

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL EN EL PÁRAMO
BORDONCILLO, CUENCA ALTA DEL RÍO PASTO, MEDIANTE IMÁGENES DE
SATÉLITE. PERIODO 1989 – 2008**

**CARLOS ALBERTO RUÍZ SALAS
DARWIN VALLEJOS SOLARTE**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2010**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL EN EL PÁRAMO
BORDONCILLO, CUENCA ALTA DEL RÍO PASTO, MEDIANTE IMÁGENES DE
SATÉLITE. PERIODO 1989 – 2008**

**CARLOS ALBERTO RUÍZ SALAS
DARWIN VALLEJOS SOLARTE**

**Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de
Geógrafo con énfasis en Planificación Regional**

**Asesor
JAVIER PORTILLO MORENO
Geógrafo**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2010**

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

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

Nota de Aceptación

Firma del Presidente

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Agosto de 2010

DEDICATORIA

A toda mi familia, mis padres, mis hermanos, mi hermana y sobrinos que siempre me apoyaron en todo momento. En especial a mi madre por su paciente esmero, su abnegada entrega y por impulsarme en un camino recto y de valores, y por darme la oportunidad de ser un hombre de bien día tras día bajo su compañía.

DARWIN VALLEJOS SOLARTE

Agradezco a mis padres y a mis hermanos por todo su apoyo, y especialmente a mi madre durante todo el proceso de formación educativa y los buenos valores que me inculcaron durante todos estos años.

CARLOS RUIZ SALAS

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros agradecimientos:

A la Universidad de Nariño, en especial al departamento de Geografía, y todo su cuerpo docente, por haber contribuido en nuestra formación personal y profesional.

Al programa de Ingeniería Agroforestal, en especial a los docentes del Diplomado en ordenación y manejo de cuencas hidrográficas por compartir sus conocimientos y orientaciones.

Al Geógrafo Javier Portillo, quien muy gentilmente nos asesoró en el transcurso de este trabajo.

A todos quienes de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo mediante su colaboración y apoyo.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. PROBLEMA	22
1.1 PLANTEAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	22
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
2. JUSTIFICACIÓN	23
3. OBJETIVOS	24
3.1 OBJETIVO GENERAL	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4. MARCO REFERENCIAL	25
4.1 MARCO TEÓRICO	25
4.1.1 Aspectos generales del ecosistema páramo	25
4.1.1.1 Concepto de páramo	25
4.1.1.2 Importancia del páramo.	26
4.1.1.3 El páramo como fuente de recursos hídricos	27
4.1.1.4 Situación actual del páramo por la acción antrópica	28
4.1.2 Cuencas Hidrográficas	28
4.1.3 Cobertura vegetal	29
4.1.4 Teledetección y Sistemas de información geográfica	30
4.1.5 Análisis multitemporal con imágenes satelitales	33
4.2 MARCO LEGAL	37

4.2.1 Constitución Política de Colombia de 1991	37
4.2.2 Ley 99 de 1993	38
4.2.3 Decreto Ley 2811 de 1974 Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al medio ambiente	40
4.2.4 Decreto 1729 de 2002	41
4.2.5 Ley 136 de 1994	42
4.2.6 Ley 388 de 1997	43
4.2.7 Resolución 0769 de 2002	44
4.2.8 Resolución 0839 de 2003	45
4.3 MARCO CONTEXTUAL	45
4.3.1 Descripción general del área de estudio	45
5. METODOLOGÍA	49
5.1 ENFOQUE METODOLÓGICO	49
5.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	49
5.3 MATERIALES Y EQUIPOS	49
5.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	50
5.4.1 Fase 1: Revisión de información secundaria	50
5.4.2 Fase 2: Trabajo de campo	50
5.4.3 Fase 3: Procesamiento digital de imágenes	50
5.4.4 Fase 4: Análisis, interpretación y presentación de resultados	53
6. RESULTADOS DEL ESTUDIO	55
6.1 COBERTURA EN 1989	56
6.2 COBERTURA EN 2008	57

6.3 CAMBIOS DE COBERTURA	62
6.4 CONSIDERACIONES PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DEL PÁRAMO BORDONCILLO, CUENCA ALTA DEL RÍO PASTO.	69
7. CONCLUSIONES	71
8. RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	74

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación general del área de estudio	46
Figura 2. Mapa 1: Localización Páramo Bordoncillo en microcuenca Las Tiendas, Cuenca Alta del río Pasto	47
Figura 3. Mapa 2: Mapa base Páramo Bordoncillo, Cuenca Alta del río Pasto	48
Figura 4. Banda 5 de la Imagen Landsat-TM de 1989 (expansión lineal)	51
Figura 5. Imagen Landsat-TM de 1989, CFC 453 (combinación de bandas)	52
Figura 6. Coeficiente Índice de Vegetación – CIV	52
Figura 7. Mapa 3: Coberturas en 1989 Páramo Bordoncillo, Cuenca Alta del río Pasto	60
Figura 8. Mapa 4: Coberturas en 2008 Páramo Bordoncillo, Cuenca Alta del río Pasto	61
Figura 9. Mapa 5: Cambios en cobertura de páramo 1989 a 2008	66
Figura 10. Mapa 6: Cambios en cobertura de subpáramo 1989 a 2008.	67

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Cobertura vegetal páramo Bordoncillo, Cuenca Alta del río Pasto. Período 1989-2008	55
Tabla 2. Cambios de cobertura vegetal páramo Bordoncillo, Cuenca Alta del río Pasto. Período 1989-2008	62

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Cobertura en 1989	57
Gráfica 2. Cobertura en 2008	57
Gráfica 3. Área que se conserva en páramo y subpáramo	63
Gráfica 4. Área perdida respecto a 1989	63
Gráfica 5. Cambios de cobertura	64
Gráfica 6. Cobertura de páramo en 1989 y 2008	64
Gráfica 7. Cobertura de subpáramo en 1989 y 2008	65
Gráfica 8. Cobertura de bosque altoandino en 1989 y 2008	65

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Cobertura de páramo	58
Imagen 2. Cobertura de subpáramo	58
Imagen 3. Cobertura de bosque altoandino intervenido	59

GLOSARIO

ACUÍFERO: unidad geológica o unidad de roca con capacidad de almacenar y transmitir el flujo de agua.

ANÁLISIS MULTITEMPORAL: consiste en un estudio de cambios ya sea de coberturas y uso de la tierra o transformación del paisaje, en un área determinada utilizando información cartográfica o imágenes de sensores remotos tomadas en distintas fechas.

ASTER: imagen satelital multiespectral capturada por el sensor ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) instrumento de detección abordo del satélite TERRA, puesto en órbita en Diciembre de 1999 como parte del Programa EOS de la NASA y apoyado por EEUU y Japón. Las imágenes capturadas por los tres sistemas detectores del ASTER proveen imágenes de un mismo punto de la tierra cada 16 días con una resolución de 14 bandas espectrales.

CARTOGRAFÍA: ciencia y arte de hacer mapas. Conjunto de técnicas utilizadas para la construcción de mapas.

CLASIFICACIÓN: proceso de agrupamiento de un conjunto de elementos en clases, una clasificación pretende agrupar los elementos en clases internamente homogéneas pero diferenciables entre ellas por los valores de una o varias variables.

COBERTURA VEGETAL: capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos.

COORDENADAS: los valores que determinan la posición de un punto en la superficie terrestre de acuerdo a un sistema de referencia, pueden ser geográficas o planas.

CUENCA HIDROGRÁFICA: es un área físico-geográfica debidamente delimitada, donde las aguas superficiales y subterráneas vierten a una red natural, mediante uno o varios cauces de caudal continuo o intermitente que confluyen a su vez en un curso mayor que desemboca o puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. La cuenca la delimita la línea divisoria de aguas o el divorcio de aguas.

ESCALA: razón entre la distancia medida en un mapa, fotografía o imagen y la distancia correspondiente en el terreno.

ESTRUCTURA VECTOR: forma de representación de los objetos del mundo real en puntos, líneas y polígonos. La estructura vectorial proporciona información precisa sobre la forma, tamaño, localización y las relaciones espaciales de un objeto.

GEOPROCESAMIENTO: manipulación y análisis de la información con referencia geográfica.

GEOREFERENCIAR: asignar coordenadas geográficas a un objeto o estructura.

GPS: sistema de posicionamiento global (Global Positioning System), un sistema que, mediante la utilización de una constelación de satélites, permite determinar la posición de cualquier punto sobre la tierra con gran precisión.

HUMEDAL PARAMUNO: extensiones de pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes.

IMAGEN DE SATÉLITE: son productos de sensores remotos pasivos y trabajan en el rango óptico del espectro electromagnético de 0.4 a 15 μm . La imagen de satélite a diferencia de la fotografía aérea permite su manipulación digital con el fin de mejorar el contraste para resaltar diferentes tipos de superficies y proporcionar un estimativo de las características en el estudio cuantitativo geográfico y temático de una región en particular y almacenar esta información en base de datos relacionales.

LANDSAT: el programa Landsat fue conocido primero como "Earth Resources Technology Satellite Program (ERTS)"; fue desarrollado por la NASA en asociación con NOAA, USGS y el Space Imaging. Serie de satélites dedicados específicamente a la observación de la Tierra. Los principales sensores son: MSS Multispectral Scanner, TM Thematic Mapper, ETM Enhanced Thematic Mapper.

MAPA: modelo gráfico de la superficie terrestre donde se representan objetos espaciales y sus propiedades métricas, topológicas y atributivas.

MAPA TEMÁTICO: mapa que ilustra las características de clase de una variable espacial en particular.

ORDENAMIENTO TERRITORIAL: política de estado e instrumento de planificación que permite una apropiada organización político-administrativa de una entidad territorial y la proyección espacial de las políticas socioeconómicas,

ambientales y culturales de la sociedad, garantizando un nivel de vida adecuado para la población y la conservación del ambiente.

PÁRAMO: ecosistema de alta montaña, ubicado entre el límite superior del bosque andino y, si se da el caso, con el límite inferior de los glaciares o nieves perpetuas, en el cual domina una vegetación herbácea y de pajonales, frecuentemente frailejones y pueden haber formaciones de bosques bajos y arbustivos y presentar humedales como los ríos, quebradas, arroyos, turberas, pantanos, lagos y lagunas.

PÁRAMO AZONAL: páramos ubicados en zonas atípicas según condiciones edáficas y climáticas extremas y locales, caracterizándose por vegetación de tipo paramuno.

PERCEPCION REMOTA: adquisición de información sobre las propiedades de un objeto empleando instrumentos que no están en contacto directo con el objeto estudiado; usualmente cuando el instrumento está a bordo de un avión o un satélite.

PIXEL: el elemento más pequeño, indivisible, de un gráfico o imagen. Cada elemento discreto en los que se divide una imagen digital.

POLÍGONO: figura geométrica plana constituida por una o más líneas que delimitan un área cerrada. Una superficie se utiliza para describir geométricamente un fenómeno geográfico considerado como superficial a la escala de trabajo y para el propósito del SIG.

RASTER: formato de representación de datos en una grilla de filas y columnas.

SIG: sistema de información geográfica, conjunto de métodos, herramientas y actividades que actúan coordinada y sistemáticamente para recolectar, almacenar, validar, actualizar, manipular, integrar, analizar, extraer y desplegar información, tanto gráfica como descriptiva de los elementos considerados, con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

SUBPÁRAMO: franja inferior del páramo que sigue a la ocupada por la vegetación arbórea del bosque andino de la región. Se caracteriza por el predominio de chuscales, vegetación arbustiva y de bosques bajos altoandinos.

TELEDETECCIÓN: proceso de captura de información a distancia, sin contacto entre el aparato de medida y el objeto, se aplica habitualmente en un sentido más restringido a las imágenes o datos captados mediante sensores transportados por aviones o satélites; es común la extensión del concepto al análisis y la interpretación de la información, y no sólo a su captura.

TURBERA: tipo de humedal del ecosistema de páramo estrechamente relacionado con los pantanos e innumerables lagunas allí presentes, caracterizado por la presencia de plantas formadoras de cojines, superficies extensas de musgos y un sustrato con alto contenido de materia orgánica.

ZONA DE RECARGA DE ACUÍFEROS: zona permeable donde se infiltra el agua proveniente de la lluvia al subsuelo y se convierte en agua subterránea.

RESUMEN

El estudio consistió en un análisis multitemporal de cambios de cobertura vegetal en el páramo de Bordoncillo, correspondiente a la Cuenca Alta del río Pasto, que comprende una superficie de 201 hectáreas, área que se encuentra ubicada en la microcuenca Las Tiendas, corregimiento de La Laguna, al suroriente del municipio de Pasto.

El periodo de evaluación del análisis fue de 19 años, comprendido entre 1989 y 2008. Para el desarrollo del estudio se utilizaron imágenes de satélite Landsat y Aster, las cuales fueron clasificadas digitalmente en el programa ILWIS (versión académica), cuyos resultados posteriormente se analizaron en el programa ARCGIS 9.3.

Los resultados muestran que en el año de 1989 había 134 hectáreas en cobertura de páramo (frailejonal - pajonal) y 67 hectáreas en subpáramo (matorral - arbustal). Para el año 2008 se encuentra en cobertura de páramo 67 hectáreas, en subpáramo 99 hectáreas y en bosque altoandino intervenido 35 hectáreas. Teniendo en cuenta lo anterior se evidencia que el área de páramo ha disminuido en un 50%, a razón de 3.52 hectáreas por año; el área del subpáramo aumento en 32 hectáreas, y el bosque altoandino fue ocupando áreas que anteriormente eran de subpáramo.

PALABRAS CLAVE: análisis multitemporal, cobertura vegetal, páramo de Bordoncillo, imágenes de satélite, cuenca alta del río Pasto.

ABSTRAC

The study consisted multi on an analysis storm of changes of vegetable covering in the moor of Bordoncillo, corresponding to the High basin of the river Pasto, it has a surface of 201 hectares, area that is located in the micro basin Las Tiendas, town of La Laguna, to the south guides of the municipality of Pasto.

The period of evaluation of the analysis was of 19 years, understood between 1989 and 2008. For the development of the study satellite images Landsat and Aster were used, which were classified digitally in the ILWIS (academic version) software whose been later on they were analyzed in the ARCGIS 9.3 software.

The results show that in the year of 1989 there were 134 hectares in moor covering (frailejona - pajonal) and 67 hectares in sub moor (thicket - grove). For the year 2008 are in covering of moor 67 hectares, in sub moor 99 hectares and in forest high Andean intervened 35 hectares. Keeping in mind the above-mentioned is evidenced that the moor area has diminished in 50%, to reason of 3.52 hectares per year; the area of the sub moor increase in 32 hectares, and the Andean high forest was occupying areas that previously were of sub moor.

KEY WORDS: analysis multi storm, vegetable covering, moor of Bordoncillo, satellite images, high basin of the river Pasto.

INTRODUCCIÓN

El cambio de cobertura vegetal en un espacio geográfico determinado, es un proceso dinámico, originado por diferentes factores, pero primordialmente por la acción del ser humano, que cada vez es más evidente en las cuencas hidrográficas y en especial en su parte alta.

La continua y cada vez acelerada intervención antrópica ha modificado de manera permanente la vegetación natural original de ecosistemas estratégicos y de gran importancia ambiental, ecológica y social, como es el caso de los ecosistemas de páramo. Ecosistema que ha sufrido una gran presión sobre sus recursos como la disminución del bosque, contaminación, sedimentación, erosión, entre otros.

Conocer la cobertura de las tierras, es fundamental para planificar el uso de las mismas, identificar los problemas ambientales, sociales y económicos, en la perspectiva de plantear soluciones integrales en beneficio tanto de la población como del medio ambiente.

Actualmente, gracias a las modernas tecnologías disponibles, existen instrumentos, procedimientos y diferentes medios auxiliares que permiten llevar a cabo estudios de cobertura y uso de la tierra de una manera más precisa, como la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica SIG, que en los últimos años han experimentado un desarrollo vertiginoso, siendo muy útiles para el seguimiento de procesos ambientales de gran impacto para nuestro planeta.

Es así como mediante estas herramientas modernas, se pueden realizar análisis de procesos dinámicos como el cambio de cobertura vegetal de un determinado lugar, o el análisis multitemporal, que es un estudio que se realiza mediante la comparación de las coberturas interpretadas en dos imágenes de satélite o mapas de un mismo lugar en diferentes fechas, permitiendo evaluar los cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificadas.

El presente estudio de análisis multitemporal se realizó en el páramo de Bordoncillo, área correspondiente a la Cuenca Alta del río Pasto, con el fin de determinar los cambios de cobertura vegetal, que ha experimentado esta área en los últimos 19 años. Información que será de gran importancia para la gestión, planificación y manejo de este ecosistema estratégico para el municipio de Pasto.

1. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los páramos son ecosistemas de gran importancia ambiental y ecológica, de igual forma son considerados ecosistemas estratégicos, por las potencialidades que representa, pues aportan bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo, pero su principal importancia, al poseer unas características físico-bióticas especiales, radica en ser fuente de almacenamiento y regulación hídrica.

La problemática ambiental que sufren los páramos es similar en todo el territorio nacional, esta problemática tiene que ver principalmente con la ampliación de la frontera agrícola, para el establecimiento de cultivos y la potrerización para el establecimiento de ganado vacuno y ovino, también está la siembra de bosques de pinos y eucaliptus; lo que ha generado como consecuencia el deterioro ambiental y ecosistémico de los páramos, ocasionando daños graves y en algunos casos irreversibles.

El páramo de Bordoncillo, no ha sido ajeno a estos procesos de intervención y degradación a causa de diversos factores, pero principalmente por la presión que ejerce la población hacia la ocupación del páramo, para el establecimiento y desarrollo de actividades productivas agropecuarias. Por otro lado, las acciones y políticas de las instituciones a cargo de la planificación y manejo de este tipo de ecosistemas, no han sido suficientes para mitigar o corregir los problemas ambientales que se presentan.

En este sentido, el páramo de Bordoncillo, pese a ser un importante ecosistema, se ha visto afectado por actividades antrópicas inadecuadas que han deteriorado desde hace mucho tiempo este ecosistema; especialmente en la parte alta de la cuenca del río Pasto, debido principalmente al establecimiento de actividades agropecuarias, y también por la extracción de madera para leña y producción de carbón vegetal; causando gran presión sobre los recursos del páramo como la disminución del bosque, contaminación, sedimentación, erosión, colocando de cierta manera en peligro el abastecimiento futuro de agua para el sector oriental de la Ciudad de Pasto.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál ha sido la dinámica y los cambios en la cobertura vegetal en el páramo de Bordoncillo Cuenca Alta del río Pasto en el período comprendido entre 1989 y 2008?

2. JUSTIFICACIÓN

El páramo de Bordoncillo es considerado una estrella fluvial pues es el lugar donde afloran o nacen importantes ríos y quebradas que drenan hacia las cuencas amazónica y pacífica. Constituye uno de los ecosistemas más importantes que posee el municipio de Pasto, no solamente por ser la fuente proveedora de agua de importantes cuencas hidrográficas, y de acueductos locales; sino también por los múltiples servicios ecológicos y ambientales que presta. Sin embargo, se considera un ecosistema muy frágil, por tanto debe ser protegido y manejado adecuadamente para poder garantizar su integridad.

Ante la situación descrita es urgente la acción de todos los actores: institucionales, gubernamentales y sociales, involucrados en la planificación integral y sostenible de los recursos naturales de este ecosistema en particular.

En tal sentido, es importante realizar un análisis multitemporal del páramo de Bordoncillo correspondiente a la Cuenca Alta del río Pasto, con el fin de determinar la dinámica y los cambios en la cobertura vegetal característica de este ecosistema, mediante la clasificación digital de imágenes de satélite Landsat y Aster, en el período comprendido entre 1989 y 2008, pues este tipo de estudios es escaso por lo tanto se hace necesaria y prioritaria su aplicabilidad.

El propósito de este trabajo es que sirva como referente para la toma de decisiones en futuros estudios por parte de las diversas instituciones públicas o privadas involucradas en la gestión planificación y manejo ambiental de este ecosistema estratégico para el municipio de Pasto.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los cambios en la cobertura vegetal en el páramo del Bordoncillo Cuenca Alta del río Pasto, a través de la clasificación digital de imágenes satelitales de los años 1989 y 2008.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar la pérdida de cobertura vegetal característica del ecosistema de páramo en el área de estudio.
- Analizar multitemporalmente los cambios de cobertura vegetal en el área de estudio, tomando como soporte la cartografía temática obtenida de la clasificación digital de las imágenes satelitales.
- Plantear recomendaciones para el manejo sostenible del páramo del Bordoncillo correspondiente a la cuenca alta del río Pasto.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Aspectos generales del ecosistema páramo

4.1.1.1 Concepto de páramo. El ecosistema de páramo por su compleja conformación biofísica se constituye como un ecosistema muy vulnerable a las diferentes acciones antrópicas. Por su especificidad geológica, geomorfológica, ubicación y condiciones bióticas, configuran un ecosistema único, delimitado altitudinalmente entre la vegetación arbórea o bosque de niebla y la parte inferior de las nieves perpetuas¹.

Es apropiada la definición de páramo que plantea el Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, la cual dice: “ecosistema de alta montaña, ubicado entre el límite superior del bosque andino y, si se da el caso, con el límite inferior de los glaciares o nieves perpetuas, en el cual domina una vegetación herbácea y de pajonales, frecuentemente frailejones y pueden haber formaciones de bosques bajos y arbustivos y presentar humedales como los ríos, quebradas, arroyos, turberas, pantanos, lagos y lagunas”².

Los páramos son las regiones más elevadas y relativamente descubiertas de las cordilleras andinas en las que concurren especiales condiciones físicas, climáticas y biológicas de tipo tropical determinantes de formas particulares de vegetación. Se divide en tres zonas altitudinales:

Comprende tres franjas en orden ascendente: el subpáramo, el páramo propiamente dicho y el superpáramo. Los límites altitudinales en que se ubican estos ecosistemas varían entre las cordilleras, debido a factores orográficos y climáticos locales. La intervención antrópica también ha sido un factor de alteración en la distribución altitudinal del páramo, por lo cual se incluyen en esta definición los páramos alterados por el hombre.

Subpáramo o páramo bajo: Franja inferior del páramo que sigue a la ocupada por la vegetación arbórea del bosque andino de la región. Se caracteriza por el predominio de chuscales, vegetación arbustiva y de bosques bajos altoandinos.

¹ CUATRECASAS, José. El páramo. En: Páramos y bosques de niebla. IV Conferencia Latinoamericana de páramos y bosques altoandinos. Málaga, Santander: [s.n.], 1999. p. 37.

² COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 0769 (5, agosto, 2002). Por la cual se dictan disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos. Diario Oficial. no.44916. Bogotá, 2002. p. 2.

Páramo propiamente dicho: Franja intermedia del páramo caracterizada principalmente por vegetación dominante de pajonales y diferentes especies de frailejones, también hay presencia de turberas.

Superpáramo o páramo alto: Franja superior del páramo caracterizada por poca cobertura vegetal y diferentes grados de superficie de suelo desnudo³.

También existen los páramos azonales, que son páramos ubicados en zonas atípicas según condiciones edáficas y climáticas extremas y locales, caracterizándose por vegetación de tipo paramuno⁴.

El límite inferior original de la zona de vegetación de páramo puede variar en forma considerable entre los 3.000 y 4.000 m.s.n.m. y dicha variación está relacionada con la precipitación, la humedad y la temperatura media anual local, así se puede encontrar que en áreas más secas el límite inferior del páramo se encuentra a 3000 m.s.n.m., pero en lugares húmedos el bosque puede subir hasta 3.700 o 4.000 m.s.n.m.⁵

Estudios recientes plantean que el páramo se extiende desde el límite de la vegetación arbórea y la parte inferior de las nieves, en donde las condiciones climáticas varían y que unidas a las variaciones del tipo de suelo, permiten establecer ciertas subdivisiones del páramo. El límite natural para la distribución de la vegetación arbórea está dado por la temperatura.

En el páramo la precipitación es muy variable. Hay páramos húmedos y otros secos. La distribución de la precipitación durante el año, la humedad relativa, evaporación, temperatura y topografía del lugar influyen en la variedad biológica y fisionómica del páramo⁶.

4.1.1.2 Importancia del páramo. La importancia del páramo, económica y ecológicamente se puede dividir en cuatro aspectos:

Función ecológica: los páramos tienen un valor científico y ecológico muy alto por su flora y paisaje únicos.

³ Ibid., p. 3.

⁴ Ibid.

⁵ VAN DER HAMMEN. Citado por CORPONARIÑO Y CORPOAMAZONIA. Plan de manejo del corredor andino amazónico páramo de Bordoncillo - cerro de Patascoy, La Cocha como ecorregión estratégica para los departamentos de Nariño y putumayo, Pasto, 2002. p. 33.

⁶ RANGEL. Páramos de Colombia. Gestión ambiental para el desarrollo. Bogotá: [s.n.], 1989. p 19.

Función hidrológica: los páramos son fundamentales para la regulación hídrica regional y constituyen fuentes de agua potable para la mayoría de las poblaciones andinas.

Función agrícola: desempeñan una función en la producción de alimentos, aunque es limitada.

Función recreativa: considerados como lugares de atracción turística⁷.

Teniendo en cuenta lo anterior, se recomienda que los páramos cumplan una función social, ya que son éstos los que se encargan de la captación, retención, producción y regulación del recurso hídrico tan importante para nuestra supervivencia. Debe priorizarse su declaración como reservas naturales y patrimonios de la humanidad y ser considerados objeto de especial protección.

4.1.1.3 El páramo como fuente de recursos hídricos. El agua constituye uno de los elementos básicos en todo ecosistema. Los páramos son fundamentales para la regulación hídrica a nivel regional y constituyen la única fuente de agua para la mayoría de las poblaciones localizadas en las faldas de los Andes. Al hablar de la importancia de los páramos tenemos que necesariamente concentrarnos en la regulación de los caudales de agua.

El páramo es considerado como el ecosistema más sofisticado para el almacenamiento de agua debido principalmente a la gran acumulación de materia orgánica (que aumenta los espacios para el almacenamiento de agua) y a la morfología de ciertas plantas de páramo que actúan como una verdadera esponja. Sin embargo es necesario aclarar que los páramos no son “fábricas de agua” como comúnmente se cree, sino que retienen y regulan los volúmenes de precipitación que reciben y que se caracterizan por no ser abundantes, sino constantes a lo largo del año⁸.

Se sabe que la presencia de una capa de vegetación constantemente húmeda influye en la retención del agua durante las épocas secas, lo que explicaría de alguna manera la menor capacidad de retención de agua en áreas que han sufrido trastornos en su vegetación. En otras palabras, la función reguladora de la escorrentía y de provisión de agua constante de los páramos hacia tierras bajas se ve amenazada por la alteración de su cubierta vegetal. Esto es precisamente lo que sucede cuando se altera la vegetación paramuna por medio de prácticas agrícolas, ganaderas y forestales inadecuadas.

⁷ CASTILLO, Guillermo y RAMÍREZ, Bernardo. Efecto de las quemas sobre la biodiversidad en los páramos. En: Revista de investigación geográfica. Octubre, 1999. no. 1, p. 317-318.

⁸ MEDINA, Galo et al. Grupo de trabajo en páramos del Ecuador. Quito: Adya Yala. 1999. P 3-5.

Una consecuencia relacionada directamente con la pérdida de la cobertura vegetal es la degradación y pérdida de los suelos. En el momento en que la lluvia golpea el suelo descubierto en los páramos alterados, el poder regulador de los caudales que tiene el páramo se pierde y la escorrentía baja llevándose el suelo fértil, con lo que se produce erosión en el propio páramo, se dañan la cantidad y calidad del agua que llega a las tierras bajas y se potencia la posibilidad de aludes, inundaciones y sedimentación. Asimismo, la pérdida de la capacidad de esponja del páramo conlleva en último término la posibilidad de sequías.

4.1.1.4 Situación actual del páramo por la acción antrópica. El sistema natural y la vegetación paramuna están siendo desplazados por la ampliación de la frontera agrícola para la siembra de cultivos y la introducción de ganado, igualmente la apertura de carreteras, ubicación de antenas de comunicación, infraestructura turística sin planificación y últimamente cultivos de uso ilícito como la amapola, se convierten en formas agresivas de destrucción del ecosistema páramo, pues estas actividades transforman la estructura del ecosistema y afectan su capacidad de absorción y retención de agua.

Según Ruiz, entre los efectos negativos tenemos: “homogeneización de la vegetación con predominio de pajonales y pérdida de diversidad biótica, reducción de la fauna por pérdida de fuentes de alimento y refugio, aumento de la escorrentía, pérdida de la capacidad de regulación hídrica y aceleración de procesos erosivos”⁹.

4.1.2 Cuencas hidrográficas. La cuenca hidrográfica es un sistema ambiental organizado, de relaciones complejas al interior y exterior de ella, en donde los componentes naturales, socioeconómicos y culturales están definidos por estructuras y procesos que conforman un sistema de sustentación adaptado¹⁰.

El Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables ubica la cuenca hidrográfica como una unidad de manejo especial y la define de la siguiente manera: “Es un área físico-geográfica debidamente delimitada, donde las aguas superficiales y subterráneas vierten a una red natural, mediante uno o varios cauces de caudal continuo o intermitente que confluyen a su vez en un curso mayor que desemboca o puede desembocar en un río principal, en un depósito

⁹ RUIZ, S. Economía política y alta montaña. El páramo un ecosistema a proteger. Bogotá: Códice, 1996, p 35.

¹⁰ CARMONA, Hernán. Citado por GUILLÉN, Rovell, et al. Modelación del uso de la tierra para orientar el ordenamiento territorial en la subcuenca del río Copán, Honduras. En: Revista recursos naturales y ambiente. Marzo, 2004. no. 41, p. 124.

natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. La cuenca la delimita la línea divisoria de aguas o el divorcio de aguas”¹¹.

Henaó, se refiere a la cuenca hidrográfica como “un área natural en la cual el agua se desaloja a través de un sinnúmero de corrientes, cuyos caudales son recogidos por un colector común, que sirve de eje de la zona. La extensión de la cuenca puede variar, desde pocas a miles de hectáreas”¹².

Se puede decir entonces, que la cuenca es una unidad de superficie variable delimitada por un divorcio de aguas, el divorcio de aguas hace referencia al límite topográfico más alto en el cual todos los caudales drenan en una misma dirección hacia uno principal. Es decir, que es un espacio físico-geográfico perfectamente definido por sistemas topográficos y que permiten delimitar territorialmente una superficie de drenaje común, en donde interactúan los sistemas físico, biótico y socioeconómico.

El manejo de una cuenca hidrográfica corresponde al uso racional que el ser humano haga de los recursos naturales (agua, suelo, flora, fauna) que existe dentro de sus linderos y no debe ser orientado simplemente a resolver los problemas del suministro de agua. Los objetivos para el manejo de cuencas deben hacer frente a los problemas del uso de la tierra y el agua, no en términos de cualquier recurso, sino sobre la base de que todos estos dependen uno del otro y deben considerarse por consiguiente todos unidos, con un enfoque integrado.

4.1.3 Cobertura vegetal. La cobertura vegetal puede ser definida como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos¹³.

La cobertura vegetal hace referencia a la expresión integral de la interacción entre los factores bióticos y abióticos sobre un espacio determinado, es decir es el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos biológicos vegetales característicos, los cuales conforman unidades estructurales y funcionales¹⁴.

¹¹ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto Ley 2811 (18, diciembre, 1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá, 1974. p. 53.

¹² HENAO SARMIENTO, Jesús. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá: universidad Santo Tomás, 1988. p. 31.

Por su parte, el levantamiento de cobertura y uso de la tierra puede ser definido como la obtención, análisis y clasificación de los diferentes tipos de cobertura y usos asociados que el hombre practica en una zona o región determinada¹⁵.

Su importancia se fundamenta en que la información obtenida durante el estudio puede contribuir a la solución de diversos problemas de interés para el ser humano y su bienestar, siempre y cuando se utilicen métodos adecuados para levantar la información¹⁶.

En este sentido, un levantamiento de tal naturaleza debe proporcionar información básica fundamental para el desarrollo de estudios posteriores orientados a la planificación del uso de la tierra.

La información obtenida del levantamiento se presenta en mapas donde se registran la información sobre las coberturas y los usos asociados que ocurren en una porción de la superficie terrestre, los mapas pueden tener diferente grado de detalle dependiendo de los objetivos y del nivel del levantamiento.

4.1.4 Teledetección y Sistemas de información geográfica. La observación de la tierra desde el espacio ha experimentado en los últimos años un acelerado desarrollo, llegando a ser un aliado cada vez más imprescindible en el seguimiento de procesos ambientales de gran impacto para nuestro planeta y de igual manera ha permitido enriquecer notablemente su conocimiento.

Esa observación remota de la superficie terrestre constituye el marco de estudio de la teledetección o también llamada percepción remota. Según Chuvieco¹⁷, la teledetección es una técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales y su posterior tratamiento en el contexto de una determinada aplicación o finalidad.

¹³ La cobertura vegetal en la cuenca del Canal de Panamá. [en línea].s.f. [citado 2 de agosto de 2010]. Disponible en la dirección electrónica: <http://www.geoinstitutos.com/art_03_cober2.asp>.

¹⁴ ETTER, A. Citado por RODRÍGUEZ, Nelly, et al. Ecosistemas de los andes colombianos. 2 ed. Bogotá: IAVH, 2006. p. 28.

¹⁵ MELO, Hernando. Coberturas y uso de la tierra, notas de clase. Bogotá: CIAF. 2004. p. 5.

¹⁶ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra. Bogotá: CIAF, 2005. p. 59.

¹⁷ CHUVIECO, Emilio. Teledetección ambiental, la observación de la tierra desde el espacio. Barcelona: Ariel ciencia, 2002. p. 17.

Los Sensores Remotos son dispositivos que permiten capturar información de los objetos sin tener un contacto directo con ellos, su uso en aplicaciones para el estudio de los recursos naturales tiene una larga trayectoria, dado que proporcionan información confiable sobre superficies extensas con alta precisión y costos razonables¹⁸.

Para el IGAC, “el uso de sensores remotos ha jugado un importante rol en la elaboración de mapas, planos, interpretación de recursos y sus superficies, planificación territorial y estudios urbanos. La tendencia actual es hacia el incremento de su utilización dado el avance tecnológico, el desarrollo de la computación y bajo costo de la obtención de imágenes”¹⁹.

La teledetección cuenta con numerosas aplicaciones gracias a las ventajas que ofrece frente a otros medios de observación más convencionales como la fotografía aérea o los trabajos de campo, pues más que sustituirlos los complementa. Algunas aplicaciones de esta técnica tienen que ver con el medio ambiente, los recursos naturales, actividades agrícolas y forestales, desarrollo urbano, planificación territorial, levantamientos de cobertura y uso de la tierra, análisis multitemporales de algún fenómeno en particular, entre otras.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), por su parte, son hoy en día la herramienta más versátil para almacenar y analizar información espacial, pues como herramienta de análisis, influyen en el mejoramiento de la efectividad y la eficiencia de las operaciones cartográficas y la manipulación y tratamiento de los datos, en la representación de escenarios y alternativas de solución a problemas que se identifiquen en el territorio.

Para el IGAC, “los Sistemas de Información Geográfica se definen como el conjunto de métodos, herramientas y actividades que actúan coordinada y sistemáticamente para recolectar, almacenar, validar, actualizar, manipular, integrar, analizar, extraer y desplegar información, tanto gráfica como descriptiva de los elementos considerados, con el fin de satisfacer múltiples propósitos”²⁰.

En este sentido, los SIG permiten manejar datos geográficos complejos y voluminosos, transformándolos en información útil para los procesos de investigación y planificación del desarrollo de los territorios, pues mediante esta herramienta es posible disponer de modelos de la realidad, que nos permiten

¹⁸ GONZÁLEZ, Álvaro. Fundamentos de fotointerpretación. 2 ed. Bogotá: Escuela Colombiana de ingeniería, 2007. p. 80.

¹⁹ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Op. cit., p. 9.

²⁰ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Conceptos básicos sobre Sistemas de Información Geográfica y aplicaciones en Latinoamérica. Bogotá: IGAC, 1998. p 11.

reconocer las relaciones que existen entre los objetos complejos de la tierra, o simular un fenómeno cualquiera²¹.

Los SIG, desde su perspectiva tecnológica y social, sirven como un instrumento de apoyo para resolver problemas dentro del ordenamiento y planificación territorial, como en el uso y manejo de los recursos naturales, constituyéndose en una herramienta de soporte que permite adoptar decisiones a cualquier nivel de manejo, ya sea en entidades públicas o privadas.

El análisis espacial en un SIG es realizado sobre los datos espaciales y no espaciales, de una manera interactiva, siendo utilizados estos análisis para modelar, hacer predicciones y para poder llegar a conclusiones sobre problemas de interés²². En este sentido, un SIG se convierte en una valiosa herramienta de análisis, puesto que permite obtener información territorial para resolver problemas complejos de ordenamiento, planificación, gestión y toma de decisiones apoyándose en la cartografía.

Es preciso, además, anotar que al hacer el análisis espacial se debe tener en cuenta, la calidad de los datos involucrados para tal fin, es decir, que se debe contar con datos que representen la realidad geográfica referente a un fenómeno o aspecto a considerar; en consecuencia si se ingresan datos erróneos o no precisos, igualmente los resultados del análisis y modelamiento espacial serán erróneos y descontextualizados, lo cual se manifestaría en el proceso de toma de decisiones equivocadas y por que no decirlo, catastróficas.

En términos generales, los SIG son una herramienta valiosa en procesos de análisis y de apoyo en la toma de decisiones respecto al ordenamiento y planificación de un territorio, como también en el manejo, uso y aprovechamiento de sus recursos naturales. Su principal utilidad y ayuda para estos fines constituye la construcción de modelos o representaciones de la realidad territorial, y para utilizar dichos modelos en la simulación de las posibles consecuencias o efectos que un proceso natural o producido por la acción antrópica, produce sobre un determinado espacio o escenario en un momento específico. Según el IGAC²³, la construcción de modelos constituye un instrumento muy eficaz a la hora de analizar las tendencias y determinar los factores que las influyen, como también para evaluar las posibles consecuencias de las decisiones de planificación sobre el territorio.

²¹ BOSQUE, Joaquín. Sistemas de información geográfica. Madrid: Rialp, 1994. p. 22.

²² ARCILA, Manuel. Sistemas de información geográfica y medio ambiente. Principios básicos. Cádiz: Universidad de Cádiz, 2003. p. 85.

²³ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Op. cit., p. 57.

4.1.5 Análisis multitemporal con imágenes satelitales. Según Chuvieco²⁴, el análisis multitemporal es una técnica de teledetección espacial, mediante la cual se pueden cuantificar los cambios de coberturas terrestres ocurridos durante un período determinado, debido al ciclo estacional de las cubiertas, a catástrofes naturales o alteraciones de origen humano.

Una de las aportaciones más destacadas de la teledetección espacial al estudio del medio ambiente es su capacidad para seguir procesos dinámicos. En el seguimiento de la dinámica de un determinado fenómeno, conviene distinguir dos aspectos relacionados con el cambio; por un lado, la rapidez con que el fenómeno se produce, y por otro, la pervivencia del cambio que implica. El primer aspecto hace referencia a la escala temporal en la que se manifiesta un fenómeno, o dicho de otra forma a su duración en el tiempo. En este sentido, el rango de los fenómenos ambientales que se estudian en teledetección puede ir desde unas pocas horas hasta varios años. El segundo aspecto se relaciona con la permanencia de los efectos de esa perturbación, que también puede variar en un ciclo de pocos días hasta varios años²⁵.

El Análisis multitemporal consiste en un estudio de cambios ya sea de coberturas y uso de la tierra o transformación del paisaje en un área determinada, utilizando información cartográfica o imágenes de sensores remotos tomadas en distintas fechas²⁶.

Este tipo de análisis es una herramienta que permite el monitoreo o seguimiento de los diferentes procesos que influyen en una cobertura de bosques o vegetación tales como: deforestación, regeneración, cambios de uso de la tierra, cambios en la cobertura vegetal, áreas cultivadas, incendios, plantaciones, etc. La información que se obtiene de un análisis multitemporal permite evaluar la magnitud de los cambios, encontrar los actores principales en los procesos de cambios y suministrar información para corregir los problemas oportunamente, en caso de ser posible.²⁷

Para los estudios multitemporales es necesario contar con imágenes satelitales o aerofotografías del lugar de interés, de distintas fechas y tener un patrón de comparación, es decir un tipo de cobertura o uso del suelo identificable en ambas. Es aconsejable tomar un periodo de tiempo suficiente para registrar los cambios que se puedan presentar.

²⁴ CHUVIECO. Op. cit., p. 424.

²⁵ Ibid., p. 424-425.

²⁶ FRANCO, Rodolfo. Análisis satelital de los bosques del Carare - Opón. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2004. p. 17.

²⁷ CORPONARIÑO Y CORPOAMAZONIA. Op. cit., p. 85.

El análisis multitemporal posibilita analizar la tendencia de usos del suelo o de transformación del paisaje a través del tiempo, con este análisis se elabora el mapa de cobertura y uso del suelo con el cual se tiene una visión del estado de los recursos naturales de la superficie con que cuenta el área en estudio.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante realizar un análisis multitemporal de la cobertura vegetal en el páramo Bordoncillo, que permitirá saber el estado de degradación o conservación de este ecosistema que se encuentra en la parte alta de la Cuenca del río Pasto y también mirar que medidas se pueden tomar para su manejo integral.

Imágenes de satélite. Son productos de sensores remotos pasivos y trabajan en el rango óptico del espectro electromagnético de 0.4 a 15 μm . El sistema de captura de información se combina con una óptica similar a la de la fotografía y un sistema de detección electrónica. La imagen de satélite a diferencia de la fotografía aérea permite su manipulación digital con el fin de mejorar el contraste para resaltar diferentes tipos de superficies y proporcionar un estimativo de las características en el estudio cuantitativo geográfico y temático de una región en particular y almacenar esta información en base de datos relacionales²⁸. La mínima unidad identificable e indivisible en una imagen satelital se denomina pixel.

Interpretación de imágenes de satélite. Consiste en la utilización de técnicas, sistemas y procesos de análisis de imágenes, por personal capacitado, para dar información confiable y en la medida de lo posible detallada acerca de los objetos naturales o artificiales contenidos en la imagen que se analiza, y determinar los factores que implican la presencia, condición y uso de ellos²⁹.

Para llevar a cabo la interpretación de productos de sensores remotos, en particular de imágenes de satélite, se debe realizar los siguientes pasos: **Lectura de la imagen**, incluye detección, reconocimiento e identificación de los objetos; **Análisis de la imagen**, tiene que ver con el análisis propiamente dicho de la imagen y la deducción de aspectos no observables; **Clasificación de la imagen**, en esta fase se realizan operaciones de clasificación digital y representación de los fenómenos presentes en la imagen³⁰.

Elementos visuales para interpretación de imágenes de satélite. Se consideran elementos de identificación aquellas características presentes en las imágenes, que sirven de evidencia para la determinación de objetos y su

²⁸ CHUVIECO. Op. cit., p. 181.

²⁹ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra. Op. cit., p. 5.

³⁰ Ibid., p. 31-33.

diferenciación³¹. Entre los elementos visuales manejados en teledetección espacial, los más utilizables son:

Brillo. El brillo hace referencia a la intensidad de energía recibida por el sensor para una determinada banda del espectro. En otras palabras, el brillo se relaciona estrechamente con el comportamiento espectral de las distintas cubiertas, para la banda particular del espectro sobre el cual se trabaje. Puesto que la energía reflejada desde una cubierta varía en distintas longitudes de onda, su brillo característico también varía en imágenes adquiridas para diversas bandas del espectro.

Tono. Hace referencia a los grados de variación de gris que existe entre el negro y el blanco. Los tonos de las imágenes se encuentran influenciados por una multitud de factores, lo que provoca que los tonos de objetos que puedan ser familiares no correspondan con la percepción de ellos en la naturaleza.

Forma. Se refiere a los rasgos característicos inherentes a los objetos y que permite la identificación en la imagen. La forma como estructura espacial de un objeto, es determinante para su identificación.

Textura. Hace referencia a la heterogeneidad espacial de una determinada cubierta, en definitiva al contraste espacial entre los elementos que la componen. Visualmente se manifiesta como la rugosidad o suavidad de los tonos de gris. La textura puede ser gruesa, media o fina.³²

Clasificación digital de imágenes. La clasificación multispectral de imágenes se usa para extraer información temática de las imágenes de satélite de una manera semiautomática. La clasificación digital está dirigida a obtener una nueva imagen en la cual a cada uno de los píxeles de la imagen original se le asigna una clase o leyenda. El proceso de clasificación tiene como objetivo delimitar e identificar los diferentes objetos correspondientes a la cobertura del terreno, con base en sus características espectrales. Cada objeto se identifica por un rango de valores para cada banda espectral, este rango que caracteriza al objeto se denomina **firma espectral**³³.

Esta clasificación puede ser de dos tipos: no supervisada y supervisada. Una diferencia fundamental entre estas dos es que en la no supervisada el analista

³¹ AGUILAR, Miguel. Fotointerpretación. Asunción: Universidad de la República de Uruguay, 2002. p. 15.

³² CHUVIECO. Op. Cit., p. 181-188.

³³ RIAÑO, Orlando. Procesamiento digital de imágenes en ILWIS. [s.l.]: [s.n.], 1990. p. 32.

define el número de clases y posteriormente las interpreta. En la supervisada el analista interpreta y selecciona las clases³⁴.

Método supervisado. Para realizar la clasificación supervisada, se sugiere tener un conocimiento previo de la cobertura y de los elementos circundantes de la zona o área donde se desarrollará el estudio. Son muy útiles las salidas de campo para reconocer los aspectos florísticos, edáficos y geológicos etc. Con base a esto se delimitan áreas de entrenamiento, a partir de las cuales se caracterizan cada una de las clases, para asignar más tarde el resto de los píxeles de una imagen a una de esas categorías siendo esto una manera más puntual para realizar el análisis.³⁵

El método supervisado parte de cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por la experiencia previa o por el trabajo de campo, es conveniente delimitar áreas lo suficientemente representativas de cada uno de los tipos de cobertura a definirse en la leyenda, áreas que se las denomina áreas de entrenamiento, puesto que entrenan al computador para identificar áreas comunes sobre toda la imagen³⁶.

La determinación de áreas de entrenamiento es un aspecto de especial relevancia por lo cual debe delimitarse en lo posible áreas lo suficientemente grandes y homogéneas, aspecto que está determinado visualmente según la composición en color y por la tonalidad.

Se le llama método supervisado o clasificación supervisada, porque el usuario define y supervisa todo el proceso para obtener la firma espectral de cada rango, siendo el computador responsable solo del proceso de extrapolación, que ubica cada uno de los píxeles en el grupo que le corresponda según su rango espectral.

En la clasificación supervisada, la primera y más importante fase, es el muestreo, el cual es responsabilidad del técnico a cargo del proceso, la segunda es la clasificación misma, consistente en asignar los píxeles no muestreados a la clase que les corresponda. El muestreo para una clasificación supervisada, se inicia con un análisis preliminar de la imagen a clasificar, en esta fase se utilizan los procedimientos de realce tales como la composición en falso color, índices de vegetación; también se pueden utilizar productos de otros sensores remotos como aerofotografías o modelos digitales de elevación (DEM); y por supuesto las observaciones del trabajo de campo. En un buen muestreo, el intérprete debe

³⁴ Ibid.

³⁵ CHUVIECO. Op. cit., p. 379-380

³⁶ RIAÑO. Op. cit.

saber cuántas clases va a separar, dónde va a muestrear cada clase, y cuál es el rango de valores correspondientes³⁷.

Método no supervisado. El proceso de clasificación no supervisada, erróneamente denominada a veces automática, consiste en la definición de los grupos, por el sistema mismo con base exclusivamente en las diferencias entre los valores digitales, por lo cual algunos software la denominan clasificación de clusters. Esencialmente el sistema define las clases espectrales; no obstante, su identificación corresponde al intérprete³⁸.

En general se usa este método cuando se conoce poco sobre los datos antes del proceso de clasificación y se tiende a obtener el número de clases posibles, que luego pueden ser analizadas y reagrupadas para reducir el número final de clases.

4.2 MARCO LEGAL

El marco legal o normativo constituye la plataforma jurídica, para este caso en particular, ésta se refiere a la legislación colombiana relacionada con el tema de estudio, es decir con el ordenamiento y planificación ambiental del territorio, la protección de los recursos naturales, en especial del ecosistema de páramo, y la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. En este sentido, la normatividad que sirvió de soporte, para el desarrollo de este proyecto, comprende entre otras, la siguiente:

4.2.1 Constitución Política de Colombia de 1991. La Constitución Política de Colombia - CPC, constituye el marco principal en los procesos de ordenamiento y planificación territorial. Esta promueve la participación de la comunidad y del Estado como derecho y deber para la protección de los recursos naturales y el desarrollo sostenible; como elementos fundamentales de la planificación y el desarrollo de cualquier ente territorial.

La CPC, ha sido básica para desarrollar y concretar los planteamientos conceptuales y metodológicos del ordenamiento territorial, como instrumento de planificación³⁹. En ésta se encuentran preceptos fundamentales que permiten la comprensión integral del proceso.

³⁷ RIAÑO. Op. cit., p. 33.

³⁸ RIAÑO. Op. cit., p. 34.

³⁹ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Guía metodológica para la formulación del plan de ordenamiento territorial urbano aplicable a ciudades. Bogotá: IGAC, 1996. p. 39.

La Constitución de 1991, incorporó la organización territorial y expresa un orden territorial descentralizado, haciendo un reconocimiento de la autonomía de los entes territoriales, garantizando además la participación de la ciudadanía.

Algunos de los artículos que hace referencia a la ordenación y planificación ambiental del territorio son entre otros, los siguientes:

Art. 7, del reconocimiento y protección de la diversidad étnica y cultural de la nación; los Art. 8 y 72, sobre la protección de la riqueza cultural y natural; Art. 80, sobre la planificación, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales; Art. 103 a 106, formas de participación ciudadana; Art. 79, el derecho a gozar de un ambiente sano; Art. 334, plantea la intervención del Estado en la racionalización de la economía con fines de desarrollo armónico y equitativo, garantizando oportunidades, servicios y la preservación del ambiente; Art. 339, sobre el desarrollo de estrategias y orientaciones de política económica, social y ambiental para asegurar el adecuado desempeño de las entidades territoriales.

Por otro lado, el territorio, conjuntamente con la población y la organización jurídico-política constituyen los elementos integradores del Estado. La CPC establece los principios para su organización, otorgándole relevancia al ordenamiento territorial como política de Estado y como instrumento para la planificación, ocupación y administración del territorio. Estos referentes se plantean en el Título XI que trata de la organización territorial y comprende los artículos 285 al 311.

En el capítulo III, que trata del Régimen municipal, el artículo 311 dice: al municipio como entidad territorial fundamental de la división político-administrativa del Estado le corresponde prestar los servicios públicos que determine la ley, construir las obras que demande el progreso local, ordenar el desarrollo de su territorio, promover la participación comunitaria, el mejoramiento social y cultural de sus habitantes y cumplir con las demás funciones que le asignen la constitución y las leyes⁴⁰.

4.2.2 Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y reorganiza las entidades del sector público encargadas de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el SINA Sistema Nacional Ambiental.

La presente Ley, es otra disposición legal que brinda sustento a la definición de los contenidos y criterios que se deben tener en cuenta para la ordenación y planificación ambiental del territorio y la protección de los recursos naturales.

⁴⁰ COLOMBIA. ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE. Constitución Política de Colombia (1991). Bogotá, 1991. p. 36.

Esta ley dentro de los principios generales ambientales contemplados en el Artículo 1, destaca que: “la biodiversidad del país por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible; las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial; el paisaje por ser patrimonio común deberá ser protegido”⁴¹

Artículo 7. “Se entiende por ordenamiento ambiental del territorio, la función atribuida al Estado, de regular y orientar el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos a naturales renovables de la nación a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible”⁴².

En cuanto a las funciones de las entidades territoriales en materia de planificación ambiental se establece lo siguiente:

ARTÍCULO 65. FUNCIONES DE LOS MUNICIPIOS, corresponde a los municipios:

Numeral 1: promover y ejecutar programas y políticas nacionales, regionales y sectoriales en relación con el medio ambiente y los recursos naturales, elaborar los planes, programas y proyectos ambientales municipales articulados a los planes, programas y proyectos regionales, departamentales y nacionales.

Numeral 2: Dictar con sujeción a las disposiciones legales reglamentarias superiores, las normas necesarias para el control, la preservación y la defensa del patrimonio ecológico del municipio.

Numeral 3: Adoptar los planes, programas y proyectos de desarrollo ambiental y de los recursos naturales renovables, que hayan sido discutidos y aprobados en el ámbito regional, conforme a las normas de planificación ambiental que trata la presente ley.

Numeral 4: Participar en la elaboración de planes programas y proyectos de desarrollo ambiental y de los recursos naturales renovables a nivel departamental.

Numeral 5: Colaborar con las Corporaciones Autónomas Regionales, en la elaboración de los planes regionales y en la ejecución de programas, proyectos y tareas necesarias para la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.

⁴¹ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99 (22, diciembre, 1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental-SINA y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá, 1993. no. 41146. p 5-6.

⁴² Ibid., p. 17.

Numeral 6: Ejercer, a través del alcalde como primera autoridad de policía con el apoyo de la Policía Nacional y en coordinación con las demás entidades del sistema Nacional Ambiental (SINA), con sujeción a la distribución legal de competencias, funciones de control y vigilancia del medio ambiente y recursos naturales renovables, con el fin de velar por el cumplimiento de los deberes del Estado y de los particulares en materia ambiental y de proteger el derecho constitucional de un ambiente sano.

Numeral 8: dictar dentro de los límites establecidos por la ley, los reglamentos y las disposiciones superiores, las normas de ordenación territorial del municipio y las regulaciones sobre usos del suelo⁴³.

4.2.3 Decreto Ley 2811 de 1974 Código nacional de Recursos Naturales Renovables y de protección al medio ambiente. Trata lo relacionado a la política ambiental en materia de uso y manejo de los recursos naturales renovables como el agua, la tierra, el suelo, la atmósfera, flora y fauna, los recursos geotérmicos e hidrobiológicos y el paisaje. De igual forma propende por la defensa del medio ambiente y los recursos naturales renovables.

Teniendo en cuenta que el ambiente es patrimonio común, esta norma presenta como uno de sus objetivos fundamentales, lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de éstos y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional.

En el CAPITULO III trata sobre las Cuencas Hidrográficas y las competencias de la administración pública para su manejo.

En el artículo 312. Dice: “entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. La cuenca se delimita por la línea del divorcio de las aguas”⁴⁴.

Artículo 314. Corresponde a la Administración Pública:

a). Velar por la protección de las cuencas hidrográficas contra los elementos que las degraden o alteren y especialmente los que producen contaminación, sedimentación y salinización de los cursos de aguas o de los suelos.

⁴³ Ibid, p 76-77.

⁴⁴ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Op. cit.

- b). Reducir las pérdidas y derroche de aguas y asegurar su mejor aprovechamiento en el área.
- c). Prevenir la erosión y controlar y disminuir los daños causados por ella.
- d). Coordinar y promover el aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables de la cuenca en ordenación para beneficio de la comunidad.
- e). Mantener o mejorar las condiciones ecológicas del agua, proteger los ecosistemas acuáticos y prevenir la eutroficación.
- f). Dar concepto previo para obras u operaciones de avenamiento, drenaje y riego y promoverlas o construirlas cuando falte la iniciativa privada.
- g). Autorizar modificaciones de cauces fluviales.
- h). Señalar prioridades para el establecimiento de proyectos y para utilización de las aguas y realización de planes de ordenación y manejo de las cuencas, de acuerdo con factores ambientales y socioeconómicos.
- i). Organizar el uso combinado de las aguas superficiales, subterráneas y meteóricas.
- j). Promover asociaciones que busquen la conservación de cuencas hidrográficas⁴⁵.

4.2.4 Decreto 1729 de 2002. Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas; parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993; modifica el decreto 2857 de 1981 y se dictan otras disposiciones.

Este decreto establece las finalidades, principios, directrices y alcances de la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, definiéndose la necesidad de priorizar las cuencas hidrográficas críticas por su avanzado estado de degradación. De igual forma se describe las fases fundamentales que debe contener todo plan de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas.

Artículo 4. Finalidades, principios y directrices de la ordenación. La ordenación de una cuenca tiene por objeto principal el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos.

⁴⁵ Ibid., p. 53-54.

La ordenación así concebida constituye el marco para planificar el uso sostenible de la cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a conservar, preservar, proteger o prevenir el deterioro y/o restaurar la cuenca hidrográfica.

La ordenación de cuencas se hará teniendo en cuenta, entre otros, los siguientes principios y directrices:

1. El carácter de especial protección de las zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de aguas y zonas de recarga de acuíferos, por ser considerados áreas de especial importancia ecológica para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales renovables.
2. Las áreas a que se refiere el literal anterior, son de utilidad pública e interés social y por lo tanto deben ser objeto de programas y proyectos de conservación, preservación y/o restauración de las mismas.
3. En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso y deberá ser tenido en cuenta en la ordenación de la respectiva cuenca hidrográfica.
4. Prevención y control de la degradación de la cuenca, cuando existan desequilibrios físicos o químicos y ecológicos del medio natural que pongan en peligro la integridad de la misma o cualquiera de sus recursos, especialmente el hídrico.
5. Prever la oferta y demanda actual y futura de los recursos naturales renovables de la misma, incluidas las acciones de conservación y recuperación del medio natural para asegurar su desarrollo sostenible.
6. Promover medidas de ahorro y uso eficiente del agua.
7. Considerar las condiciones de amenazas, vulnerabilidad y riesgos ambientales que puedan afectar el ordenamiento de la cuenca.
8. Los regímenes hidroclimáticos de la cuenca en ordenación⁴⁶.

4.2.5 Ley 136 de 1994. Por la cual se dictan normas tendientes a modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios, los principios generales y rectores para el ejercicio de las competencias, la participación en los ingresos corrientes de la nación, la categorización de los municipios, la participación comunitaria y su vinculación al desarrollo municipal.

⁴⁶ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1729 (6, agosto, 2002). Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá, 1993. no. 44893. p. 1-2.

De igual forma esta ley, precisa ordenar el desarrollo de su territorio, promover la participación comunitaria, planificar el desarrollo económico, social y ambiental y velar por el adecuado manejo de los recursos naturales y del medio ambiente.

ARTICULO 3. FUNCIONES: Corresponde al municipio:

1. Administrar los asuntos municipales y prestar los servicios públicos que determine la ley.
2. Ordenar el desarrollo de su territorio y construir las obras que demande el progreso municipal.
3. Promover la participación comunitaria y el mejoramiento social y cultural de sus habitantes.
4. Planificar el desarrollo económico, social y ambiental de su territorio, de conformidad con la ley y en coordinación con otras entidades.
5. Solucionar las necesidades insatisfechas de salud, educación, saneamiento ambiental, agua potable, servicios públicos domiciliarios, vivienda recreación y deporte, con especial énfasis en la niñez, la mujer, la tercera edad y los sectores discapacitados, directamente y en concurrencia, complementariedad y coordinación con las demás entidades territoriales y la Nación, en los términos que defina la ley.
6. Velar por el adecuado manejo de los recursos naturales y del medio ambiente, de conformidad con la ley.
7. Promover el mejoramiento económico y social de los habitantes del respectivo municipio.
8. Hacer cuanto pueda adelantar por sí mismo, en subsidio de otras entidades territoriales, mientras éstas proveen lo necesario.
9. Las demás que le señale la Constitución y la ley⁴⁷.

4.2.6 Ley 388 de 1997. Es un instrumento normativo que establece las pautas para orientar equitativa y racionalmente el desarrollo territorial de las entidades territoriales del país. Los municipios deben implementar mecanismos en ejercicio de su autonomía que permitan promover el ordenamiento de su territorio, para lo cual la administración municipal debe formular y poner en marcha su POT. Dentro de sus objetivos están:

⁴⁷ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 136 (2, junio, 1994). Por la cual se dictan normas tendientes a modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios. Diario Oficial. Bogotá, 1994. no. 41377. p. 44-45.

ARTÍCULO 1. OBJETIVOS. La presente ley tiene por objetivos:

1. Armonizar y actualizar las disposiciones contenidas en la Ley 9a. de 1989 con las nuevas normas establecidas en la Constitución Política, la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo, la Ley Orgánica de Áreas Metropolitanas y la Ley por la que se crea el Sistema Nacional Ambiental.
2. El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.
3. Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres.
4. Promover la armoniosa concurrencia de la Nación, las entidades territoriales, las autoridades ambientales y las instancias y autoridades administrativas y de planificación, en el cumplimiento de las obligaciones constitucionales y legales que prescriben al Estado el ordenamiento del territorio, para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.
5. Facilitar la ejecución de actuaciones urbanas integrales, en las cuales confluyan en forma coordinada la iniciativa, la organización y la gestión municipales con la política urbana nacional, así como con los esfuerzos y recursos de las entidades encargadas del desarrollo de dicha política.

ARTÍCULO 2. PRINCIPIOS. El ordenamiento del territorio se fundamenta en los siguientes principios:

1. La función social y ecológica de la propiedad.
2. La prevalencia del interés general sobre el particular.
3. La distribución equitativa de las cargas y los beneficios⁴⁸.

4.2.7 Resolución 0769 de 2002. Mediante la presente Resolución, el Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial expidió las disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos en el territorio nacional, estableciendo en sus artículos 3º y 4º, la elaboración por parte de las autoridades ambientales del Estudio sobre el Estado Actual de los Páramos del área de su jurisdicción y del Plan de Manejo Ambiental de los mismos.

⁴⁸ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 388 (18, julio, 1997). Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989 y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá, 1997. no. 43091. p. 82-83.

4.2.8 Resolución 0839 de 2003. El objeto de esta resolución, igualmente expedida por el Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, es el de establecer los términos de referencia para la elaboración del Estudio sobre el Estado Actual de Páramos y del Plan de Manejo Ambiental de los Páramos presentes en el territorio nacional.

4.3 MARCO CONTEXTUAL

4.3.1 Descripción general del área de estudio. El páramo de Bordoncillo se encuentra ubicado en la vertiente oriental de la cordillera centro-oriental, formando parte de las cuencas amazónica y pacífica; se sitúa entre los límites de los departamentos de Nariño y Putumayo, entre las Coordenadas Geográficas: 01°08' - 01°14' Latitud Norte y 77°05' – 77°08' Longitud Oeste. Políticamente forma parte de los municipios de Pasto y Buesaco en Nariño y el municipio de Santiago en el Putumayo.

Es considerado una estrella fluvial pues es el lugar donde afloran o nacen importantes ríos y quebradas. Para nuestro caso particular del municipio de Pasto, afluentes que drenan hacia las cuencas altas del Lago Guamuéz y del río Pasto.

Según el Proyecto Páramos de Nariño⁴⁹, el páramo de Bordoncillo tiene un área de 6.336 has, de las cuales al municipio de Pasto le corresponden 1636 has, es decir el 25,83%. Se encuentra a una altura comprendida entre 3000 y 3600 msnm; tiene una precipitación promedio de 1314mm/año; una temperatura que oscila entre los 6 a 12°C; humedad relativa del 87%; una formación vegetal de bosque pluvial montano Bp-m; la nubosidad no es constante y por lo general se tiene buena visibilidad.

El páramo de Bordoncillo constituye uno de los ecosistemas más importantes que posee el municipio de Pasto, no solamente por ser la fuente proveedora de agua de importantes cuencas hidrográficas, y de acueductos locales; sino también por los múltiples servicios ecológicos que presta. Los páramos por su misma situación geográfica y clima, son ecosistemas muy frágiles, por tanto deben ser protegidos y manejados adecuadamente para poder garantizar su integridad.

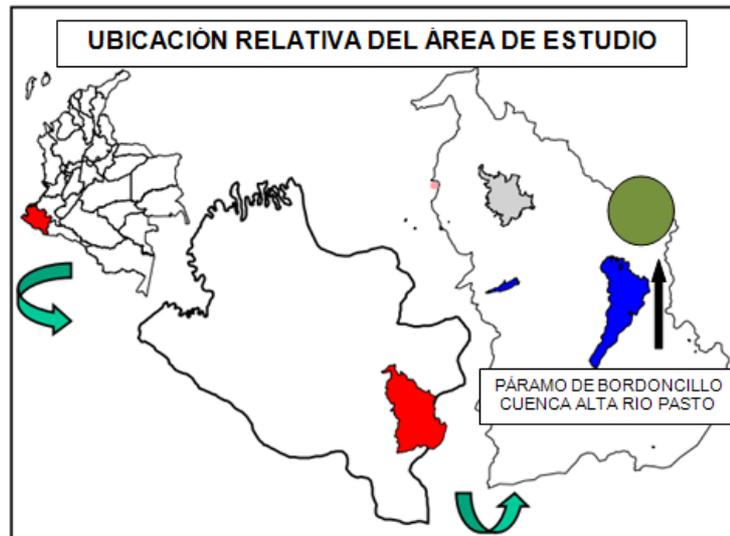
Para la realización de este estudio, se tomó únicamente la parte del páramo de Bordoncillo correspondiente a la Cuenca Alta del río Pasto, para su delimitación, se tuvo en cuenta la cota de 3400 msnm ya que es a partir de ésta que empieza el ecosistema de páramo en su parte inferior, y para la parte superior, el límite de la divisoria de aguas correspondiente a la microcuenca de la quebrada Las Tiendas,

⁴⁹ NARVÁEZ, Germán, et al. Grupo de investigación en biología de páramos y ecosistemas andinos. Proyecto estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño. Tomo I. Pasto: Sistema de Investigaciones Universidad de Nariño, 2007. p. 6.

a 3600 msnm. Esta zona pertenece al corregimiento de La Laguna, municipio de Pasto. El área de estudio comprende una extensión total de 201 hectáreas.

La ubicación general del área de estudio se puede apreciar en las figuras 1,2 y 3.

Figura 1. Ubicación general del área de estudio



Fuente: Agenda ambiental del municipio de Pasto 2004.

Figura 2. Mapa 1: Localización Páramo Bordoncillo en microcuenca Las Tiendas, Cuenca Alta del río Pasto

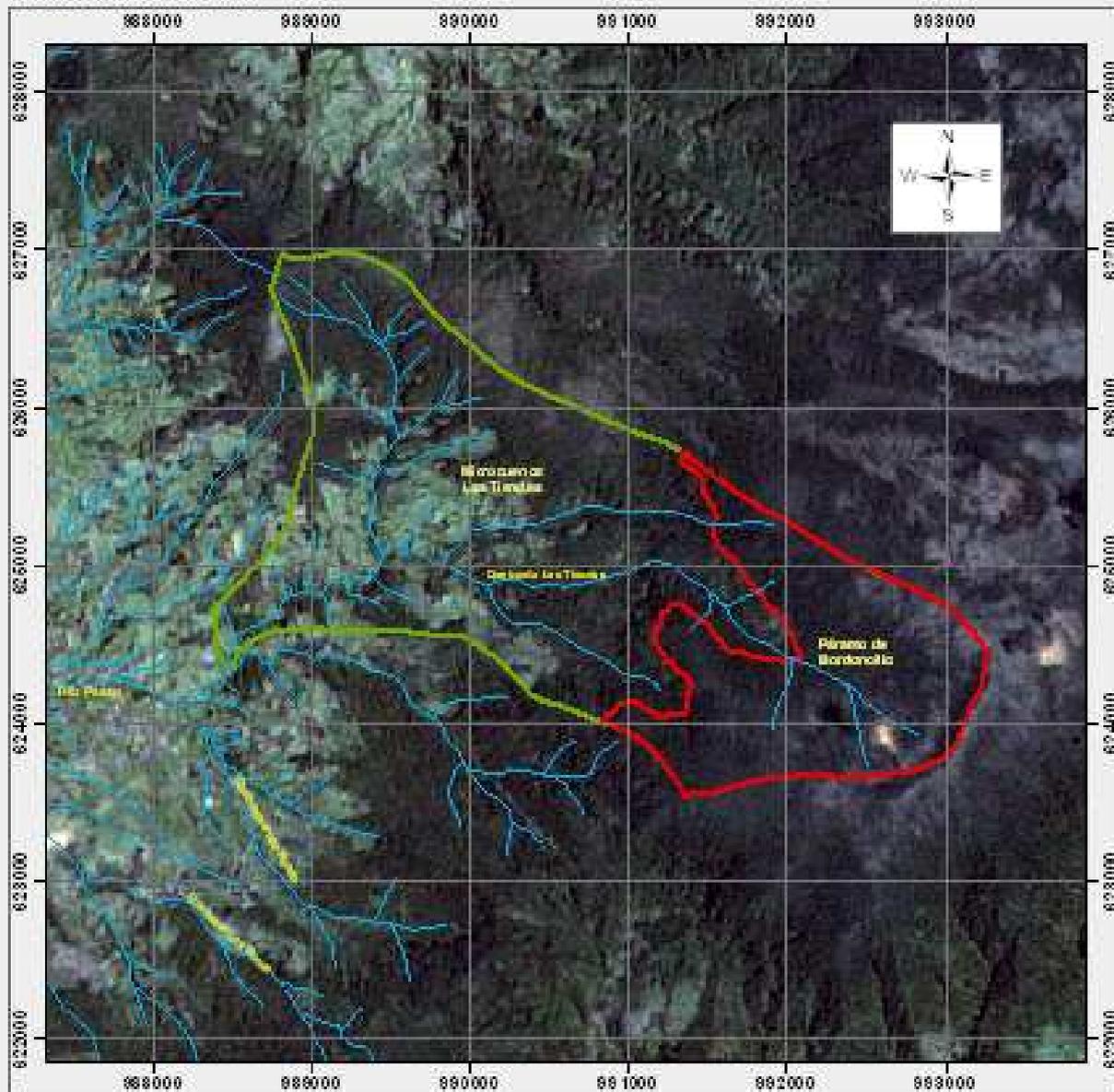
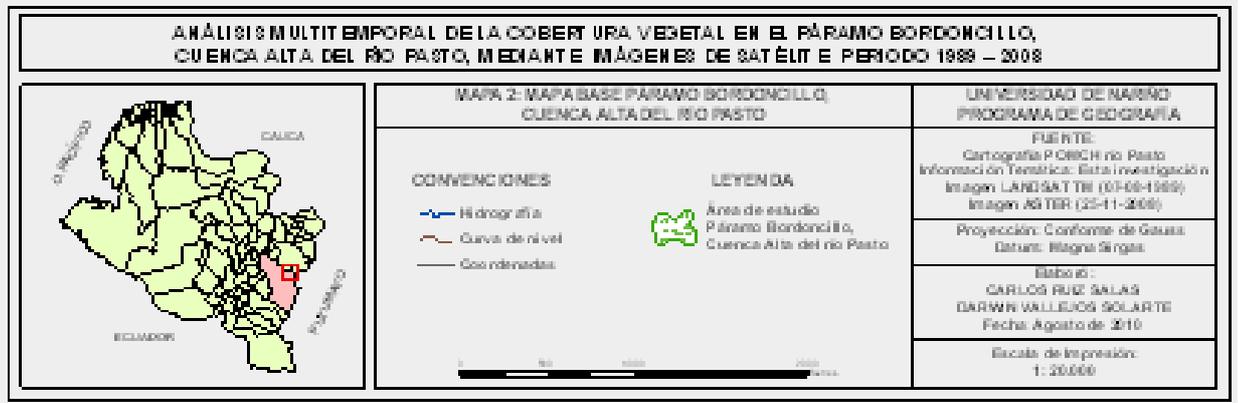
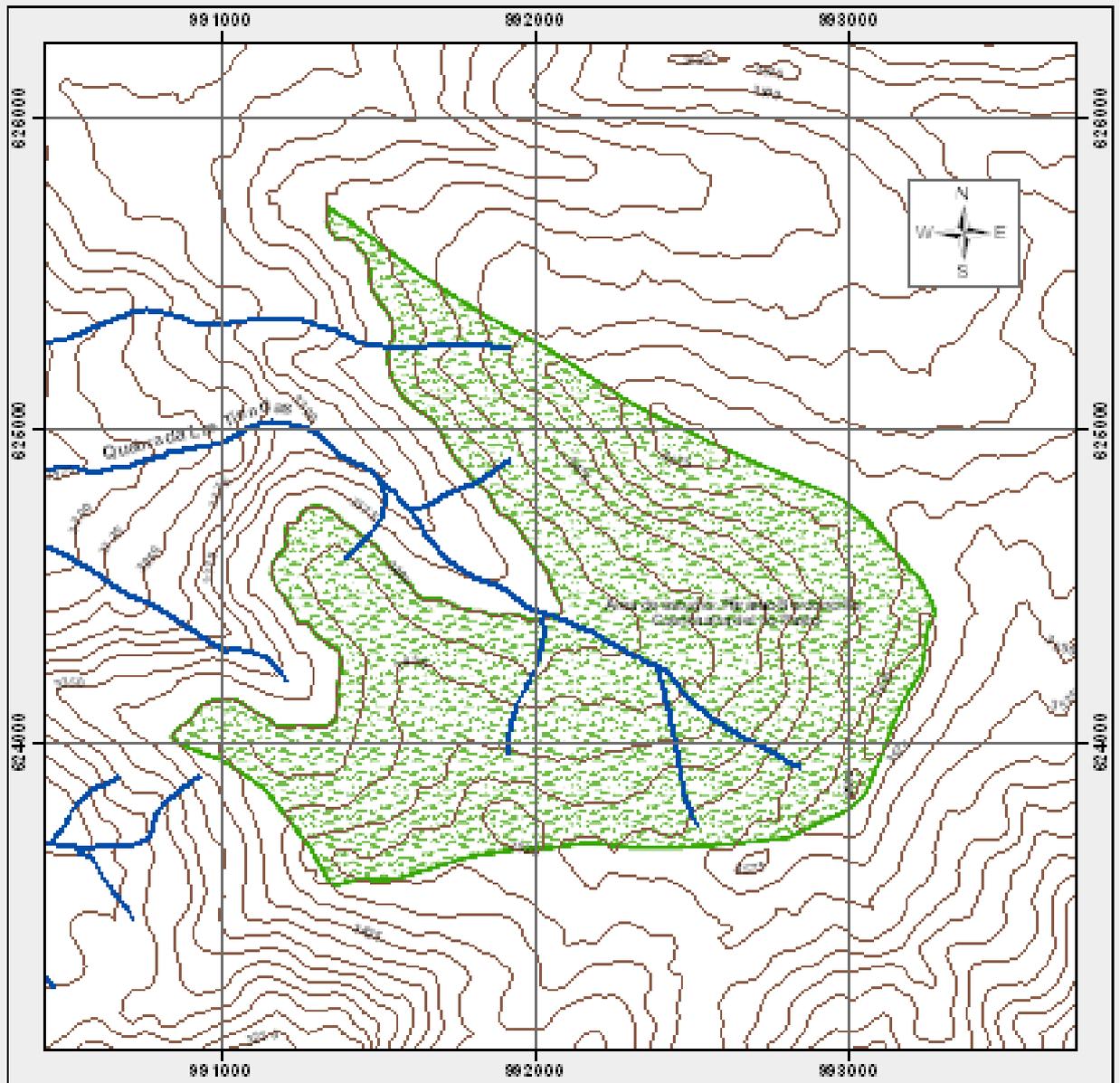


Figura 3. Mapa 2: Mapa base Páramo Bordoncillo, Cuenca Alta del río Pasto



5. METODOLOGÍA

5.1 ENFOQUE METODOLÓGICO

El presente estudio estuvo orientado a la solución de problemas prácticos, relacionados con la dinámica de la cobertura vegetal en un lugar determinado, razón por la cual se enmarca dentro de la Investigación Aplicada, ya que se trata de un estudio de caso. Para el desarrollo del mismo, se aplicó el enfoque metodológico analítico – descriptivo, puesto que permite el análisis de las diferentes variables consideradas dentro del análisis multitemporal del área de estudio.

5.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La investigación se enfoca dentro las líneas de investigación del programa de Geografía que son: Planificación y ordenamiento de cuencas hidrográficas y Sistemas de información geográfica.

5.3 MATERIALES Y EQUIPOS

La siguiente es la relación de imágenes, materiales y equipos que fueron empleados para el desarrollo del trabajo:

- Imágenes satelitales, se utilizaron las siguientes imágenes: Landsat TM de referencia p009r059_4dx19890807.TM-GLS1990 de fecha: agosto 7 de 1989, formato TIFF; y Aster de referencia AST_09_0031125200815244-00000000 de fecha: noviembre 25 de 2008, formato HDF.
- Cartografía digital generada a partir de la aplicación del SIG del Plan de Ordenamiento y manejo de la Cuenca del río Pasto, suministrada por CORPONARIÑO.
- Documentos técnicos, estudios técnicos relacionados con el área de estudio como: Plan de Ordenamiento Territorial de San Juan de Pasto; Agenda Ambiental Municipio de Pasto 2004 – 2012; Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pasto 2008; Plan de manejo del corredor Andino amazónico páramo de Bordoncillo – cerro de Patascoy, como ecorregión estratégica para los departamentos de Nariño y Putumayo 2002; Proyecto estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño 2007.
- Software, se refiere a los programas que se usaron en el desarrollo del trabajo como: ILWIS Versión Académica, para el procesamiento de las imágenes satelitales. El Programa ArcGis Versión 9.3®, para la

manipulación de datos vectoriales para el posterior análisis de la información.

- Hardware, computador con procesador Intel Dual Core 1.8 Ghz, DD de 180 Gb, memoria RAM 1Gb. GPS Garmin Etrex para toma de algunos puntos de muestreo en la zona de estudio.

5.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

En consideración a los objetivos propuestos, el proceso metodológico que se llevó a cabo para el desarrollo del estudio, comprende las siguientes fases:

5.4.1 Fase 1: Revisión de información secundaria. Para el desarrollo del trabajo fue necesario la recopilación y revisión de información secundaria existente, relacionada con el área de estudio, tales como: Plan de Ordenamiento Territorial de San Juan de Pasto; Agenda Ambiental Municipio de Pasto 2004 – 2012; Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Pasto 2008; Plan de manejo del corredor Andino amazónico páramo de Bordoncillo – cerro de Patascoy, La Cocha, como ecorregión estratégica para los departamentos de Nariño y Putumayo 2002; Proyecto estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño 2007.

La revisión de estos documentos y estudios, sirvió como base para realizar la delimitación del área de estudio, así como para su caracterización general en cuanto a aspectos climáticos. De igual manera permitió tener una visión general del páramo de Bordoncillo correspondiente a la cuenca Alta del río Pasto.

Por otro lado, esta fase también permitió acceder a la información cartográfica digital de la zona en estudio, correspondiente a la aplicación de SIG que se realizó en la formulación del POMCH del río Pasto por parte de CORPONARIÑO.

5.4.2 Fase 2: Trabajo de campo. El trabajo de campo básicamente consistió en realizar un recorrido por algunos lugares del páramo de Bordoncillo, área correspondiente a la cuenca Alta del río Pasto, para la toma de puntos con GPS, con el fin de que éstos sirvan de muestra como referencia de la cobertura vegetal de la zona de estudio, y permitan una mejor interpretación de las imágenes de satélite. Además de lo anterior, esta fase también permitió un conocimiento del páramo y sus tipos de cobertura.

5.4.3 Fase 3: Procesamiento digital de imágenes. Para el desarrollo de esta fase del trabajo, se utilizaron dos imágenes satelitales: una Imagen Landsat, del año 1989 y una Imagen Aster del año 2008 respectivamente, las cuales fueron procesadas con el software ILWIS versión Académica. Este proceso comprendió los siguientes pasos:

a) **Preparación de las imágenes:** en este paso se realizó lo siguiente:

Conversión de formatos y unificación de archivos: en tanto las imágenes satelitales se encontraban en formato TIFF y HDF, fue necesario pasarlas al formato compatible del programa a utilizar para su clasificación, por lo tanto fueron importadas a ILWIS y se generó un archivo para cada imagen.

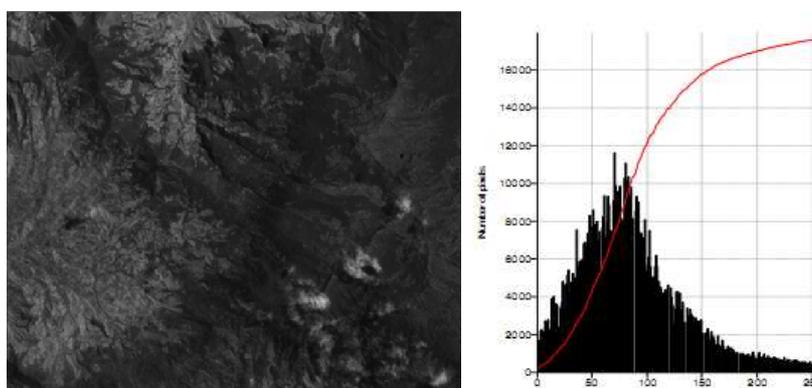
Reproyección: consistió en georreferenciar las imágenes teniendo en cuenta el sistema de proyección nacional que usa Colombia para que sea compatible con la cartografía digital empleada. El sistema de referencia empleado fue MAGNA SIRGAS.

Extracción del área de interés: se realizó teniendo como referencia un archivo en formato Shapefile que delimita la zona de estudio, creado previamente en ArcGis para tal fin. De esta forma, se extrajo una escena que paso a ser la imagen definitiva a ser objeto de análisis.

Realce de la información digital: se aplicó a las imágenes satelitales algoritmos de realce a cada una de las bandas, que tiene como objeto presentar una información más nítida en la cual el aumento de los contrastes o reducción en caso necesario facilitan un mejor análisis o interpretación de los datos; el algoritmo que se utilizó fue la Expansión Lineal. A continuación se calculó el Factor índice óptimo (FIO) que se basa en las matrices de divergencia y correlación para todas las bandas involucradas, que analiza y selecciona las combinaciones de tres bandas que presenta la máxima divergencia y mínima correlación, respecto de todos los valores digitales de la imagen, la combinación en falso color (CFC) seleccionada fue 453 para la imagen de 1989 y 451 para la imagen del 2008.

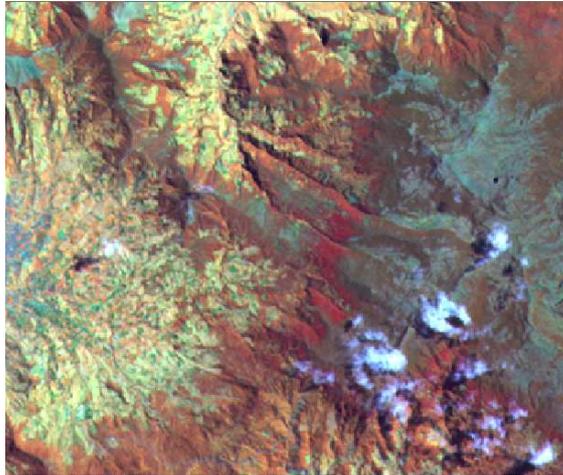
Las figuras 4 y 5 muestran algunos de los procedimientos mencionados realizados a la imagen Landsat de 1989:

Figura 4. Banda 5 de la Imagen Landsat TM de 1989 (expansión lineal)



Fuente: Esta investigación.

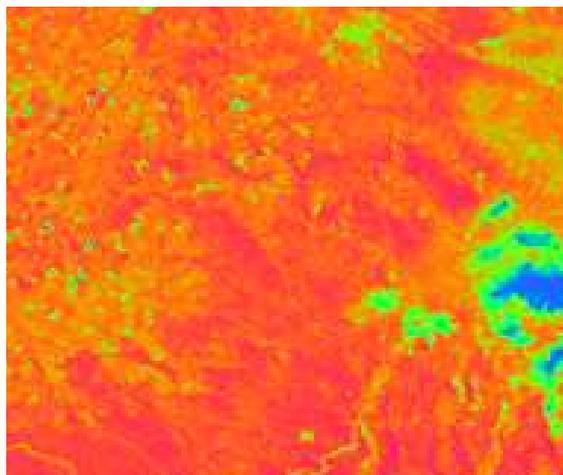
Figura 5. Imagen Landsat-TM de 1989, CFC 453 (combinación de bandas)



Fuente: Esta investigación.

De la misma manera se calculó el Coeficiente Índice de Vegetación (CIV), cuyo objetivo fundamental es eliminar la influencia de la banda del rojo y la del infrarrojo cercano, que pueden camuflar la vegetación, los resultados obtenidos presentan un escalonamiento respecto a la densidad y el verdor de la vegetación, los valores altos corresponden a vegetación densa y muy verde, en la medida en que decrecen los valores, este descenso corresponde a coberturas vegetales de menor densidad y verdor (ver figura 6).

Figura 6. Coeficiente Índice de Vegetación - CIV



Fuente: Esta investigación.

b) Clasificación digital de las imágenes:

La clasificación digital, es la fase culminante del tratamiento digital de las imágenes, y el objetivo principal en la determinación de los cambios de cobertura vegetal en el área de estudio. En esta fase convergen los realces y correcciones realizadas y analizadas precedentemente a fin de obtener como producto la información temática.

Para este trabajo, se ejecutaron las técnicas de clasificación de tipo supervisado. El método supervisado parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio adquirido por el trabajo de campo. Este proceso implicó una etapa de edición de firmas o muestreo de píxeles de entrenamiento y una etapa de asignación. Para el muestreo se utilizó la CFC que mejor permitió discriminar los tipos de cobertura en cada una de las imágenes, CFC 453 para 1989 y CFC 451 para 2008 respectivamente. La asignación se realizó aplicando varios algoritmos que combinan reglas de decisión entre ellas el clasificador de cajas o paralelepípedo, mínima distancia o vecino más próximo, máxima probabilidad y distancia de mahalanobis. Las coberturas identificadas en el área de estudio corresponden a: Páramo (frailejónal – pajonal); Subpáramo (matorral - arbustal); y Bosque altoandino intervenido.

Mediante la utilización del software ILWIS se procedió a realizar la correspondiente clasificación de las imágenes utilizando el método de Máxima probabilidad que ofrece la máxima precisión, se basa fundamentalmente en el análisis estadístico, donde define que a cada píxel le corresponda una determinada clase y se le asigne a aquella donde esta probabilidad sea mayor.

Posteriormente se aplicaron los filtros correspondientes para suavizar la imagen clasificada resultante y se convirtió a formato vector (polígonos), para un mejor análisis de los resultados, como el cálculo de áreas y otros procesos posteriores.

Por último, con el archivo en formato shape, que corresponde al polígono que representa el perímetro del área de estudio, se procedió a cortar el área de interés y se la exportó al programa ArcGis.

En esta fase se tuvo en cuenta el trabajo de campo donde se tomaron muestras de coberturas vegetales de la zona de estudio, mediante la toma de puntos con GPS, para obtener mejores resultados en la clasificación.

Fase 4: Análisis, interpretación y presentación de resultados. Esta fase se realizó mediante el análisis espacial de la información resultante de las imágenes clasificadas, para ello se utilizó el programa ArcGis Versión 9.3®. Proceso que comprendió lo siguiente:

Detección de cambios en la cobertura: para la comparación vectorial se emplearon operaciones simples de intersección, unión y combinación entre las capas de los respectivos tipos de cobertura identificadas en las imágenes para las dos fechas, es decir para el año de 1989 y 2008 respectivamente. Este proceso permite determinar la dinámica de la cobertura vegetal en ese período de tiempo.

Edición y análisis de resultados: una vez concretadas las áreas de cambio y de equilibrio en la cobertura vegetal del área de estudio, se procedió a su cuantificación y análisis de distribución. Luego se realiza la presentación de los resultados estadística y cartográficamente.

6. RESULTADOS DEL ESTUDIO

Los resultados del análisis multitemporal de la cobertura vegetal en el páramo Bordoncillo correspondiente a la Cuenca Alta del río Pasto se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 1. Cobertura vegetal páramo Bordoncillo, Cuenca Alta del río Pasto. Período 1989-2008

COBERTURA VEGETAL PÁRAMO BORDONCILLO CUENCA ALTA DEL RÍO PASTO. PERÍODO 1989 – 2008 (201 has)		
COBERTURA EN 1989	HECTÁREAS	PORCENTAJE %
Páramo (frailejonal-pajonal)	134	66.66
Subpáramo (matorral-arbustal)	67	33.33
COBERTURA EN 2008		
Páramo (frailejonal-pajonal)	67	33.33
Subpáramo (matorral-arbustal)	99	49.25
Bosque altoandino intervenido	35	17.41
Total área de estudio Páramo de Bordoncillo	201	100

Fuente: Esta investigación.

Las coberturas identificadas se describen a continuación, teniendo en cuenta el documento del Plan de Manejo del Corredor Andino Amazónico, Páramo de Bordoncillo – Patascoy, La Cocha⁵⁰:

Páramo: hace referencia al ecosistema de páramo zonal, se encuentra el tipo de formación vegetal frailejonal – pajonal. Entre las especies mas abundantes se encuentran: el frailejón con una altura entre 0.6 y 1.40 mts de altura, *Espelletia pycnophylla*, asociado a *Chusquea tessellata*; tipos de pajas como *Callamagrostis efussa*, *Carex sp.* y *Cortadeira nítida*; helechos *Blechnum auratum*; leguminosas *Lupinus sp.*; otras especies como *Loricaria thuyoides*, *Diplostephium adenachaenium*, *Diplostephium floribundum*, *Gentiana engleri*, *Gentiana sedifolia*, *Halenia aff*; un fiel representante de las bromelias está la chupaya *Puya sp.* y un arbusto pequeño conocido como romero de páramo *Hypericum sp.* También se

⁵⁰ CORPONARIÑO Y CORPOAMAZONIA. Op.cit., p. 74-76.

encuentran turberas que la mayor parte del tiempo permanecen muy húmedas, donde domina el estrato herbáceo; están constituidas por agrupaciones de plantas de características hidromórficas, se distribuyen a lo largo de todo el páramo en las partes planas asociadas en muchas ocasiones a las lagunetas características en este tipo de páramo.

Subpáramo: este tipo de cobertura constituye principalmente matorrales y arbustales, con árboles con una altura que no sobrepasa los 3 mts y arbustos de menor tamaño, donde se encuentran las especies, *Weinmannia engleriana*, *Weinmannia multifuga*, *Miconia aff. parvifolia*, *Diplostegium rosmarinifolium*, *Diplostegium floribundum*, *Blechnum auratum*, *Plutarchia angulata*, *Gynoxys sp.*, entre otras. Se encuentran principalmente en las partes onduladas y secas, su cobertura porcentual se encuentra por debajo de la formación frailejónal - pajónal.

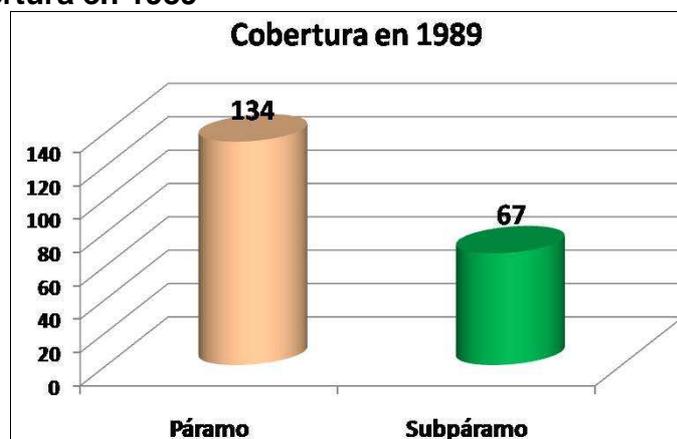
Bosque altoandino intervenido: se caracteriza por que la mayoría de sus árboles y arbustos presentan hojas gruesas y coriáceas con cutículas protectoras. El estrato presente es el arbóreo, cuyos tallos están cubiertos en casi su totalidad por musgos y epífitas, también, se encuentran algunas rastreras que no sobrepasan los 20 cm del suelo. Se encuentran entre otras, las siguientes especies: granicillo (*Hedyosmum granizo*), amarillo (*Miconia theaezans*, *M. ochracea*), encinos, (*Weinmannia engleriana*, *W. rollotti*), chaquilulo, (*Cavendishia bracteata*), *Psamisia*, cerote (*Hesperomeles*).

Para una mejor comprensión de los resultados, se analiza cada una de las unidades de cobertura identificadas en cada período respectivo:

6.1 COBERTURA EN 1989

En este periodo se presentan dos tipos de cobertura como son: Páramo, con una superficie de 134 hectáreas equivalentes al 66.66 % del total del área de estudio; y Subpáramo con 67 hectáreas que equivalen al 33.33 % del total. Tal como se puede apreciar en la siguiente gráfica:

Gráfica 1. Cobertura en 1989

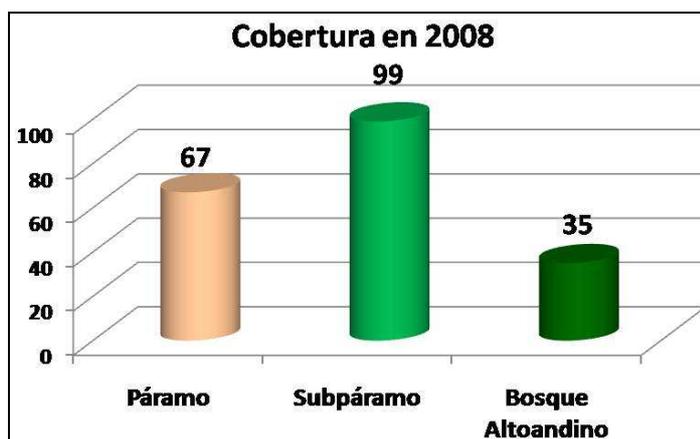


Fuente: Esta investigación.

6.2 COBERTURA EN 2008

Para el año 2008 los resultados muestran tres tipos de cobertura como son: Páramo con una superficie de 67 hectáreas que corresponden al 33.33 % del total del área estudiada; Subpáramo con 99 hectáreas que representan el 49.25 % del total; y aparece una nueva unidad de cobertura que es Bosque altoandino intervenido, la cual tiene una superficie de 35 hectáreas correspondiente al 17.41 % del total del área.

Gráfica 2. Cobertura en 2008



Fuente: Esta investigación.

Las siguientes son imágenes que muestran el tipo de coberturas determinadas:

Imagen 1. Cobertura de páramo



Fuente: Esta investigación.

Imagen 2. Cobertura de subpáramo



Fuente: Esta investigación.

Imagen 3. Cobertura de bosque altoandino intervenido



Fuente: Esta investigación.

En las figuras 7 y 8 que a continuación se muestran, se puede identificar cada unidad de cobertura en los períodos 1989 y 2008 respectivamente.

Figura 7. Mapa 3: Coberturas en 1989 Páramo Bordoncillo, Cuenca Alta del río Pasto

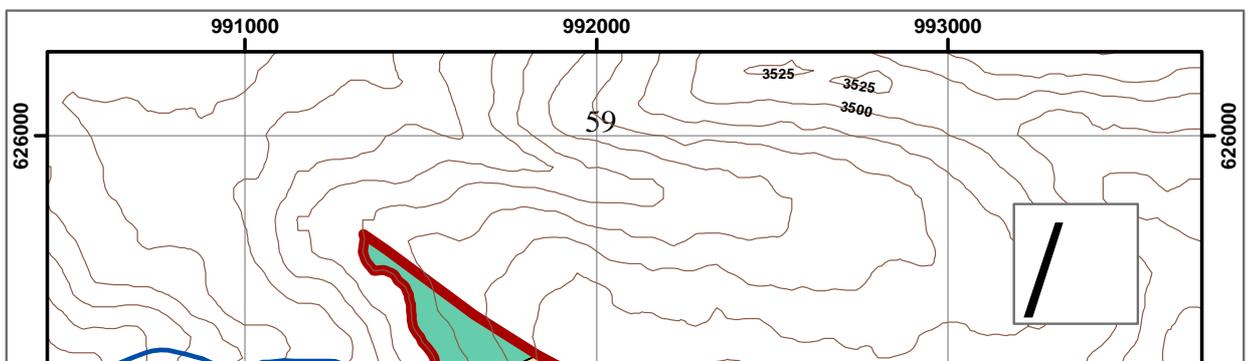
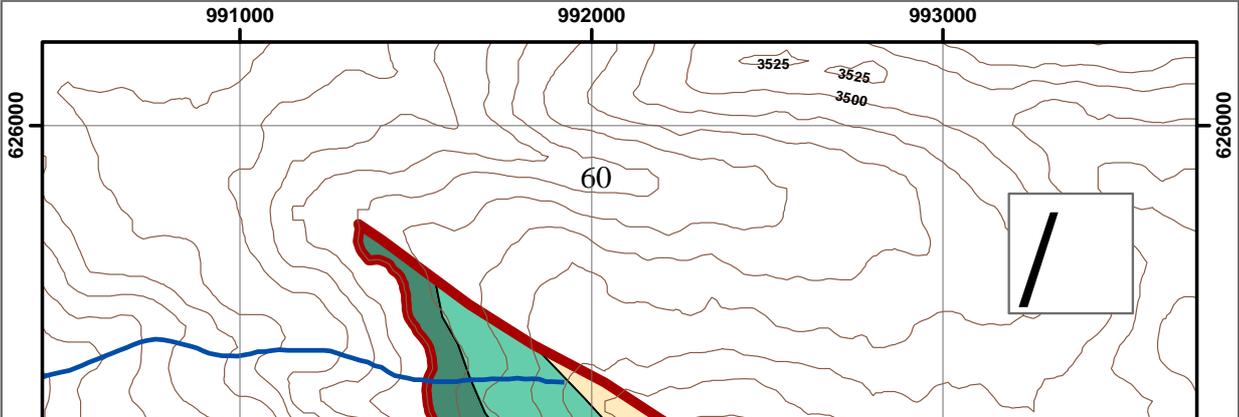


Figura 8. Mapa 4: Coberturas en 2008 Páramo Bordoncillo, Cuenca Alta del río Pasto



6.3 CAMBIOS DE COBERTURA

Los cambios de cobertura, como las áreas que se encuentran sin cambios se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Cambios de cobertura vegetal páramo Bordoncillo, Cuenca Alta del río Pasto. Período 1989-2008

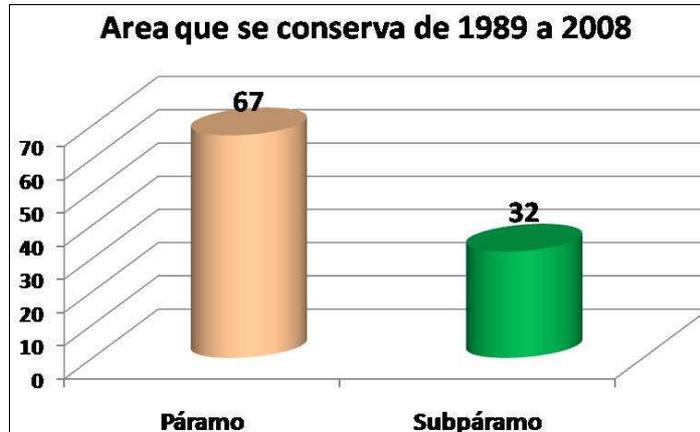
CAMBIOS DE COBERTURA VEGETAL PÁRAMO BORDONCILLO CUENCA ALTA DEL RÍO PASTO. PERIODO 1989 - 2008		
TIPOS DE CAMBIOS	SUPERFICIE	
	HECTÁREAS	PORCENTAJE %
CONSTANTE		
Páramo (frailejonal-pajonal)	67	33.33
Subpáramo (matorral-arbustal)	32	15.92
Total	99	49.25
CAMBIOS		
De páramo a subpáramo	67	33.33
De subpáramo a bosque altoandino intervenido	35	17.41
Total	102	50.74
Total área de estudio Páramo de Bordoncillo	201	100

Fuente: Esta investigación.

De acuerdo a la anterior tabla se deduce que:

El área que se conserva en total es de 99 hectáreas que corresponden al 49.25 % del total del área. De las cuales el área de cobertura de Páramo que se conserva es de 67 hectáreas correspondiente al 33.33 % y el área de Subpáramo que se mantiene constante es de 32 hectáreas, o sea el 15.92 % del total.

Gráfica 3. Área que se conserva en páramo y subpáramo



Fuente: Esta investigación.

Los cambios de cobertura que se presentan y que se pueden evidenciar una vez hecho el análisis multitemporal, y de igual forma se pudo comprobar en el trabajo de campo, se produjeron principalmente por la presión que ejerce la población de este sector de la Cuenca Alta del río Pasto hacia la ocupación del páramo, para el establecimiento y desarrollo de actividades productivas agropecuarias y también por la extracción de madera para leña y producción de carbón vegetal, extracción de plantas medicinales y ornamentales; actividades inadecuadas que han deteriorado desde hace mucho tiempo este ecosistema, ocasionando cambios y disminución de coberturas vegetales originales, contaminación, sedimentación, erosión, destrucción y alteración de hábitats en el área de estudio.

En relación a lo anterior, los cambios de cobertura que se presentan, corresponden a 102 hectáreas, que equivalen al 50.74 % del total del área.

Gráfica 4. Área perdida respecto a 1989



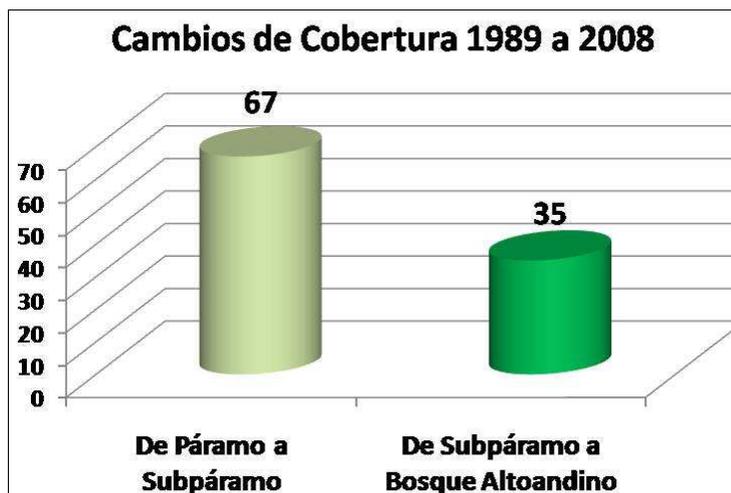
Fuente: Esta investigación.

Los siguientes son los resultados de dichos cambios:

De páramo a subpáramo cambiaron 67 hectáreas, es decir el 33.33 % del total.

De subpáramo a bosque altoandino intervenido cambiaron 35 hectáreas que equivalen al 17.41 % del total (ver Gráfica 5).

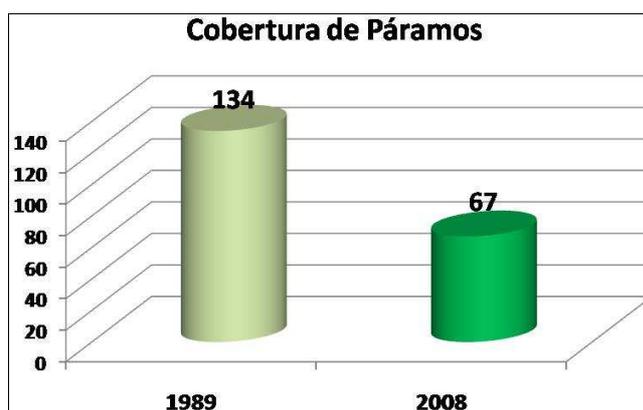
Gráfica 5. Cambios de cobertura



Fuente: Esta investigación

La cobertura de páramo fue la que más cambio sufrió en el período de 19 años, pues para el año de 1989 se tenía 134 hectáreas y para el año 2008 su área se redujo a 67, esto muestra que este tipo de cobertura se redujo en un 50 %. A razón de 3.52 hectáreas por año.

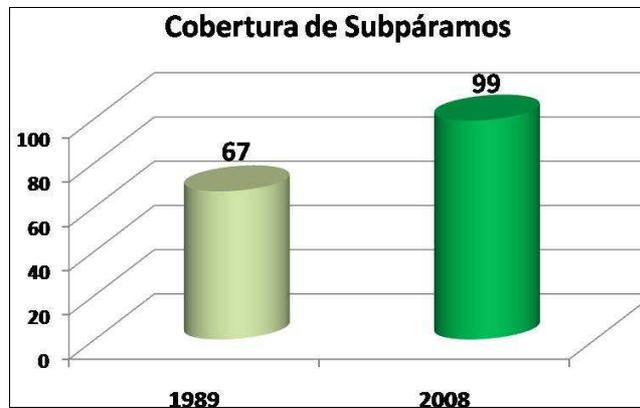
Gráfica 6. Cobertura de páramo en 1989 y 2008



Fuente: Esta investigación

En cuanto a la cobertura de subpáramo, se puede apreciar que su área aumentó, pues en 1989 se tenía 67 hectáreas y para el año 2008 hay 99, aumentó 32 hectáreas.

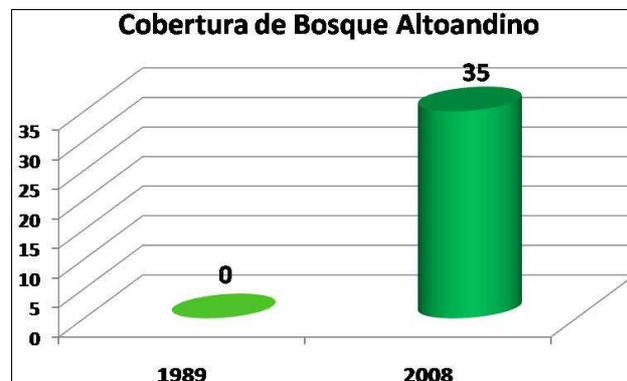
Gráfica 7. Cobertura de subpáramo en 1989 y 2008



Fuente: Esta investigación

La cobertura de bosque altoandino intervenido en el área de estudio no se evidenciaba en el año 1989, pero para el año 2008 se tiene una superficie de 35 hectáreas en esta cobertura, ocupando áreas que antes eran de subpáramo.

Gráfica 8. Cobertura de bosque altoandino en 1989 y 2008



Fuente: Esta investigación

Los resultados de cambio de cobertura se pueden apreciar en las figuras 9 y 10 respectivamente:

Figura 9. Mapa 5: Cambios en cobertura de Páramo 1989 a 2008

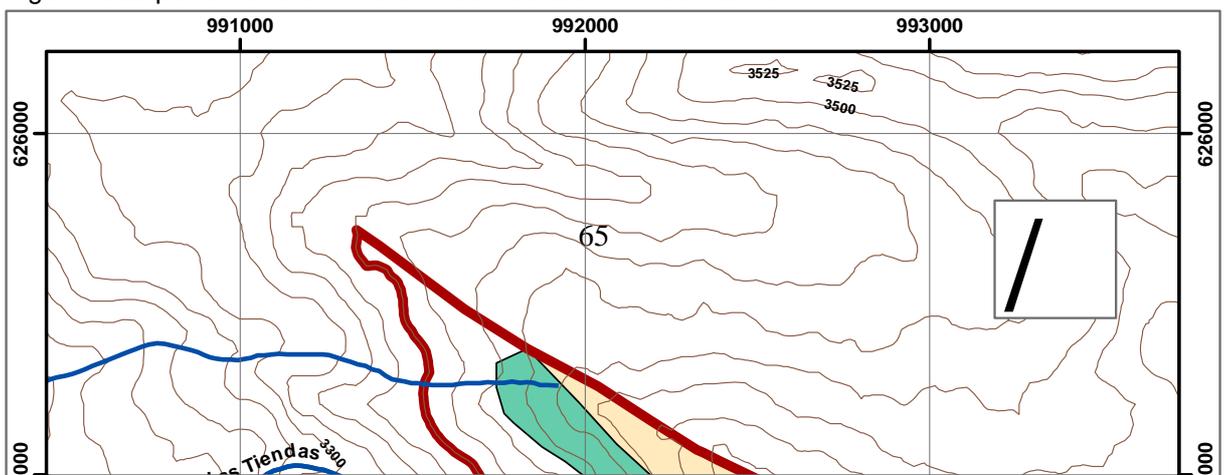
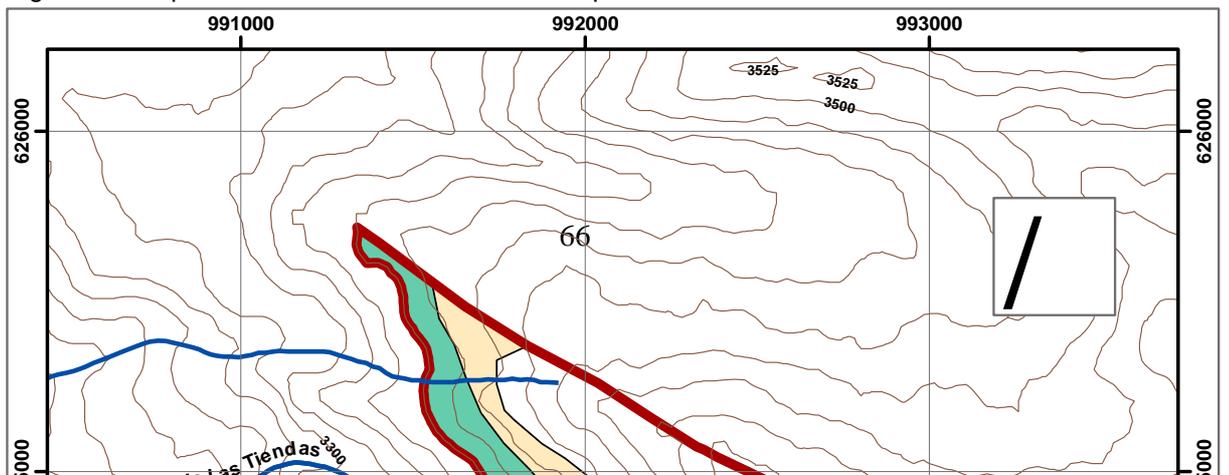


Figura 10. Mapa 6: Cambios en cobertura de Subpáramo 1989 a 2008



Por último, y en términos generales, se puede precisar que el páramo, como un ecosistema de alta fragilidad, y debido a su lenta recuperación natural, es susceptible a los cambios y la degradación por acción antrópica, siendo esta la principal causa de la degradación, alteración y en algunos casos desaparición de estos biomas. Para el caso particular el área del páramo Bordoncillo

correspondiente a la Cuenca Alta del río Pasto, se vio afectada por la acción inadecuada del ser humano, manifestándose en un cambio en su cobertura vegetal original característica de este ecosistema.

Por su parte, el uso de imágenes de satélite en análisis multitemporales o dinámica de coberturas, se ve facilitada por el aspecto temporal de las imágenes disponibles. Pues los compuestos temporales de dos o más imágenes, de fechas diferentes, permiten reconocer características relacionadas a cambios que han sufrido la cobertura y los usos de la tierra en un determinado lugar.

6.4 CONSIDERACIONES PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DEL PÁRAMO BORDONCILLO, CUENCA ALTA DEL RÍO PASTO

El páramo Bordoncillo, al ser un ecosistema de gran importancia en la captación de agua y la regulación del ciclo hidrológico, vital para el equilibrio ambiental de

plantas y animales y por ende del ser humano, que dependen del abastecimiento hídrico para su supervivencia y calidad de vida, puede ser manejado de una manera sostenible teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Promover un manejo adecuado, involucrando a los actores sociales e institucionales, para conservar, recuperar, proteger y aprovechar con criterios de sostenibilidad el páramo de Bordoncillo, recalcando su importancia como ecosistema estratégico por sus características físico-bióticas y ecosistémicas, para la cuenca del río Pasto.

Promover la educación ambiental en las poblaciones aledañas al páramo de Bordoncillo, desde la enseñanza primaria, con miras a crear una cultura ambiental de protección de este ecosistema. Igualmente crear espacios de formación y capacitación en materia ambiental para otros actores de la comunidad como jóvenes y adultos, teniendo en cuenta la perspectiva de género.

Propiciar acciones encaminadas a mejorar el grado de conocimiento y sensibilización de la comunidad frente a la problemática socioambiental del páramo, para el adecuado manejo y utilización de sus recursos naturales.

Implementar en los Proyectos ambientales escolares (PRAES) de las instituciones educativas que tienen influencia en el páramo Bordoncillo, programas encaminados a crear una cultura ambiental para la protección, conservación y manejo sostenible de este ecosistema.

Fomentar el ecoturismo que sirva como alternativa económica a los habitantes de la zona y de esta manera disminuir la presión que se ejerce sobre el páramo de Bordoncillo. Esta actividad puede ser viable si es previamente planificada y controlada con un seguimiento constante de las instituciones competentes.

Se debe garantizar la participación activa de la comunidad en procesos de planificación y manejo de este ecosistema estratégico.

Dar cumplimiento a las políticas y proyectos contemplados en el Plan de manejo ambiental que existe para el corredor andinoamazonico páramo de Bordoncillo – cerro de Patascoy, y en el POMCH del río Pasto.

Dar cumplimiento por parte de las entidades competentes para tal fin, a la normatividad existente, referente a la protección de zonas que están por encima de los 3000 msnm, que comprende toda el área de estudio.

Formular y ejecutar proyectos participativos, involucrando a los diferentes actores sociales e institucionales, que generen alternativas económicas y productivas para mitigar la presión sobre los recursos del páramo.

7. CONCLUSIONES

En el área de estudio se observa un retroceso en la cobertura de páramo, que en el año de 1989 contaba con 134 hectáreas y hacia el año 2008 disminuyó a 67, es

decir que en 19 años perdió la mitad de su cobertura vegetal, con un promedio de 3,52 hectáreas por año. El subpáramo a su vez ha reemplazado la vegetación de páramo perdida, pasando de 67 hectáreas en 1989, a 99 en el 2008. El bosque altoandino que no figuraba en el estudio en 1989, para el año 2008 ha colonizado 35 hectáreas que correspondían al subpáramo, dándonos una idea del desequilibrio existente en la zona de estudio del páramo Bordoncillo en la Cuenca Alta del río Pasto.

Se observa un cambio en la vegetación del páramo y subpáramo en la zona de Bordoncillo entre el año 1989 a 2008, en gran medida por las actividades antrópicas presentes, como son la ampliación de la frontera agrícola, la ganadería y la extracción de leña para carbón vegetal, principalmente en el subpáramo, lo que ha dado lugar a la colonización de bosque altoandino y vegetación de matorral causando un impacto negativo en el ecosistema paramuno.

El grado de intervención del ecosistema de páramo en el área de estudio se ha incrementado debido principalmente a actividades como la ganadería, la agricultura, y la extracción de recursos vegetales destinados a diferentes usos y aprovechamientos, situación que en un futuro puede afectar el caudal hídrico de las quebradas que afloran en este sector.

El páramo de Bordoncillo se constituye en un ecosistema vital para la población del municipio de Pasto por su importancia como zona de recarga hídrica y fuente significativa que abastece algunos acueductos, sistemas de riego y los procesos productivos agropecuarios, pues en este páramo aflora la quebrada Las Tiendas, que posteriormente irriga sus aguas al río Pasto, abasteciendo de esta manera a numerosas poblaciones, veredas, corregimientos y al Municipio de Pasto.

Debido a la alteración del páramo de Bordoncillo en la cuenca alta del río Pasto se afectan tanto las comunidades vegetales como las de fauna, causando un desequilibrio ecológico en las interacciones que se desarrollan en este ecosistema.

La situación económica y la inasistencia institucional por parte del gobierno, obligan a la población a sobreexplotar los recursos naturales que posee el páramo, aún a sabiendas de la fragilidad y la importancia ecosistémica de este medio natural.

Para monitorear los cambios de cobertura y usos del suelo de ecosistemas importantes como los páramos, la teledetección y los SIG son una herramienta fundamental, además de servir como apoyo en la toma de decisiones sobre la planificación y manejo sostenible de los recursos naturales.

8. RECOMENDACIONES

Los procesos de restauración del páramo deben ser una actividad planificada y dirigida, en la cual se respete la regeneración natural del mismo por sucesión y no se introduzcan especies foráneas.

Realizar estudios a mayor profundidad y con mayor nivel de detalle que permita identificar no solo cambio de cobertura en área, sino también lo relacionado con las especies de flora y fauna que se pueden ver más afectadas por estos procesos.

Fortalecer las instituciones encargadas del manejo y control ambiental en la gestión de recursos para la planificación de ecosistemas estratégicos como son los páramos.

Gestionar recursos del orden nacional e internacional que permitan adelantar programas y proyectos encaminados a la búsqueda de alternativas productivas y económicas que contribuyan a mejorar el nivel de vida de la población y evitar en parte la presión sobre los recursos del páramo y su destrucción.

Es necesario que los procesos de planificación y manejo ambiental del páramo Bordoncillo sean concertados entre todos los actores involucrados institucionales, gubernamentales y sociales, para que en común acuerdo se construyan mecanismos de solución frente a la problemática que se presenta en este ecosistema.

Involucrar a la academia en estudios relacionados con la problemática social, ambiental y económica de este tipo de ecosistemas para posibilitar un mejor entendimiento de los mismos y posibles alternativas de solución.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, Miguel. Fotointerpretación. Asunción: Universidad de la República de Uruguay, 2002. 115 p.

ARCILA, Manuel. Sistemas de información geográfica y medio ambiente. Principios básicos. Cádiz: Universidad de Cádiz, 2003. 106 p.

BOSQUE, Joaquín. Sistemas de información geográfica. Madrid: Rialp, 1994. 450 p.

CASTILLO, Guillermo y RAMÍREZ, Bernardo. Efecto de las quemas sobre la biodiversidad en los páramos. En: Revista de investigación geográfica. Octubre, 1999. no. 1, p. 315-323.

CHUVIECO, Emilio. Teledetección ambiental, la observación de la tierra desde el espacio. Barcelona: Ariel ciencia, 2002. 573 p.

COLOMBIA.ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE. Constitución Política de Colombia (1991). Bogotá: ediciones Momo, 2002. 245 p.

_____. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 136 (2, junio, 1994). Por la cual se dictan normas tendientes a modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios. Diario Oficial. Bogotá, 1994. no. 41377. 232 p.

_____. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99 (22, diciembre, 1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental-SINA y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá, 1993. no. 41146. 150 p.

_____. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 388 (18, julio, 1997). Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989 y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá, 1997. no. 43091. 252 p.

_____. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 0769 (5, agosto, 2002). Por la cual se dictan disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos. Diario Oficial. no.44916. Bogotá, 2002. 7 p.

_____. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1729 (6, agosto, 2002). Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5º de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá, 1993. no. 44893. 9 p.

_____. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto Ley 2811 (18, diciembre, 1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá, 1974. 60 p.

CORPONARIÑO. Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Pasto. Pasto. 2008. 251 p.

CORPONARIÑO Y ALCALDÍA MUNICIPAL DE PASTO. Agenda ambiental del municipio de Pasto. Pasto. 2004. 546 p.

CORPONARIÑO Y CORPOAMAZONÍA. Plan de Manejo del Corredor Andino Amazónico, Páramo de Bordoncillo – Cerro de Patascoy, La Cocha. Como ecorregión estratégica para los departamentos de Nariño y Putumayo. Pasto. 2002, 205 p.

CUATRECASAS, José. El páramo. En: Páramos y bosques de niebla. IV Conferencia Latinoamericana de páramos y bosques altoandinos. Málaga, Santander: [s.n.], 1999. p. 36-39.

FRANCO, Rodolfo. Análisis satelital de los bosques del Carare - Opón. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2004. 90 p.

GONZÁLEZ, Álvaro. Fundamentos de fotointerpretación. 2 ed. Bogotá: Escuela Colombiana de ingeniería, 2007. 130 p.

GUILLÉN, Rovell, et al. Modelación del uso de la tierra para orientar el ordenamiento territorial en la subcuenca del río Copán, Honduras. En: Revista recursos naturales y ambiente. Marzo, 2004. no. 41, p. 122-129.

HENAO SARMIENTO, Jesús. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá: universidad Santo Tomás, 1988. 394 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Conceptos básicos sobre Sistemas de Información Geográfica y aplicaciones en Latinoamérica. Bogotá: IGAC, 1998. 81 p.

_____. Guía metodológica para la formulación del plan de ordenamiento territorial urbano aplicable a ciudades. Bogotá: Linitopia, 1996. 280 p.

_____. Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra. Bogotá: CIAF, 2005. 156 p.

La cobertura vegetal en la cuenca del Canal de Panamá. [en línea].s.f. [citado 2 de agosto de 2010]. Disponible en la dirección electrónica: <http://www.geoinstitutos.com/art_03_cober2.asp>.

MEDINA, Galo et al. Grupo de trabajo en páramos del Ecuador. Quito: Adya Yala, 1999. 45 p.

MELO, Hernando. Coberturas y uso de la tierra, notas de clase. Bogotá: CIAF, 2004. 43 p.

NARVÁEZ, Germán, et al. Grupo de investigación en biología de páramos y ecosistemas andinos. Proyecto estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño. Tomo I. Pasto: Sistema de Investigaciones Universidad de Nariño, 2007. 60 p.

RANGEL. Páramos de Colombia. Gestión ambiental para el desarrollo. Bogotá: [s.n.], 1989. 168 p.

RIAÑO, Orlando. Procesamiento digital de imágenes en ILWIS. [s.l.]: [s.n.], 1990. 45 p.

RODRÍGUEZ, Nelly, et al. Ecosistemas de los andes colombianos. 2 ed. Bogotá: IAVH, 2006. 154 p.

RUIZ, S. Economía política y alta montaña. El páramo un ecosistema a proteger. Bogotá: Códice, 1996. 142 p.