actividades agropecuarias, impulsadas por factores como el cambio climático, y factores políticos como la apertura económica; que cambiaron la dinámica socioeconómica del área de estudio, y conllevaron al cambio de vocación de uso del suelo, pasando de una producción en su mayoría agrícola, a una economía basada principalmente en la producción pecuaria.

En relación a los cambios generados al interior del SFFG en el periodo 1.989 – 2.015, se cuantificaron 672,7 ha, de las cuales 129,7 ha (19,2%) corresponden a coberturas arbóreas y arbustivas deforestadas; y en contraste con lo anterior, y como balance positivo, se registraron 320,8 ha (47,6%) de coberturas naturales producto de los procesos de regeneración y/o restauración adelantados en el área protegida. Dichos cambios de ganancia y pérdida de coberturas arbóreas se evidenciaron en su mayoría en el municipio de Consacá con una extensión cerca al 80% del total de cambios en toda el área de estudio.

En algunos sectores del área de estudio, el límite de la frontera agrícola, se encuentra muy cercano al área protegida; esto indica la constante presión a que se ve expuesta, sin embargo, se evidenció, que el manejo adecuado de dichas zonas por parte de funcionarios de Parques Nacionales mediante acciones de control y vigilancia, conllevan impactos positivos que se perciben en la recuperación de algunas coberturas de importancia ecosistémica y ambiental.

RECOMENDACIONES

Al observar buenos resultados en la conservación de los ecosistemas dentro del área protegida, al igual que el manejo sostenible en las reservas naturales de la sociedad civil, es recomendable fomentar e incentivar la creación de dichas reservas en lugares en los cuales aún no existen, con la finalidad de obtener resultados similares con la presencia de campesinos aliados en la conservación tanto hacia el interior como en la zona amortiguadora del SFF Galeras, a fin de desarrollar procesos de regeneración natural y restauración de áreas impactadas de manera significativa. Es por ello que se estima necesario realizar un monitoreo periódico mediante imágenes satelitales de alta resolución espacial, que permitan identificar los procesos de avance o retroceso de la frontera agrícola, con el fin de relacionarlos con las medidas que se están ejecutando para el control y conservación sobre las coberturas vegetales.

Para que el ordenamiento del territorio sea más efectivo, se deben articular los instrumentos de planificación del suelo rural de cada municipio con las líneas de acción del área protegida haciendo énfasis en la zona con función amortiguadora; de esta manera, al unificar programas o estrategias de sostenibilidad ambiental se logrará disminuir todo tipo de presión sobre el área protegida, y demás ecosistemas estratégicos que estén fuera de ella, y de esta forma fortalecer la conectividad ecológica entre la flora y fauna presentes en el área de estudio.

Es indispensable que Parques Nacionales, apruebe el ajuste y la actualización cartográfica del perímetro del SFFG, elaborado a escala 1:25.000, con el fin de que los análisis espaciales realizados dentro del área protegida generen resultados exactos y acordes con la realidad en campo, y de esta forma, tener datos precisos para la toma de decisiones en los procesos que se llevan a cabo dentro del área protegida.

En las zonas identificadas que presentaron amplias extensiones de deforestación a alturas mayores a 3.000 m.s.n.m, se ve necesario ejercer control por parte de las entidades competentes para disminuir este tipo de presiones. Así mismo, se recomienda establecer actividades y procesos de restauración ecológica en dichas zonas, especialmente en los municipios de Tangua y Yacuanquer, puesto que se evidencio pequeñas extensiones de coberturas naturales regeneradas en comparación con el área afectada por deforestación, a fin de restablecer la dinámica ecosistémica de las coberturas arbustivas afectadas por estas actividades.

10 BIBLIOGRAFÍA

ARCOS Osvaldo; PASICHANA Esther; TORRES Carlos. Evaluación de los cambios en la cobertura vegetal en la microcuenca las piedras, municipio de Tangua, a través del análisis multitemporal entre los años 1989 – 2002. Tesis de especialización en Ecología con énfasis en gestión ambiental. Pasto: Universidad de Nariño. 2008. 136 p.

ARIZA, Alexandra. Descripción y corrección de productos Landsat. Bogotá: CIAF, 2013. 44 p.

BIOCIENCIAS. Cambio y uso de suelo en la cuenca del río Mololoa, Nayarit. Guadalajara. En: Revista Virtual Biociencias [online], Julio 2010, no. 1. [Citado 10, febrero, 2015]. Disponible en: <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/01-01/2.pdf>

BRENES PEREZ, Cristian. Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo y dinámica del paisaje en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. Tesis de maestría en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. Costa Rica: Escuela de Posgrado, Programa para el desarrollo y la conservación, 2009. 124 p.

GEOGRAFÍA, PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO “GEOPLADES”. Estudio multitemporal del nororiente del Ecuador. Ecuador: Geoplades, 2009. 86 p.

CHUVIECO, Emilio. Fundamentos de teledetección espacial. Madrid: Rialp, S.A., 1995. 449 p.

_____ CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99 de 93. Fundamentos de la política ambiental Colombiana. Diario oficial 41146 de diciembre 22 de 1993.

_____ Ley 388 de 1997 (julio, 18). Diario oficial No. 43.091 julio de 1997

_____ PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 2811 de 1974 (Diciembre 18). Diario oficial No 34243.

_____ Decreto 622 de 1977 (13, marzo). Diario Oficial No del 5 de abril de 1977.

_____ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Decreto 879 de 1998 (mayo, 13). Diario Oficial No. 43.300.

_____ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 1996 de 1999 (OCTUBRE 15). Diario Oficial No 43.751.

_____ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO

TERRITORIAL. Decreto 2372 de julio de 2010.

_____MINISTERIO DE AGRICULTURA. Resolución 052 del 22 de marzo de 1985.

_____MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Resolución 769 del 5 de agosto de 2002. Diario Oficial No. 44.916 de agosto de 2002.

_____MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Resolución 937 del 25 de mayo de 2011. Identificación y delimitación de Paramos. Diario Oficial No. 48.082.

CORPONARIÑO. UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Plan de acción en biodiversidad para el departamento de Nariño 2006-2030. Estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño. Pasto. 2006. V. II, 272 p.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA. Conocimiento ambiental. Disponible en: <http://www.crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH>

USGS EARTHEXPLORER. Science for a changing. Disponible en: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

ERAZO, Ricardo. Análisis multitemporal del cambio de cobertura del suelo en la selva alto andina y el páramo del volcán Cumbal en el periodo 1987 – 2009. Tesis de pregrado en Geografía Aplicada. Pasto, Departamento de Geografía Universidad de Nariño, 2012. 1__p.

GEOCVC. Mapas y cartografía temática del valle del Cauca. Disponible en: <http://www.geocvc.co/index.html>

GUERRERO Daisy; ORTEGA Daniel. Estudio del cambio de la cobertura vegetal en el área de influencia occidental del parque nacional natural (p.n.n.) complejo volcánico doña Juana - Cascabel período 1989-2011. Tesis de pregrado en Geografía Aplicada. Pasto, Departamento de Geografía Universidad de Nariño, 2012. 172 p.

HOFSTEDE, Robert; MENA, Patricio; ZEGARRA, Pool [online]. Los páramos del mundo. Proyecto Atlas Mundial de Paramos. Quito: Global Peatland initiative/NC-IUCN/Ecociencia, 2003. [Citado 14, febrero, 2015]. Disponible en: http://www.condesan.org/apc-aa-files/c6924e7390318016d869182e0da9470c/Introduccion_Paramos_mundo.pdf

INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá: IDEAM, 2010. 72 p.

INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. Frontera agrícola. Nicaragua: INAFOR, 2004. 15 p.

INECC-SRNyMA. La cobertura vegetal y los cambios de uso del suelo. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/601.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA (INEGI). Imagenes del territorio. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/img>

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Atlas de Páramos de Colombia. Bogotá: HUMBOLDT, 2007. 187 P.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá: IDEAM, 2010. 72 p.

MUÑOZ GUERRERO, Diego; RODRÍGUEZ MONTENEGRO, Mike; ROMERO HERNÁNDEZ, Mario. Análisis multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas, en la microcuenca las minas, corregimiento de la laguna, municipio de pasto, departamento de Nariño. En: Revista Virtual de ciencias agrícolas Universidad de Nariño [online], Marzo 2012, no. 1. [Citado 10, febrero, 2015]. Disponible en: <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/54>

LOPEZ Robert; PASTRANA Jack. Estudio del cambio de cobertura del suelo en el volcán Azufral. Período 1987 – 2010. Universidad de Nariño. Pasto. 2015.

PACHECO, Carlos. Análisis de la deforestación en Venezuela: bases para el establecimiento de una estrategia REDD+. Tesis de Doctorado en Tecnologías de la información Geográfica. Alcalá de Henares, Departamento de Geografía, 2011. 177 p.

PARQUES NACIONALES NATURALES. Análisis Multitemporal 1989-2006 con base en imágenes satelitales para el SFFG. Pasto: PNN, 2008. 45 p.

_____ Estándar salidas gráficas y publicaciones cartográficas. Disponible en: http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/IYM_SGC_IN_0001Instructivoparaellevantamientocoberturas.

_____ Plan de Manejo Santuario de Flora y Fauna Galeras. Pasto: PNN, 2005. 228 p.

_____ Selva altoandina. Disponible en Internet: <http://www.parquesnacionales.gov.co>

PEREZ, Daniel. Introducción a los sensores remotos – Aplicaciones en geología. Buenos Aires: Laboratorio de tectónica andina, 2007. 43 p.

POSADA, helena; RAMIREZ, Héctor; ESPEJO, Norma. Bogotá: Manual de

prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011, 2012. p. 2.

HOFSTEDE, Robert; MENA, Patricio; ZEGARRA, Pool [online]. Los páramos del mundo. Proyecto Atlas Mundial de Paramos. Quito: Global Peatland initiative/NC-IUCN/Ecociencia, 2003. [Citado 14, febrero, 2015]. Disponible en: http://www.condesan.org/apc-aa-files/c6924e7390318016d869182e0da9470c/Introduccion_Paramos_mundo.pdf

POSADA, helena; RAMIREZ, Héctor; ESPEJO, Norma [online]. Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011 [Citado 14, febrero, 2015]. Disponible en: http://www.un-spider.org/sites/default/files/ManualERDAS_web.pdf

RANGEL, CH. O. La biodiversidad de Colombia. Universidad Nacional. Bogotá, Colombia. 2005.

RIVERA, D. y RODRÍGUEZ, Galindo. Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos. Bogotá: Alianza Ediprint Ltda. - Guerra Editores, 2011. 67 p.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO. Observatorio vulcanológico y sismológico Pasto. Disponible en: <http://www.sgc.gov.co/Pasto/Volcanes/Volcan-Galeras/Generalidades.aspx>.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. Hablamosgeomática. Disponible en: http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG.

SOGECOL. Conflictos por pérdida de cobertura en Ecosistemas Estratégicos. Disponible en: <http://www.sogeocol.com.co/>

VALLEJOS SOLARTE, Darwin; RUÍZ SALAS, Carlos. Análisis multitemporal de la cobertura vegetal en el Páramo Bordoncillo. Universidad de Nariño. En XIII Seminario Regional de Investigación Geográfica “Cambio Climático y Cambio Ambiental Global” (13: 27-29, octubre: Pasto, Colombia). Memorias. UDENAR, 2010. 29 p.