

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 136

26.

FECHA	viernes, 8 de junio de 2018
--------------	-----------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
------------------------	-----------------

TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
--------------------------	------------------

FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
-----------------	------------------------

NIVEL ACADÉMICO DE FORMACION O PROCESO	Pregrado
---	----------

PROGRAMA ACADÉMICO	Tecnología en Cartografía
---------------------------	---------------------------

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Posada Páez	María Camila	1069750752
Rengifo Ramírez	Laura Cristina	1069741642

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Ávila Vélez	Edier Fernando

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 2 de 136

TITULO DEL DOCUMENTO

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON CULTIVOS DENTRO DEL ÁREA PROTEGIDA PARQUE NACIONAL NATURAL SUMAPAZ, EMPLEANDO TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN."CASO PILOTO MUNICIPIO DE PASCA".

SUBTITULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO DE:

Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía

Tecnólogo en Cartografía

ANO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NUMERO DE PAGINAS
27/05/2018	107

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPANOL E INGLES (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLES
1.Teledetección	Remote sensing
2.Agricultura	Agriculture
3.NDVI	NDVI
4.Páramo	Paramo
5.Biomasa	Biomass
6.Ecosistema	Ecosystem

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 3 de 136

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

RESUMEN: En este proyecto, se analiza la evolución de la dinámica vegetal sobre las coberturas que han sido modificadas por algunas prácticas antrópicas como la agricultura, este es el caso de la zona de reserva natural Sumapaz, un ecosistema que protege al paramo más grande del mundo (SUMAPAZ, 2017), con una extensión de 333.420 Hectáreas (Ha), capaz de abastecer agua a Bogotá. Para llevar a cabo la identificación de áreas con cultivos que se encuentran en la intersección entre el municipio de Pasca y El Parque Natural Nacional Sumapaz, se utilizaron 3 imágenes satelitales de los años 1991 que corresponde al sensor remoto Landsat 5 TM, 2014 obtenida de la plataforma satelital Landsat 8 OLI y 2018 proveniente del programa Copérnico SENTINEL 2A, procesándolas y calibrándolas radiométricamente para aplicar el índice de vegetación de diferencia normalizada o NDVI sobre cada una, clasificando los valores obtenidos a partir del algoritmo NDVI, de esta manera se observó el incremento de los cultivos, y el cambio en las coberturas vegetales, resaltando que la fauna que compone este ecosistema es principalmente el frailejón, un receptor de agua con una función imprescindible para la conservación del área de reserva natural (SUMAPAZ, 2017).

Palabras clave: teledetección, agricultura, NDVI, páramos, biomasa, ecosistema.

ABSTRACT: In this project has been analyzed the evolution of the vegetable dynamic about the coverings that have been modify for some antropics practics too the agriculture, these is the case of the natural reserve zone sumapaz, an ecosystem that look after to the biggest param of the world(SUMAPAZ, 2017),with a length of 333.420 hectare of the 142.112 Ha that are located in the reserve zone, capacious of proportion water to Bogota; for to realize the identification of areas with cultives that is localized in the intersection between the town of Pasca and the national park Sumapaz, was used 3 satelital images of the years 1991, 2014 and 2018, to prosecuted and calibrated them radiometricaly to apply the NDVI on every

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 4 de 136

one, classifying the values obtained from the number employed, of these manner it was the increase of the cultivates, and the change on the vegetable coverings, to jutting out that the fauna that composite this ecosystem is principally the frailejon, an admissor of water with a necessary function for the preservation of natural reserve area Sumapaz (SUMAPAZ, 2017).

Keywords: *remote sensing, agriculture, NDVI, páramos, biomass, ecosystem.*

AUTORIZACION DE PUBLICACION

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 5 de 136

otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, *“Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”*, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 6 de 136

publicado. **SI** ___ **NO** __.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACION
<p>Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:</p> <p>a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).</p> <p>b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.</p> <p>c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.</p> <p>d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros, respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.</p> <p>e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.</p> <p>f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.</p>

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 7 de 136

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON CULTIVOS DENTRO DEL ÁREA PROTEGIDA PARQUE NACIONAL NATURAL SUMAPAZ, EMPLEANDO TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN.”CASO PILOTO MUNICIPIO DE PASCA”.pdf	Texto.
2.	
3.	
4.	

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 8 de 136

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
Posada Paez Maria Camila	Maria Camila Posada Paez.
Rensifo Ramirez Laura Cristina	Laura c Rensifo.

12.1.50

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 9 de 136

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON CULTIVOS DENTRO DEL ÁREA PROTEGIDA PARQUE NACIONAL NATURAL SUMAPAZ EMPLEANDO TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN. “CASO PILOTO MUNICIPIO DE PASCA”.



MARIA CAMILA POSADA PAEZ cód.190212220
LAURA CRISTINA RENGIFO RAMIREZ cód.190212121

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFIA
FUSAGASUGÁ
2018**

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 10 de 136

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON CULTIVOS DENTRO DEL ÁREA PROTEGIDA PARQUE NACIONAL NATURAL SUMAPAZ EMPLEANDO TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN. “CASO PILOTO MUNICIPIO DE PASCA”

MARIA CAMILA POSADA PAEZ cód.190121220
LAURA CRISTINA RENGIFO RAMIREZ cód. 190212121

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE TECNOLOGO EN CARTOGRAFIA

**DIRECTOR DE PROYECTO
EDIER FERNANDO ÁVILA
Ing. Catastral y geodesta, Mag.**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFIA
FUSAGASUGÁ
2018**

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 11 de 136

Nota De Aceptación.

 Edier Fernando Ávila Vélez, Director de proyecto.

 Adrián Alejandro González Jurado.

 Álvaro Andrés Parra Barreto.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 12 de 136

Agradecimientos

Primeramente agradecemos a Dios por permitirnos obtener este nuevo logro, a nuestro director y jurados por su colaboración y brindarnos sus conocimientos en este proceso culminado y mutuamente agradecemos nuestro compañerismo, dedicación y responsabilidad en el trabajo realizado y el esfuerzo reflejado en este proyecto.

María Camila Posada Páez y Laura Cristina Rengifo Ramírez

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 13 de 136

Dedicatoria

A Dios

A nuestros padres, por su esperanza, su afecto y su Apoyo en esta etapa tan importante de nuestras vidas, para culminar este ciclo académico.

A nuestros hermanos por creer en nosotras

A mi hija que es la que me da el impulso para surgir.

María Camila Posada Páez y Laura Cristina Rengifo Ramírez

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 14 de 136

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	21
ABSTRACT.....	23
INTRODUCCIÓN.....	25
PARQUE NACIONAL NATURAL SUMAPAZ.....	27
1 EL PROBLEMA.....	29
1.1 Descripción del Problema.....	29
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	30
3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	31
4 OBJETIVOS.....	33
4.1 Objetivo general.....	33
4.2 Objetivos específicos.....	33
5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	34
6 MARCO REFERENCIAL.....	35
6.1 Antecedentes.....	35
6.1.1 Técnicas de Teledetección.....	35
6.1.2 Estudio de Cultivos y Coberturas en Areas de Reserva Natural.....	37
6.1.3 Índice de Diferencia Normalizado de Vegetación.....	37
6.1.4 Firmas Espectrales de las Coberturas Vegetales.....	38
7 MARCO TEORICO.....	40
7.1 Imágenes Satelitales.....	40
7.1.1 Teledetección.....	40
7.1.2 Sensores Remotos.....	42
7.1.3 Imágenes Satelitales.....	43
7.1.4 Landsat TM 5.....	48
7.1.5 Landsat 8.....	51
7.1.6 Sentinel-2A.....	52
7.1.7 Índices de Diferencia Normalizada de Vegetacion (NDVI).....	53
7.1.8 Radiacion Electromagnetica.....	55
7.1.9 El Espectro Electromagnético.....	56
7.1.10 Corrección Geométrica.....	58
7.1.11 Clasificación no supervisada.....	58
7.1.12 Clasificación supervisada.....	59
7.1.13 Firmas espectrales.....	59
7.2 Marco Legal.....	61
8 DISEÑO METODOLÓGICO.....	63
8.1 Área de Estudio.....	63
8.1.1 Ubicación espacial.....	63
8.1.2 Universo, Población y Muestra.....	64
8.1.3 Materiales y métodos.....	67
8.2 METODOLOGÍA.....	68
8.2.1 Esquema del Diagrama de flujo.....	68

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 15 de 136

8.3	FASE 1: EXPLORACIÓN.....	70
8.3.1	Búsqueda de las imágenes satelitales.....	70
8.3.2	Descarga de las imágenes satelitales.....	73
8.3.3	Revisión de imágenes satelitales.....	74
8.4	FASE 2: PROCESAMIENTO DE LAS IMAGNES SATELITALES.....	75
8.4.1	Calibracion atmosferica de las imágenes satelitales en Qgis.....	75
8.4.2	Creación de la zona de estudio.....	77
8.4.3	Clasificación no supervisada.....	80
8.4.4	Clasificación supervisada.....	81
8.4.5	Firmas espectrales.....	84
8.4.6	Vectorizacion.....	92
8.4.7	Cálculo de áreas.....	93
8.5	FASE 3: RESULTADOS FINALES.....	94
8.5.1	Unidad Mínima Cartografiable.....	94
8.5.2	Calculo de Indice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).....	94
8.5.3	Reportes Estadísticos.....	97
8.5.4	Mapas temáticos del conflicto de uso.....	108
9	CONCLUSIONES.....	128
10	RECOMENDACIONES.....	130
11	BIBLIOGRAFÍA.....	131

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 16 de 136

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de la teledetección.	42
Figura 2. Tipo de sensores remotos.	43
Figura 3. Imagen satelital Landsat TM 5, de la fecha 4 de diciembre de 1991.	44
Figura 4. Imagen satelital Landsat OLI8, de la fecha 1 de enero de 2014.	44
Figura 5. Imagen satelital SENTINEL-2A, de la fecha 24 de enero de 2018.	44
Figura 6. Resolución espacial.	45
Figura 7. Resolución radiométrica, factores atmosféricos.	46
Figura 8. Resolución temporal, toma realizada por el sensor remoto.	47
Figura 9. Esquema del espectro electromagnético.	56
Figura 10. Comparación de absorbancia de la planta, con respecto al agua y la clorofila que se ubican en las hojas.	60
Figura 11. Comparación de las firmas espectrales de diferentes tipos de especies vegetales.	60
Figura 12. Diagrama de procesos.	69
Figura 13. Servicio nacional de los Estados Unidos, búsqueda de la imagen satelital Landsat TM 5.	70
Figura 14. Land viewer EOS, búsqueda de la imagen satelita SENTINEL-2A.	74
Figura 15. Proceso de Calibración radiométrica para sensor remoto Landsat.	76
Figura 16. Imagen satelital Landsat , corregida radiométricamente.	77
Figura 17. Shape de la Zona de estudio.	78
Figura 18. Basemap, obtenido de ARCGIS.	83
Figura 19. Creación de zonas de entrenamiento.	83
Figura 20. Imagen satelital antes de ser procesada digitalmente.	95
Figura 21. Combinación de bandas, en ArcGIS.	95
Figura 22. Resultado de aplicación del NDVI a las bandas 4 (roja) y 5 (infrarroja cercana) de la imagen satelital Landsat 8.	96

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 17 de 136

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de las bandas espectrales del sensor remoto Landsat TM5	49
Tabla 2 .Aplicaciones del sensor remoto TM 5.	49
Tabla 3. Aplicaciones del sensor remoto TM 5.	50
Tabla 4. combinacion de bandas espectrales del sensor remoto Landsat TM5.	50
Tabla 5. Combinacion de bandas espectrales del sensor remoto landsat TM 5.	50
Tabla 6. Bandas espectrales del sensor OLI.	52
Tabla 7. Bandas espectrales del sensor TIRS.	52
Tabla 8. Informacion de las Bandas espectrales del satelite SENTINEL- 2A.	53
Tabla 9. Resolucion espectral de las bandas espectrales de la imagen satelital Landsat TM5.	71
Tabla 10. Características del sensor remoto landsat TM 5	71
Tabla 11. Aplicaciones del sensor remoto Landsat TM5	72
Tabla 12. Resolucion radiometrica del sensor Landsat OLI y TIRS	72
Tabla 13. caraceristicas delas bandas espectrales del sensor remoto SENTINEL-2A.	73
Tabla 14. Resumen de cálculo de áreas, años 1991, 2014 y 2018.	100
Tabla 15. Porcentaje de las coberturas en la zona de estudio, años 1991, 2014 y 2018.	101
Tabla 16. Índice de vegetación, de cada año.	106
Tabla 17. Índice de biomasa.	107

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 18 de 136

LISTA DE MAPAS

Mapa 1.Zona de estudio.	66
Mapa 2.Ejemplo de recorte de composición, año 2018.	79
Mapa 3.Clasificación supervisada, año 1991.	109
Mapa 4.Clasificación supervisada, año 2014.	110
Mapa 5.Clasificación supervisada, año 2018.	112
Mapa 6. Vectorización de la zona de estudio, 1991.	113
Mapa 7. Vectorización de la zona de estudio,2014.	114
Mapa 8. Vectorización de la zona de estudio, 2018.	115
Mapa 9.Vectorización de la zona de estudio, año 1991.	116
Mapa 10.Vectorización de la zona de estudio, año 2014.	118
Mapa 11.Vectorización de la zona de estudio, 2018.	120
Mapa 12.NDVI aplicado a la cobertura de bosque, año 1991.	122
Mapa 13.NDVI aplicado a cobertura de bosque, año 2014.	124
Mapa 14.NDVI aplicado a cobertura de bosque, año 2018.	126

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 19 de 136

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1.Firma espectral de las áreas con cultivos, imagen satelital Landsat 5TM, año 1991.	85
Gráfica 2.Firma espectral de las coberturas vegetales, imagen satelital Landsat 5TM, año 1991.	85
Gráfica 3.Firma espectral de cuerpo de agua, imagen satelital Landsat 5TM, año 1991.	86
Gráfica 4.Firma espectral de las áreas cubiertas por las nubes, imagen satelital Landsat 5TM, año 1991.	87
Gráfica 5.Firma espectral de los cultivos, imagen satelital Landsat 8 OLI, año 2014.	88
Gráfica 6.Firma espectral de la cobertura vegetal, imagen satelital Landsat 8OLI, año 2014.	88
Gráfica 7.Firma espectral de los cuerpos de agua, imagen satelital Landsat 8 OLI, año 2014.	89
Gráfica 8.Firma espectral de las coberturas vegetales, imagen satelital SENTINEL 2A, año 2018.	90
Gráfica 9.Firma espectral del cuerpo de agua, imagen satelital SENTINEL 2A, año 2018.	91
Gráfica 10.Firma espectral de las áreas cubiertas con cultivos, imagen satelital SENTINEL 2A, año 2018.	92
Gráfica 11.Calculo de áreas de coberturas en Ha, año 1991.	97
Gráfica 12.Porcentaje de coberturas en la zona de estudio, año 1991.	97
Gráfica 13.Calculo de áreas de coberturas en Ha, año 2014.	98
Gráfica 14.Porcentaje de coberturas en la zona de estudio, año 2014.	98
Gráfica 15.Calculo de áreas de coberturas en Ha, año 2018.	99
Gráfica 16.Porcentaje de coberturas en la zona de estudio, año 2018.	100
Gráfica 17.Cálculo de áreas, correspondiente al año 1991.	102
Gráfica 18Gráfica del cálculo de áreas en Ha, año 1991.	103
Gráfica 19.Área total en Ha, año 2014.	104
Gráfica 20.Área total en Ha, año 2014.	104
Gráfica 21.Área total en Ha, correspondiente al año 2018.	105
Gráfica 22.Área total en Ha, año 2018.	106
Gráfica 23.Comparación del índice de biomasa durante los años 1991, 2014 y 2018.	107

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 20 de 136

TABLA DE ECUACIONES.

Ecuación 1.NDVI, índice de vegetación de diferencia normalizada54

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 21 de 136

RESUMEN.

En este proyecto, se analiza la evolución de la dinámica vegetal sobre las coberturas que han sido modificadas por algunas prácticas antrópicas como la agricultura, este es el caso de la zona de reserva natural Sumapaz, un ecosistema que protege al paramo más grande del mundo (SUMAPAZ, 2017), con una extensión de 333.420 Hectáreas (Ha), capaz de abastecer agua a Bogotá. Para llevar a cabo la identificación de áreas con cultivos que se encuentran en la intersección entre el municipio de Pasca y El Parque Natural Nacional Sumapaz, se utilizaron 3 imágenes satelitales de los años 1991 que corresponde al sensor remoto Landsat 5 TM, 2014 obtenida de la plataforma satelital Landsat 8 OLI y 2018 proveniente del programa Copérnico SENTINEL 2A, procesándolas y calibrándolas radiométricamente para aplicar el índice de vegetación de diferencia normalizada o NDVI sobre cada una, clasificando los valores obtenidos a partir del algoritmo NDVI, de esta manera se observó el incremento de los cultivos, y el cambio en las coberturas vegetales, resaltando que la fauna que compone este ecosistema es principalmente el frailejón, un receptor de agua con una función imprescindible para la conservación del área de reserva natural (SUMAPAZ, 2017).

Se determinó que en el municipio de Pasca, donde se observaron las zonas de cultivos más sobresalientes a través de los años ya mencionados, debido a su actividad económica sostenible, es decir, la agricultura, es probable y seguro científicamente que afecten al ecosistema, por causa de los cambios drásticos ocasionados que perturban el suelo, la vegetación y la fauna (Colparques, 2016), pero foto-interpretando de manera digital y utilizando técnicas para la teledetección y el procesamiento digital de imágenes satelitales, se logró obtener resultados que permitieron observar la diferencia que existe entre las tres escenas satelitales, y de esta forma se concluye que la expansión agrícola, ha deteriorado y degradado el área

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 22 de 136

de reserva que ha sido proclamada en Colombia una zona de reserva natural y área protegida.

Agregando por último, un análisis estadístico que permite obtener los valores a los cuales corresponden cada firma espectral, y que señala la ubicación y densidad de biomasa, donde los cultivos se encuentran, y generan los respectivos cambios que se han ido presentando en el área de estudio en los años 1991, 2014 y 2018, que han afectado la zona protegida y posterior a esto, la comunidad que es beneficiada con el abastecimiento de agua.

Palabras clave: teledetección, agricultura, NDVI, páramos, biomasa, ecosistema.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 23 de 136

ABSTRACT.

In this project has been analysed the evolution of the vegetable dynamic about the coverings that have been modify for some antropics practics too the agriculture, these is the case of the natural reserve zone sumapaz, an ecosistem that look after to the biggest param of the world(SUMAPAZ, 2017),with a length of 333.420 hectare of the 142.112 Ha that are located in the reserve zone, capacious of proportion water to Bogota; for to realize the identification of areas with cultives that is localized in the intersection between the town of Pasca and the national park Sumapaz, was used 3 satelital images of the years 1991, 2014 and 2018, to prosecuted and calibrated them radiometrically to apply the NDVI on every one, classificating the values obtained from the number employed, of these manner it was the increase of the cultives, and the change on the vegetable coverings, to jutting out that the fauna that composite this ecosystem is principally the frailejon, an admissor of water with a necessary function for the preservation of natural reserve area Sumapaz (SUMAPAZ, 2017).

It was to determined that in the Pasca town, where were observed the zone of cultives more outstanding through o, f the years mentioned, to must to the supportly economy activity too the agriculture, isscientifically probably and care that affect to the ecosystem, for cause of the drastic changes ocassioned that disturb to floor, the vegetation and the fauna (Colparques, 2016), but photo-interpreting of digital mode and use technics for the teledetection and the digital processing of satelital images, it was achieved to get results that left to observ the difference that exists between the three means, and so it concludes that the agricultural expansion, has been damaged and degraded this reserve area proclaimed in Colombia a natural of reserve zone and protected area.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 24 de 136

It added for last, an statistic analysis that let to get the values to correspondens every spectral signature, and that mark the location and biomass density, when the cultives localited and generate changes that has been showed in the intersection during the years 1991, 2014 and 2018, those have affected this protected zone, after the community benefited with the supply of water.

Keywords: *remote sensing, agriculture, NDVI, páramos, biomass, ecosystem.*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 25 de 136

INTRODUCCIÓN.

El objetivo de este estudio, se encamina sobre las zonas intervenidas por la agricultura dentro del área de la intersección entre el Parque Nacional Natural Sumapaz y el municipio de Pasca Cundinamarca, un área que se desempeña económicamente en el sector agrícola, y por ende, uno de los lugares donde más existen conflictos de uso de la tierra, afectando una gran parte del parque Sumapaz, en su gran mayoría los suelos, la vegetación y fauna que componen este ecosistema (SUMAPAZ, 2017).

Debido a los efectos de la expansión agrícola, uso de agro tóxicos y prácticas antrópicas a través del tiempo, se ha perjudicado la fisiografía y cobertura del suelo del páramo que abastece del recurso hídrico a los departamentos de meta, Cundinamarca y Huila, estos factores conllevan a la contaminación, degradación y eliminación de las cuencas más importantes, causando un desequilibrio en el ecosistema por el uso excesivo de sustancias químicas y fertilizante, que deterioran la tierra, y los principales afectados son las comunidades que habitan en los alrededores de esta zona de reserva natural.

Las técnicas que se emplearon para cumplir con los objetivos propuestos en el procesamiento y análisis de imágenes satelitales, fueron la identificación respectiva de calidad cantidad y desarrollo de áreas con cultivos que se ubican en la zona de estudio, según la CAR la entidad encargada de regular las actividades practicadas en las áreas de reserva natural, hubo intervención en el Sumapaz, ya que la expansión agrícola se estaba esparciendo aproximadamente 20 mil hectáreas del terreno del páramo, además se suma la deforestación que incluye la tala de frailejones, especie que crece un centímetro al año y es vital para la conservación de este ecosistema, la construcción de zanjas para ayudarse con el arado; el uso de fertilizantes que contaminan las fuentes de agua, y las quemadas para que los terrenos puedan dar una

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 26 de 136

buena cosecha (Herrera, 2008), con toda esta información se pudo realizar una comparación con una serie de salidas gráficas elaboradas, donde se puede observar el índice de diferencia normalizada de vegetación o NDVI, y la clasificación supervisada, que permite realzar la totalidad de biomasa a través de su respuesta espectral, y por lo tanto analizar la extensión de los cultivos y la vegetación que se ha ido alterando por causa de esta práctica.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 27 de 136

PARQUE NACIONAL NATURAL SUMAPAZ.

Para comprender más allá, Colparques define la importancia del Parque Natural Sumapaz, especificando que se encuentra en la porción más ancha de la cordillera Oriental, el parque se remonta desde las selvas del piedemonte llanero hasta el Cerro Nevado, un súper páramo que se abriga de nieve después de ocasionales nevadas. (Colparques, 2016).

Se reitera que Sumapaz es uno de los principales ecosistemas de páramos que existen en el país, su incuestionable importancia radica no solo en su atractivo paisajístico, sino porque además éste es uno de los pocos espacios en donde habitan especies únicas de flora y fauna, que por las condiciones del clima, tan solo viven a estas alturas. Aquí se encuentra la mayor reserva biótica en los Andes Colombianos y es una de las mayores reservas hídricas del país. (Colparques, 2016).

Se localiza en la jurisdicción del Distrito Capital y los municipios de Cabrera, Gutiérrez, Arbeláez, San Bernardo y Pasca en el departamento de Cundinamarca; Acacias, Guamal y San Luis de Cubaral en el Meta y Colombia en el Huila. Está conformado por aproximadamente 333.420 Ha, de las cuales solo 142.112 Ha se encuentran protegidas bajo la figura de Parque Nacional Natural Sumapaz (SUMAPAZ, 2017) . Su temperatura varía entre 19°C a 1.500 m s.n.m, y 2°C a 4.300 metros de altura, la precipitación promedio de este área de reserva natural es de 1.248 mm anuales hacia la laguna de Chisacá en el norte; de 1.300 a 2.400 mm en el páramo de la vertiente oriental hasta los 3.500 m y de 800 a 1.000 mm en las cimas; y entre 3.500 y 4.000 mm en la vertiente oriental.

Las poblaciones más cercanas son Usme, Nazareth, San Juan de Sumapaz y Bogotá. Se caracteriza principalmente porque se ubica en la Cordillera Oriental, en donde la actividad glacial de la era cuaternaria o neozoica, fue la causa determinante para

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 28 de 136

diseñar el paisaje que se basa en una planicie ondulada, decorada con numerosos lagos y una diversidad biológica única, además El Parque Sumapaz protege al páramo más grande del mundo, y de esta forma recibe su nombre; en esta reserva natural se destacan especies de flora como el frailejón, el Chusque y asimismo especies de fauna habituales de la región como el curí, el cóndor y el águila real, los dos más grandes representantes de la avifauna de Sumapaz. (Colparques, 2016).

Igualmente, Sumapaz es un rincón de vida, pues por ser un ecosistema tan específico cuenta con innumerables fuentes de agua subterráneas. Un punto a resaltar es el interés de su uso como recurso hídrico, por ende ha sido declarado desde 1977 como Parque Nacional Natural y existen reglamentos que lo cobijan, para protegerlo de la agricultura extensiva que se practica frecuentemente. (Colparques, 2016).

Excavaciones realizadas, demuestran la posible ocupación indígena hace cientos de años y la presencia de Las culturas Muisca y Guape, que habitaron esta región, del mismo modo se encontró muy cerca al área del Parque la balsa de oro de la cultura Muisca "el dorado". (Colparques, 2016).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 29 de 136

1 EL PROBLEMA.

1.1 Descripción del Problema

La expansión agrícola ha causado un impacto en la fisiografía del páramo, la tala de frailejones, la contaminación del agua, los incendios o quemas provocados por los habitantes para obtener un terreno fértil más rápido, generan pérdidas de formaciones arbustivas y la capacidad que tiene el suelo para retener agua, estas acciones están repercutiendo sobre las cuencas que nacen de este ecosistema tan vulnerable y amenazado por el mal uso de agro tóxicos, el principal problema son las practicas antrópicas y la agricultura extensiva llevadas a cabo sin permiso en este área de reserva natural, por comunidades que viven de la actividad económica y ha causado la disminución progresiva de las condiciones naturales de este ecosistema de montaña, y están ocasionando la degradación irreversible del páramo, que permite que más de 15 millones de personas sean beneficiadas del recurso hídrico, además las especies de flora como los frailejones encargados de guardar el agua, son cortados para realizar las respectivas siembras.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 30 de 136

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Según parques nacionales naturales de Colombia, la entidad encargada de conservar preservar y proteger esta área de reserva, hay una dimensión de tipo económica que afecta, destruye y degrada, está compuesta por la introducción y expansión de cultivos a pequeña y gran escala localizados entre la intersección del municipio de Pasca y el área protegida del Sumapaz, adicional a esto hay una ampliación de ganadería extensiva, extracción de flora y fauna, todos estos factores conllevan a la modificación del paisaje natural, de manera perjudicial para la cobertura en estudio, por lo tanto, se observa y se presenta el impacto causado por la contaminación, y las fumigaciones que perturban las cuencas y consigo las coberturas vegetales, todos estos recursos, de los cuales 212 mil hectáreas son un Parque Nacional Natural, que toca terrenos de Colombia (Huila) y de Cubarral, Acacías y La Uribe (Meta), están en riesgo (Herrera, Páramo de Sumapaz, 2008).El principal propósito de este proyecto, es observar ciertas dinámicas que se están presentando en el área de intersección, por medio de cartografía temática, utilizando métodos y técnicas de teledetección, para analizar los cambios debido a prácticas antrópicas, evidenciando los cambios de coberturas en el transcurso de los años 1991, 2014 y 2018.

“Colombia es considerado el país núcleo de los páramos, debido a que posee más de la mitad de la superficie de estos ecosistemas a nivel mundial, casi el 60 %. En el territorio nacional, estos ecosistemas se relacionan con áreas altas, frías, húmedas, nubladas y con diversa vegetación, dentro de la cual está la representativa espeletia, mejor conocida como frailejón.” (Humboldt, 2018), por esta causa se realiza la identificación de cultivos ubicados en la zona de estudio, ya que esta actividad que propicia la tala de frailejones, conlleva al desequilibrio del ecosistema.

La pregunta que surge a raíz de la información anterior es, ¿Cómo se puede mitigar el daño causado en el ecosistema de paramo, debido a la práctica de actividades agrícolas, mediante la utilización y generación de cartografía y técnicas de teledetección?.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 31 de 136

3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Este proyecto tiene como acción esencial, observar la evolución que se ha presentado en el área de estudio, principalmente, en la intersección digitalizada en el mapa 1 (fuente propia), página 50, donde se pueden visualizar las actividades agrícolas que amenazan el ecosistema de paramo, que cumple con la función de almacenar agua y permitir que el suelo obtenga las propiedades más importantes, para mantener una estabilidad mineral y ambiental del ecosistema, por lo tanto, se empleó técnicas de teledetección, foteointerpretación y algunas formas de calcular la dinámica vegetal de las imágenes satelitales, por medio de NDVI y firmas espectrales, de este modo se logró observar de manera algebraica, los valores que representan las coberturas vegetales y áreas de cultivos, que se han incrementado durante los últimos años localizados en la zona de estudio, en el transcurso de los años 1991, 2014, 2018.

Se planteó una serie de resultados obtenidos y las conclusiones elaboradas debido a los NDVI que se concibieron, generando cartografía que representa información del área de estudio que está siendo amenazada, por las practicas llevadas a cabo por el ser humano y donde se encuentra la mayoría de cultivos dentro del parque nacional natural Sumapaz, aportando resultados, donde se puede verificar los perjuicios que se han presentado, principalmente en el año 2014, todo como una muestra de nuevas implementaciones en los procesos de foteointerpretación y a su vez con técnicas de teledetección, llevadas a cabo en la universidad de Cundinamarca.

Cabe resaltar y reiterar, que una porción de la región del Sumapaz fue declarada como parque nacional natural de Sumapaz, y está protegida legalmente por el INCORA, a partir de la resolución 041 de 1968, donde reservó como Parque Nacional Natural un área del páramo de Sumapaz. Posteriormente, por medio del acuerdo N° 022 de 1971 se reservó y se declaró como zona forestal protectora y de bosques de interés general, las áreas del páramo de Sumapaz, cuya ubicación apuntaba a la jurisdicción de Bogotá D.C. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2012) En definitiva, mediante el acuerdo N°. 14 del 2 de mayo de 1977, la Junta Directiva del

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 32 de 136

INDERENA, reservó, alinderó y declaró el Parque Nacional Natural de Sumapaz, resaltando que su único objetivo es la conservación de la flora y fauna, al igual que los complejos geomorfológicos, las expresiones históricas o culturales, todo con fines de índole científico, educativo y recreativo. El ministerio de Agricultura mediante la Resolución 153 del 6 de junio de 1977 aprobó aquel acuerdo. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2012)

Es por ello que se prohibió la adjudicación de baldíos, la venta de tierras, la caza, la pesca y toda actividad industrial, ganadera o agrícola, distinta al del turismo y todas aquellas actividades que el gobierno y las entidades encargadas de preservar zonas de reserva natural y forestal, consideran convenientes para la conservación o de la zona. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2012)

Po lo tanto, el principal objeto de este trabajo, es dar a conocer la importancia de este ecosistema que protege principalmente al Páramo del Sumapaz, que está siendo perjudicado por la agricultura extensiva, llevada a cabo por aquellos que habitan la zona de estudio que debe ser preservado por toda la comunidad, ya que este área de reserva natural es el que abastece de recurso hídrico a los departamentos Cundinamarca, Huila y Meta, (SUMAPAZ, 2017) nuestro deber es cuidarlo e incentivar a la comunidad que no tiene un conocimiento pleno acerca de este tema, a través de la cartografía obtenida a partir del procesamiento de imágenes.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 33 de 136

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general.

Identificar zonas con actividad agrícola dentro del área protegida Parque Nacional Natural Sumapaz, empleando técnicas de teledetección.

4.2 Objetivos específicos.

- Seleccionar imágenes satelitales de los programas Landsat 5 TM- Landsat 8 OLI y SENTINEL 2A, (Copernicus) de la zona de estudio.
- Aplicar diferentes técnicas en el procesamiento de imágenes satelitales principalmente empleando el NDVI y obteniendo firmas espectrales para la foto-interpretación gráfica y digital de cultivos.
- Generar mapas temáticos, a partir de la información foto-identificada en las imágenes satelitales procesadas debidamente.
- Cuantificar áreas de cultivo que están dentro del área protegida del parque Sumapaz, y algebraicamente dar explicación a las dinámicas vegetales, según los criterios científicos.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 34 de 136

5 ALCANCES Y LIMITACIONES.

El obtener las imágenes satelitales fue un arduo proceso, pero se hallaron con las características requeridas, es decir, con un bajo índice de nubosidad, que permitió el procesamiento digital y el análisis de la información necesaria, acerca de las zonas con presencia de agricultura, hallados en el área de reserva natural Sumapaz.

Pudimos obtener la información pertinente, para recopilar datos acerca de la zona de estudio, por medio de las páginas web suministradas por las entidades competentes correspondientes, que se encargan de conservar y preservar las áreas de reserva natural, y que frecuentemente están actualizando la información, para los usuarios interesados en saber acerca del estado de este ecosistema.

Los programas que se utilizaron como ArcGIS y Qgis, fueron de utilidad y permitieron ejecutar los procesos sin ningún inconveniente.

La falencia que se presentó fue de carácter económico y cronológico, puesto que no se logró realizar la verificación de cultivos o validación en campo, debido a la falta de recursos económicos y tiempo, por lo tanto solo se realizó trabajo de oficina, pero se llevó a cabo la clasificación supervisada, que permitió observar los porcentajes en las coberturas.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 35 de 136

6 MARCO REFERENCIAL

6.1 Antecedentes.

6.1.1 Técnicas de Teledetección.

Según La universidad de Murcia, la elaboración de la clasificación del área de estudio en una serie de clases, permite observar los tipos de vegetación, usos del suelo, etc, es uno de los objetivos fundamentales en teledetección. La clasificación en teledetección es, por tanto, un proceso importante y es básicamente solucionar el problema general, donde se debe clasificar un determinado número de cultivos en un conjunto de clases, en función de una serie de variables cuantitativas. El procedimiento de clasificación supone dos tipos, Clasificación supervisada y Clasificación no supervisada. (Murcia, Fotointerpretación y Teledetección, 2006)

También se debe mencionar la importancia del parque natural nacional Sumapaz, ya que nos compete cómo la destrucción de los humedales, es originada por diferentes causas, durante las últimas décadas se han fragmentado y disminuido estos ecosistemas que albergan millones de especies animales y vegetales (Herrera, Páramo de Sumapaz, afectado por sobrepastoreo, talas de frailejón y cultivos de papa, 2008), su principal causa es la actividad humana que se concentra en estas zonas, para la satisfacción de las necesidades de los seres humanos, por medio de la agricultura extensiva.(Durán, 2002).

Siguiendo con esta idea, existe un estudio realizado por la universidad de castilla en España, donde plantea la idea acerca de la combinación de las técnicas de Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica, cómo pueden permitir el desarrollo de una metodología operativa, para cuantificar los cultivos existentes en una zona y observar el incremento de las extracciones de agua subterránea, para riegos agrícolas, (Fernández, 2011).

El sistema que planteó un estudiante, se basa en la obtención de una clasificación de cultivos, mediante el análisis de imágenes del satélite LANDSAT sensor TM. Seguidamente estos datos se integran en un Sistema de Información Geográfica y se

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 36 de 136

cruzan con los valores de necesidades de riego por cultivo, (Fernández, 2011) y estos son calculados en base al conocimiento diario de las precipitaciones y de la evapotranspiración, lo cual permite conocer la distribución espacial y temporal de los consumos hídricos para uso agrícola. (Fernández, 2011).

Otro elemento relacionado con la identificación de las zonas con actividad agropecuaria, es un estudio realizado en la universidad nacional de colombia, acerca de procesos de teledetección de la vegetación en el paramo de Belmira, se puede contemplar la corrección atmosférica y topográfica, del mismo modo, la clasificación de la cobertura vegetal existente en el ecosistema. Asimismo se puede determinar, que la corrección radiométrica permitió obtener valores en radiancia, que pueden ser comparados entre las imágenes satelitales Landsat, creando posible un análisis multi-temporal de la vegetación del páramo de Belmira. (Mesa, 2011) Por su parte, la corrección geométrica disminuyó de manera satisfactoria las deformaciones, con un error promedio de aproximadamente 0.43 píxeles, es decir aproximadamente de 13 m sobre el terreno. (Mesa, 2011) Una vez corregidas las imágenes, el resultado del proceso de clasificación se benefició de observaciones de campo, para su validación, alcanzando una proporción de éstas con el mapa del 80%. Además, en este proceso de clasificación del bosque, se incurrió en un error pequeño, según la matriz de confusión, es decir, sólo un promedio del 20% de los píxeles quedó mal clasificado. No obstante, la calidad de la información disponible se vio afectada, por la presencia de nubes y sombras. Esto indujo errores de clasificación en el proceso no supervisado y obstaculizó la afectación de la cobertura arbustos a las clases supervisadas bosque y no bosque. (Mesa, 2011).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 37 de 136

6.1.2 Estudio de Cultivos y Coberturas en Areas de Reserva Natural.

En un estudio elaborado en la universidad de Cordoba, se puede evidenciar que la agricultura es el principal motor de crecimiento en la mayoría de las economías en vías de desarrollo, y a la vez el sector mayor consumidor de agua, y por ello es un principal factor que conlleva a la destrucción de ecosistemas, (Rios, 2014) por tal motivo, en la actualidad existen distintas plataformas capaces de proporcionar información sobre la vegetación, tales como satélites, que proyectan el estado de la naturaleza, sin embargo, la elección de la plataforma óptima para instalar el sensor, puede influenciar en la calidad de la resolución espacial, espectral y temporal de las imágenes satelitales que se descargarán correspondientes al área de interés sobre el cual se trabajará (Rios, 2014).

Un proyecto hecho por un estudiante de la Pontificia Universidad Javeriana, analizó que según CORPRO AMBIENTAL, la Sabana de Bogotá y sus cerros aledaños, es un área que según la ley 99 de 1993 se debe proteger, no sólo por su valiosa contribución ambiental, sino por su patrimonio histórico y cultural. En esta región existen algunos ecosistemas, que a pesar de estar con algún grado de intervención antrópica son recuperables y de fácil conservación, al ser estimados como ecosistemas estratégicos por su valoración ambiental, (Caro, 2010) es decir que las zonas de reserva natural, deben ser protegidas y respetadas, se debe evitar vulnerar su paisaje y fisiografía, no practicando actividades como la agricultura, la minería, que conllevan a contaminar y amenazan con la desaparición de especies, tanto de flora y fauna respectivamente.

6.1.3 Índice de Diferencia Normalizado de Vegetación.

La revista de teledetección elaboró y publicó un artículo acerca del NDVI, manifestando que la teledetección tiene como objetivo esencial identificar y caracterizar los materiales que se encuentran en la superficie terrestre, asimismo los procesos que se desencadenan sobre ella a partir de la radiación electromagnética

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 38 de 136

procedente de la superficie terrestre, deduciendo que la radiación electromagnética es la combinación de campos eléctrico y magnético que interactúan entre sí, en el caso de la vegetación, ésta emite una radiación electromagnética tomada por el sensor remoto, consecuentemente hay que esclarecer que las coberturas vegetales son reflejadas con la luz solar, una parte de esta es absorbida por la planta y el remanente sufre un proceso de dispersión por todas direcciones, de tal modo, que la energía dispersada emerge por la misma superficie de penetración, concluyendo que el NDVI cumple la función de captar y calcular los valores de reflectancia, debido a la radiación que emite la vegetación que se localiza en el área de estudio, por medio de su respuesta espectral se desarrollan las operaciones algebraicas, sobre los distintos valores de intensidad de radiación electromagnética. (A. 1997).

6.1.4 Firmas Espectrales de las Coberturas Vegetales.

Los argumentos de un artículo elaborado y publicado por Leonardo Araque Torres, aprobado por Colciencias, la radiación solar es la fuente primaria de la energía que se demanda en diferentes procesos biológicos, esencialmente las plantas. La interacción existente entre la radiación solar y las plantas se divide en 3 clases: efectos térmicos, efectos fotosintéticos y efectos foto-morfológicos de la radiación, cerca del 70% de la radiación solar absorbida por las coberturas vegetales, es transformada en calor y posterior a esto es manipulada para conservar su temperatura y para el proceso de transpiración.

La radiación fotosintética activa, es decir, aproximadamente el 28% de la energía absorbida por las plantas es usada en la fotosíntesis, las propiedades ópticas de las hojas de las plantas, dependen del número de factores al que son expuestas, como por ejemplo las condiciones de la radiación, especie vegetal, espesor de las hojas, estructura de la superficie de la hoja, clorofila, contenido de carotenoides de las hojas, unidad interna, etc. (Torres, 2009).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 39 de 136

El principal contacto de radiación es la superficie de las hojas, por consiguiente el valor de la luz es absorbida o transmitida entre las hojas dependiendo de su longitud de onda y de la selectividad de absorción de los pigmentos de la hoja, que posiblemente logran encontrarse enfermas y de acuerdo a esto, la región del espectro visible de la vegetación se caracteriza por baja reflectancia y transmitancia, por motivo de la fuerte absorción de los pigmentos foliares. (Torres, 2009).

Por lo tanto, los pigmentos de clorofila absorben la luz violeta-azul y roja debido a la fotosíntesis, la luz verde es reflejada para el proceso fotosintético, es por este motivo, que en las imágenes satelitales se tornan de color verde las plantas.

La energía absorbida de la parte visible del espectro electromagnético, es usada para sintetizar y procesar los componentes orgánicos que las plantas demandan para mantenerse. (Torres, 2009).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 40 de 136

7 MARCO TEORICO.

7.1 Imágenes Satelitales

7.1.1 Teledetección.

Dentro del procesamiento de imágenes, existe un conjunto de etapas como la supervisión de las imágenes antes de ser procesadas y la calibración radiométrica, puesto que estas son aquellas que inciden directamente en la resolución radiométrica de la imagen, dichas correcciones se hacen necesarias debido a los valores erróneos registrados en la fase de la captura y/o transmisión de la información enviada por el satélite o sensor remoto. (Villar, 1989).

De vuelta al concepto y usos de la teledetección, una de sus aplicaciones se basa en el estudio de los recursos naturales, y se fundamenta en que los elementos de la naturaleza tienen una respuesta espectral propia, que se denomina signatura espectral, y se debe a la humedad relativa que produce la vegetación. De esta forma estudia las variaciones espectrales, espaciales y temporales de las ondas electromagnéticas, y las correlaciones existentes entre éstas y las características de los materiales terrestres. Entre las ventajas proporcionadas por los sensores remotos se destacan, el estudio y observación de la cobertura global y total, también se analiza la perspectiva extensa de la tierra, existe una observación multi-escala, se consulta la información sobre regiones no visibles del espectro, la multi-temporalidad de las observaciones, es decir, el estudio de una zona determinada en distintas fechas, se puede observar la transmisión a tiempo real del planeta y el registro digital de la información. (Chuvieco, Fundamentos de teledetección, 2002).

Un método para investigar y detallar de un modo más potente la cantidad de biomasa, que se encuentra en la zona de estudio, es el índice de vegetación de diferencia normalizada o NDVI, de uso más desarrollado, el cual permite conocer el grado de vigor que tiene la vegetación y la producción de biomasa; El NDVI es una herramienta muy útil para clasificar zonas dentro de un cultivo, permitiendo un manejo diferenciado, por ambientes y clases o rangos, esta herramienta determina si

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 41 de 136

la vegetación se encuentra sana, pero también ratifica la observación del uso del suelo o si ella tiene algún grado de estrés, es decir, factores antrópicos que causan su destrucción e infertilidad . Las diferencias en el vigor pueden estar causadas por déficit hídrico, enfermedades, fertilización, historia de manejo, etc. (Mauverney, 2000)

La teledetección es una forma de lograr obtener información acerca de objetos, tomando y analizando datos, sin que los instrumentos empleados para adquirir los datos, estén en contacto directo con el objeto que se está analizando. (Agency, 2018) existen 5 elementos fundamentales en teledetección:

- Plataforma para sostener el sensor remoto.
- El objeto que se desea observar.
- El sensor remoto para observar el objeto.
- La información que se obtiene con los datos de la imagen, como se utiliza y como se recopila esta información
- La información que se obtiene con los datos de la imagen, cómo se emplea y almacena dicha información. (Agency, 2018)

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 42 de 136

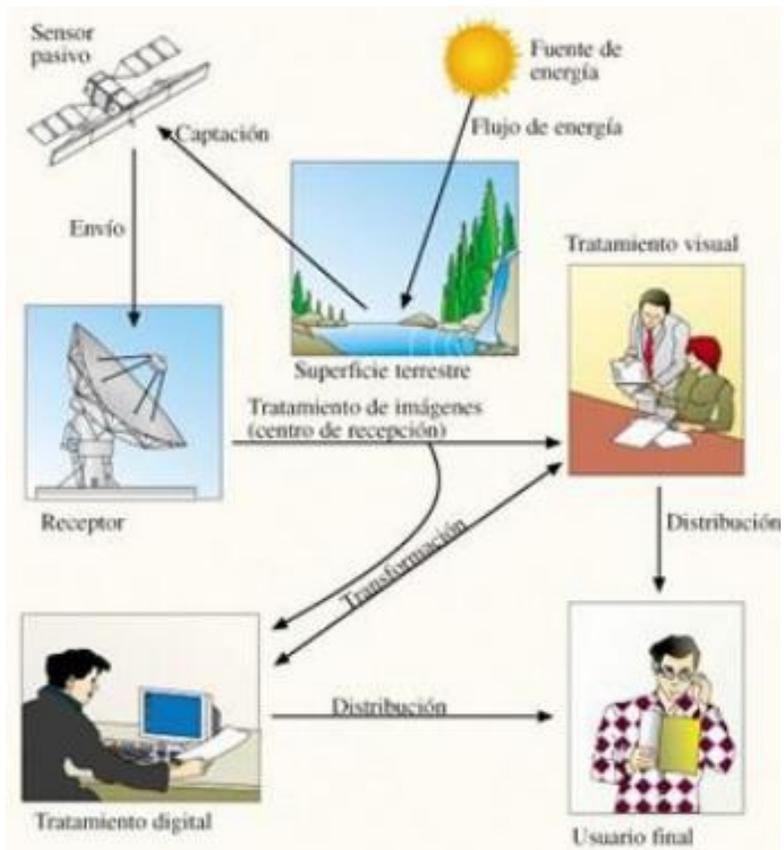


Figura 1. Proceso de la teledetección.
Fuente. INEGI.

7.1.2 Sensores Remotos.

Los sensores remotos se encuentran situados en satélites y posteriormente, emiten la información obtenida de la superficie terrestre y sus cambios para que puedan tratarla e interpretarla, teniendo en cuenta que esta información (Ciencias, 2017) es global, comprendiendo grandes áreas con buena resolución espacial, es objetiva, pues se recoge mediante sensores calibrados, es periódica y se recoge incluso varias veces al día y es digital, de este modo apta para procesarla informáticamente. Según Chuvieco (2008), un sistema de teledetección espacial se compone de los siguientes elementos: Fuente de energía, que supone el origen de la radiación electro-magnética, que detecta el sensor.

La cubierta terrestre que contiene

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 43 de 136

El sistema sensor o plataforma

El sistema de percepción y comercialización

El intérprete que convierte los datos en información de interés

Y el usuario final.

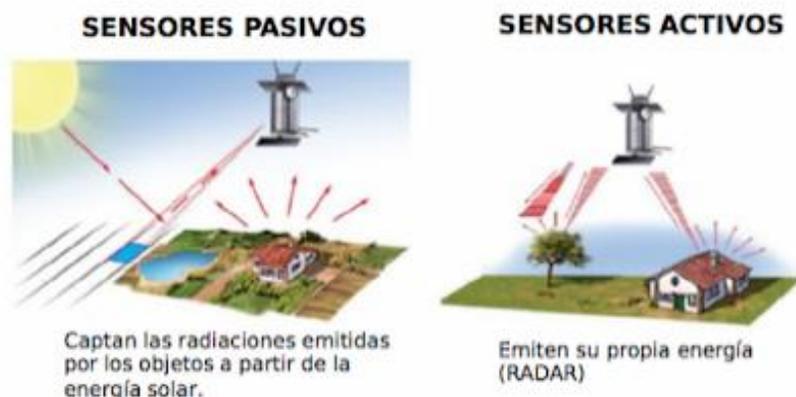


Figura 2. Tipo de sensores remotos.

Fuente . INEGI.

7.1.3 Imágenes Satelitales.

Una imagen satelital puede ser definida como el producto obtenido, por medio del proceso de un sensor remoto instalado a bordo de un satélite artificial y por medio, de la captación de la radiación electromagnética emitida o reflejada por la energía solar, las imágenes posteriormente se transfieren a estaciones ubicadas en las bases, donde realizaron los lanzamientos para su visualización, procesamiento y análisis. ((Bense, 2007)

Los sistemas de percepción remota influyen en la resolución espacial, es decir, el nivel de detalle con que pueden capturar las imágenes, su frecuencia temporal. Se determina que existen 4 tipos de resolución: espacial, espectral, radiométrica y temporal.

Los productos que se utilizaron en el proyecto se mostraran a continuación.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 44 de 136

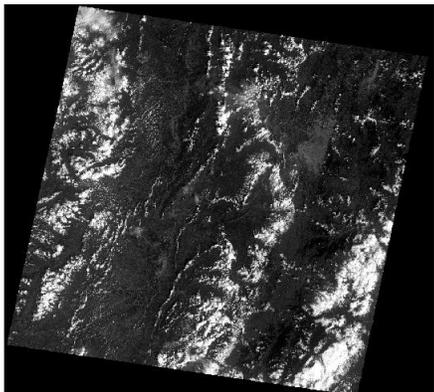


Figura 3. Imagen satelital Landsat TM 5, de la fecha 4 de diciembre de 1991.
Fuente:USGS.

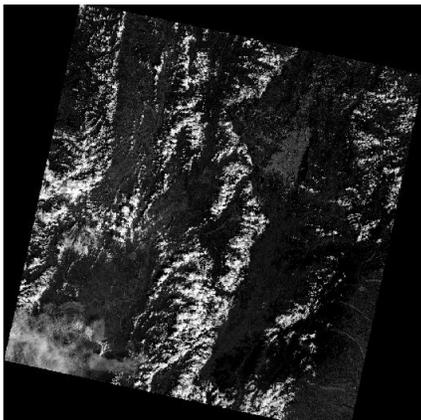


Figura 4. Imagen satelital Landsat OLI8, de la fecha 1 de enero de 2014.
Fuente.USGS.

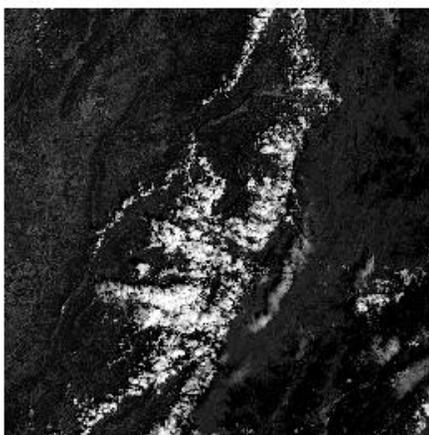


Figura 5. Imagen satelital SENTINEL-2A, de la fecha 24 de enero de 2018.
Fuente. Land Viewer.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 45 de 136

7.1.3.1 Resolución Espacial.

La resolución espacial se entiende, como la finura de los detalles visibles en una imagen satelital, es decir, cuanto menor sea el área terrestre representada por cada pixel en una imagen satelital, mayores serán los detalles que pueden ser captados y por lo tanto, mayor será su resolución espacial. Se pueden presentar diferentes factores que influyan en la resolución espacial, además del sensor y la habilidad resolutive del sistema óptico, se deben tener en cuenta las influencias atmosféricas, índice de nubosidad, factores meteorológicos y los niveles bajos de iluminación, entre otros. (Bense, TELEDET, 2007)

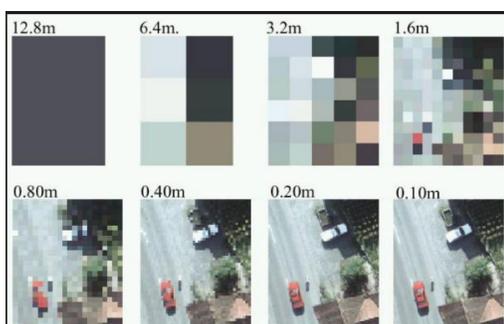


Figura 6. Resolución espacial.
Fuente: IGAC.

7.1.3.2 Resolución Espectral.

Los sistemas de percepción remota están prácticamente diseñados para captar imágenes en determinados rangos de longitudes de onda, denominados bandas o canales. Depende de la aplicación, pueden seleccionarse sensores con bandas relativamente estrechas o anchas. La resolución espectral se describe como el número y ancho de las bandas espectrales registradas por un sensor remoto, es decir que en cuanto más estrecha sea esta banda, mayor será la resolución espectral. Un control o limitación al número de bandas consiste en que cuanto más estrecha sea la banda, menor será la energía que transmite al detector. (Bense, TELEDET, 2007).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 46 de 136

7.1.3.3 Resolución Radiométrica.

También denominada como sensibilidad radiométrica, ya que hace referencia al número de niveles digitales que son utilizados para expresar los datos recopilados por el sensor remoto. Se puede decir que cuando mayor es el número de niveles, mayor es el detalle con que se podrá expresar dicha información.

Los números digitales (DN) están asociados a cada píxel en las imágenes digitales, y estos generan lo que denominamos escala de grises, que en realidad es la escala de niveles digitales adecuados para representar los detalles de la imagen. El número de niveles de grises puede expresarse generalmente en términos de dígitos binarios (bits), los cuales son necesarios, para recolectar el valor del nivel de gris máximo para el caso considerado.

Se debe recordar que un bit es la unidad fundamental de un sistema binario, que emplea sólo los valores 1 y 0. (Bense, TELEDET, 2007).

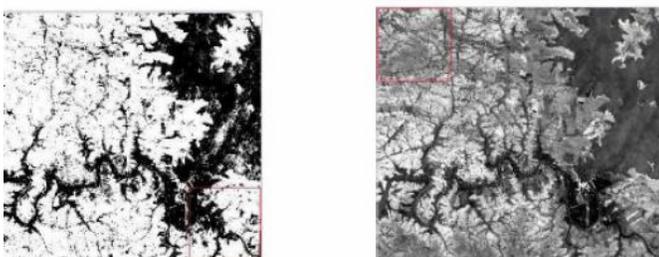


Figura 7. Resolución radiométrica, factores atmosféricos.
Fuente: INEGI. Dirección General de Geografía y Medio ambiente.

7.1.3.4 Resolución Temporal.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 47 de 136

La Resolución Temporal es la medida de la frecuencia, con la que un satélite obtiene las imágenes satelitales de una determinada área. Puede ser llamado intervalo de revisita. La resolución temporal es de gran importancia en el monitoreo de acontecimientos que cambian en períodos relativamente cortos, como por ejemplo las inundaciones, incendios, calidad del agua en el caso de contaminación, desarrollo de cosechas y entre otras; De este mismo modo en áreas cubiertas donde existe un índice de nubosidad constante, como por ejemplo las selvas tropicales, períodos cortos de visita, es decir, las altas resoluciones temporales, incrementan la probabilidad de obtener imágenes esperadas. (Bense, TELEDET, 2007)

Hay distintos tipos de imágenes satelitales, esto depende del tipo de sensor remoto y del objeto de uso con el que fue construido. Existe una extensa gama de tipos de imágenes satelitales, utilizadas actualmente en las más diversas áreas de estudio, y depende de la resolución espacial así como la información espectral que poseen, para lograr un excelente análisis, sus usos van desde el espionaje militar, el monitoreo del cambio climático, monitoreo de incendios e inundaciones, seguimiento de huracanes y tifones, evaluaciones multi-espectrales de vegetación, hasta el hecho de poder visualizar las calles de una ciudad. (Bense, 2007).

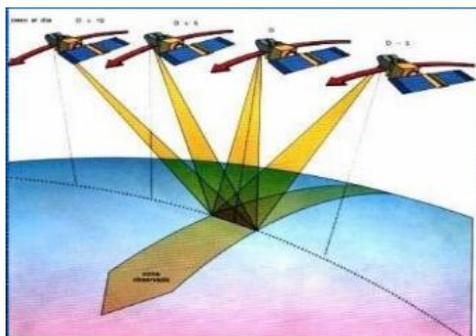


Figura 8. Resolución temporal, toma realizada por el sensor remoto.
Fuente: SPOT 4.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 48 de 136

7.1.4 Landsat TM 5

Este satélite fue lanzado el 1 de marzo de 1984, es el satélite operativo que más tiempo ha durado en órbita. Fue sustituido el 5 de junio de 2013 por el sensor remoto Landsat ETM+ 7. Sus aplicaciones se extienden a campos como la detección de cambios globales, agricultura, calidad del agua y administración de recursos. (GEOCENTO, 2016)

Agregando que el sensor TM es un avanzado sensor de barrido multi-espectral, creado para proporcionar una mayor resolución espacial, mejor discriminación espectral entre los objetos de la superficie terrestre, mayor resolución geométrica y una mejor precisión radiométrica.

Este sensor opera paralelamente en siete bandas espectrales, donde tres pertenecen al visible, una se encuentra en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo termal. Posee una resolución espacial de 30 metros en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 metros en la banda del infrarrojo termal. La escena terrestre registrada por este sensor es también de 185 km. (INEGI. Dirección general de geografía y medio ambiente, 2010)

El satélite está compuesto por dos sensores: Escáner Multi-Espectral (**MSS**) y el Mapeo Telemático (**TM**)

MSS tiene una Distancia Terráquea de Muestreo (GSD) de 60m y el TM tiene una GSD de 30m, ambas con un tiempo de revisita de 16 días.

Los participantes de la misión LANDSAT 5 fueron: LA NASA, NOAA (administración nacional oceánica y atmosférica), EOSAT (Earth Satellite Company, DOI (Departamento de interior), USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos), y los fabricantes GE (General Electrics) y Astrospace y Hughes Santa Barbara Remote Sensing. (Landsat, 2018).

	MACROPROCESO DE APOYO		CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO		VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL		VIGENCIA: 2017-11-16
			PAGINA: 49 de 136

MODO ESPECTRAL	ESPACIAL (metros)	ESPECTRAL (micras)		RADIOMÉTRICA	TEMPORAL
Multiespectral	30	Banda 1 azul:	0.45 - 0.52	8 BITS	16 Días
		Banda 2 verde:	0.52 - 0.60		
		Banda 3 roja:	0.63 - 0.69		
		Banda 4 Infrarrojo cercano1:	0.76 - 0.90		
		Banda 5 Infrarrojo cercano2:	1.55 - 1.75		
		Banda 7 Infrarrojo medio:	2.08 - 2.35		
Termal	120	Banda 6 Infrarrojo térmico:	10.4 - 12.5		

Tabla 1. Características de las bandas espectrales del sensor remoto Landsat TM5
Fuente: INEGI. Dirección General de Geografía y Medio ambiente.

Los canales y sus aplicaciones	BANDAS	BANDA ESPECTRAL (um)	APLICACIONES
	1	0,45-0,52 (azul)	Mapeo de aguas costeras. Diferenciación entre suelo y vegetación. Diferenciación entre vegetación conifera y decidua.
	2	0,52-0,60 (verde)	Mapeo de vegetación. Calidad de agua.
	3	0,63-0,90 (rojo)	Absorción de la clorofila. Diferenciación de especies vegetales. Áreas urbanas y uso del suelo. Agricultura. Calidad de agua.
	4	0,76-0,90 (infrarrojo cercano)	Delimitación de cuerpos de agua. Mapeo geomorfológico y geológico. Identificación de áreas de incendios y áreas húmedas. Agricultura y vegetación.

Tabla 2 .Aplicaciones del sensor remoto TM 5.
Fuente: INEGI. Dirección General de Geografía y Medio ambiente.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 50 de 136

Los canales y sus aplicaciones

BANDAS	FAJA ESPECTRAL (um)	APLICACIONES
5	1,55-1,75 (infrarrojo termal)	Uso del suelo. Medición de la humedad en la vegetación. Diferenciación entre nubes y nieve. Agricultura. Vegetación.
6	10,40-12,50 (infrarrojo termal)	Mapeo de stress térmico en plantas. Corrientes marinas. Propiedades termales del suelo.
7	2,08-2,35 (infrarrojo medio)	Identificación de minerales. Mapeo hidrotermal.

Tabla 3. Aplicaciones del sensor remoto TM 5.
Fuente: INEGI. Dirección General de Geografía y Medio ambiente.

COMBINACIÓN DE BANDAS	APLICACIONES	EJEMPLO
1, 2 Y 3	Esta combinación que utiliza solo las bandas de la porción visible del espectro electromagnético, es la que más se aproxima a los colores reales. Es ideal para realzar información del agua: turbidez, corrientes y sedimentos en suspensión. En esta imagen las tonalidades de color azul claro representan aguas costeras y con sedimentos en suspensión, mientras que los tonos azul oscuro representan aguas más profundas y con pocos sedimentos en suspensión. Las áreas urbanas aparecen en tonalidades marrón claro y la vegetación en tonos verdes.	
2, 3, 4	La banda 4 (infrarrojo cercano) es útil para identificar los límites entre el suelo y el agua. Los cuerpos de agua con sedimentos en suspensión aparecen en tonos azul claro y los que poseen pocos sedimentos en suspensión en azul oscuro. Las áreas urbanas y el suelo expuesto aparecen en tonos azul. También la banda 4 es sensible a la clorofila, permitiendo que se observen variaciones de la vegetación, que aparecen en tonos rojos.	

Tabla 4. combinación de bandas espectrales del sensor remoto Landsat TM5.
Fuente: INEGI. Dirección General de Geografía y Medio ambiente.

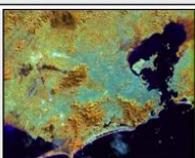
COMBINACIÓN DE BANDAS	APLICACIONES	EJEMPLO
3, 4, 5	Esta combinación con dos bandas en la región del infrarrojo muestra una mayor diferenciación entre el suelo y el agua. La vegetación se muestra en diversas tonalidades de verde y rosa, que varían en función del tipo y de las condiciones de ubicación. Las áreas urbanas y el suelo expuesto se presentan en tonos rosados. El agua, independiente de la cantidad de sedimentos en suspensión, aparece en negro.	
3, 5, 4	Esta combinación, con una banda en la región visible y dos en la del infrarrojo, utiliza las mismas bandas de la combinación 3, 4 y 5; sin embargo, asociadas a colores diferentes, permitiendo una diferenciación de la vegetación en tonos marrones, verdes y amarillos. Las áreas urbanas y los suelos expuestos aparecen en tonos de azul claro, mientras que las áreas inundadas y el agua aparecen en tonos azul oscuros.	

Tabla 5. Combinación de bandas espectrales del sensor remoto landsat TM 5.
Fuente: INEGI. Dirección General de Geografía y Medio ambiente.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 51 de 136

7.1.5 Landsat 8.

El satélite LANDSAT-8 fue lanzado el 11 de febrero de 2013, es un satélite óptico de resolución media, donde su principal objetivo es proporcionar información para actividades relacionadas con la agricultura, la educación, los negocios, la ciencia y también en el ámbito estatal. Es el satélite más completo con respecto al satélite antecesor, LANDSAT-7, y tiene sus funciones mejoradas para monitorizar la calidad del agua y niveles atmosféricos altas.

Cuenta con un tiempo de revisita de 16 días y la distancia de muestreo va desde 15 a 30km y su ancho de pasado es de 185 km. (GEOCENTO S. D., 2016).

Este satélite está compuesto por dos sensores OLI y TIRS.

OLI (Sensor operacional de imágenes de tierra). Este sensor está conformado por 9 bandas espectrales, que van desde lo visible pasando por los infrarrojos, hasta el espectro de radiación de bajas ondas. Con las imágenes de resolución espaciales, que oscilan entre los 15 y los 30m. Landsat-8 suministra y facilita imágenes de satélite de calidad, que podrían indicar los diferentes usos que se le proporcionan a la tierra desde el espacio. (USGS-LANDSAT MISSIONS, 2018)

TIRS está compuesto por dos bandas espectrales, las cuales detectan infrarrojos térmicos, una herramienta muy necesaria para medir la temperatura de la superficie terrestre.

El tamaño de la escena del satélite es 170 km x 185 km (106 mi x 115 mi) y su vida de diseño es de mínimo 5 años. (USGS-LANDSAT MISSIONS, 2018)

El sensor OLI comprende estas nueve bandas, incluyendo la banda pancromática:

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 52 de 136

Banda 1 Aerosol Costero	(0.43 -0.45 μm)	30m
Banda 2 Visible	(0.450- 0.51 μm)	30m
Banda 3 Visible	(0.53 -0.59 μm)	30m
Banda 4 Roja	(0.64 -0.67 μm)	30m
banda 5 Near Infrarrojo	(0.85-0.88 μm)	30m
Banda 6 SWIR 1	(1.57 -1.65 μm)	30m
Banda 7 SWIR 2	(2.11 -2.29 μm)	30m
Banda 8 Pancromática (PAN)	(0.50 -0.68 μm)	15 m
Banda 9 Cirrus	(1,36 -1,38 μm)	30m

Tabla 6. Bandas espectrales del sensor OLI.
Fuente: Landsat -USGS

El sensor TIRS comprende 2 bandas espectrales

Banda 10 TIRS 1	(10.6 -11.19 μm)	100m
Banda 11 TIRS 2	(11.5 -12.51 μm)	100m

Tabla 7. Bandas espectrales del sensor TIRS.
Fuente: Landsat –USGS.

7.1.6 Sentinel-2A.

Es un satélite europeo, y forma parte de la familia de misiones realizadas por ESA (Agencia Espacial Europea), en el programa desarrollado espacial COPERNICUS; Se lanzó al espacio el 3 de junio de 2015, su pareja es SENTINEL 2B ubicado en la misma órbita, pero con la diferencia de 180°.

Este satélite, proporciona una alta frecuencia de revisita de 10 días individualmente y 5 días conjuntamente, su altura de órbita es de 786 km, comprende una resolución espacial que oscila entre los 10y los 60 m. (SM. GEODIM Modelos de información de la tierra, 2014)

Se caracteriza porque lleva una cámara multi-espectral de alta resolución, que se basa en la misma usada en las misiones francesas, realizadas por SPOT y también por los satélites estadounidenses LANDSAT.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 53 de 136

SENTINEL 2A contiene 13 bandas espectrales que permiten obtener una nueva perspectiva de la superficie terrestre y de las coberturas vegetales, utiliza un sistema de barrido a lo largo de la trayectoria para poder generar imágenes de 290 km de ancho, de esta forma poder ofrecer muy altas resoluciones geométricas y espectrales en sus datos. Cuenta con una cámara de dos grandes planos focales, uno en las bandas del visible y del infrarrojo cercano, y otro en el infrarrojo medio, cada uno de estos focos está equipado con 12 detectores para un total de 450.000 pixeles. (SM. GEODIM Modelos de información de la tierra, 2014).

Sensor	Intervalos de longitud de onda (µm)	Tamaño de pixel (m)
SENTINEL 2: 10 metros		
Banda 2	490 nm	10
Banda 3	560 nm	10
Banda 4	665 nm	10
Banda 8	842nm	10
SENTINEL 2: 20 metros		
Banda 5	705 nm	20
Banda 6	740 nm	20
Banda 7	783 nm	20
Banda 8	865 nm	20
Banda 11	1610 nm	20
Banda 12	2190 nm	20

Tabla 8. Información de las Bandas espectrales del satélite SENTINEL- 2A.
Fuente.SM GEODIM.

7.1.7 Índices de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI).

Un método para investigar y detallar de un modo más eficiente la cantidad de biomasa que se encuentra en la zona de estudio, es el índice de vegetación de diferencia normalizada o NDVI, de uso más desarrollado, el cual permite conocer el grado de vigor que tiene la vegetación y la producción de biomasa; El NDVI es una herramienta muy útil para clasificar zonas dentro de un determinado área de cultivos, permitiendo un manejo diferenciado por ambientes y clases o rangos, esta

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 54 de 136

herramienta determina si la vegetación se encuentra sana, pero también ratifica la observación del uso del suelo, o si ella tiene algún grado de estrés, es decir, factores antrópicos que causan su destrucción e infertilidad . Las diferencias en el vigor pueden estar causadas tanto por déficit hídrico, enfermedades, fertilización, historia de manejo, etc. (Mauverney, 2000).

Se puede definir al NDVI, como un parámetro que cumple con la función de calcular e identificar las zonas de vegetación, desde los valores de reflectancia a distintas longitudes de onda (Gilalbert, 1997), en nuestro caso se estudiará la evolución, a través del tiempo que ha sufrido la zona de estudio, y observar cómo ha sido alterada, debido a la actividad agrícola. (Chuvieco, Fundamentos de teledetección, 2002).

El índice de diferencia normalizado de vegetación NDVI, se calcula mediante la siguiente expresión Algebraica:

$$\frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

Ecuación 1. NDVI, índice de vegetación de diferencia normalizada.

Fuente: FAO. Org

Donde se indica que:

NIR: Es la banda espectral que comprende el infrarrojo cercano y detalla la alta reflectividad en la biomasa.

R: Es la banda espectral que comprende el visible (rojo).

Por otra parte, el fundamento del NDVI es observar el comportamiento radiométrico de la vegetación, y, teniendo en cuenta la expresión que se debe aplicar para obtener el índice, se alude que una vegetación en un estado de salud aceptable o bueno, se caracteriza por el contraste que existe entre la banda del rojo, la cual es absorbida en su mayor parte por las hojas, esto permite la realización de su respectiva valoración cualitativa. (Gilalbert, 1997)

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 55 de 136

Se estima que el rango de los valores de las reflexiones espectrales se encuentra entre 0 y 1, puesto que la reflectividad del infrarrojo cercano como la del rojo son resultados de la radiación reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral, como efecto de estos rangos de valores, el NDVI varia su valor entre -1 y 1.

El NDVI es un estimador de la fracción de la radiación fotosintética activa, interceptada por la vegetación. (Monteith, 1981).

7.1.8 Radiacion Electromagnetica.

La radiación electromagnética es un factor muy importante, ya que cumple la función de ser transmisor de información en todas las formas de teledetección, por ello se hace necesario realizar un estudio de sus propiedades, donde se puede inferir que la radiación es una de las tres formas de transmisión de energía en la naturaleza, como lo son la conducción, convección y radiación, siendo la única que se transmite sin contacto material entre el emisor y el receptor. (Murcia, fundamentos físicos de la teledetección, 2016)

La radiación electromagnética, se deriva a partir de dos modelos aparentemente contradictorios y a su vez complementarios: el modelo de onda y el de partícula.

El modelo de onda básicamente asume que la radiación se puede producir a partir de los resultados de las oscilaciones, entre los campos eléctrico y magnético en los alrededores de los objetos. (Murcia, UM, 2017)

Mientras el modelo de partícula fue desarrollado por Planck y Einstein, este consiste en que la energía viaja como un flujo de partículas, es decir los fotones, y la energía es transportada por cada fotón, dependiendo del objeto que emite la radiación.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 56 de 136

7.1.9 El Espectro Electromagnético.

Es el conjunto de las longitudes de onda que adopta la radiación suele dividirse en una serie de regiones, ya que las longitudes de onda dentro de las regiones presentan homogeneidad en algunos aspectos. La luz visible se divide en azul, verde y rojo, pero en realidad se presenta una continuidad de colores. La radiación infrarroja se divide en infrarrojo cercano, infrarrojo medio e infrarrojo térmico. El infrarrojo cercano, se basa en que la radiación solar es más indispensable e importante que la radiación terrestre. El infrarrojo térmico, se caracteriza por la radiación terrestre debido al calor de la tierra y tiene más relevancia que la radiación solar. (Murcia, fundamentos físicos de la teledetección, 2016)

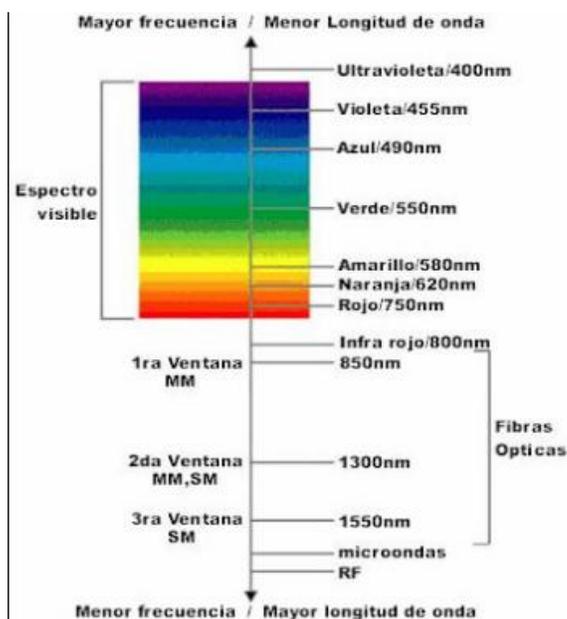


Figura 9. Esquema del espectro electromagnético.

Fuente: INEGI.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 57 de 136

7.1.9.1 Reflectancia.

Es la parte de la irradiación reflejada por la superficie receptora, se puede medir en cantidades y es considerada adimensional, es diferente para cada superficie receptora y para cada objeto. La medida de la reflectancia se puede realizar teniendo en cuenta la semisferia superior de una determinada superficie. (Murcia, fundamentos físicos de la teledetección, 2016).

7.1.9.2 Calibración Radiométrica.

La calibración radiométrica y la corrección atmosférica, son procesos que permiten convertir la información de la imagen principal y original de cada pixel, de niveles digitales a niveles de reflectancia o magnitudes físicas, captada por el sensor en el límite de la atmosfera, por lo tanto sin los efectos de la misma, esto permite que haya una disminución en cuanto a los efectos de dispersión o absorción causados por la presencia de partículas de la atmosfera. (IDEAM, 2015)

Con este proceso, se busca remover el efecto de los diferentes ángulos que inciden por la energía solar y la distancia Tierra - Sol, que emergen a raíz de las diferencias de tiempo de adquisición de las imágenes. Es de vital importancia y necesario, aplicar estos procesos en el caso de utilizar diferentes tipos de sensores, ya que permite que se normalicen aquellas diferencias de valores de la radiación solar, ocasionadas por las diferencias de los rangos espectrales entre las bandas de las imágenes. (IDEAM, 2015)

Con estas correcciones, se pretende minimizar los errores que intervienen en la radiación o en el valor radiométrico de cada objeto captado en la escena. En este proceso de corrección atmosférica, se puede emplear de manera opcional la corrección de neblina y/o la cobertura de nubes, por lo tanto, es necesario verificar con previo aviso la imagen, para detectar índice de nubosidad o neblina debido a los factores meteorológicos. (IDEAM, 2015)

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 58 de 136

El resultado final de este proceso, es obtener una imagen en valores de reflectancia que mejora su calidad y la resolución espectral de los objetos presentes en la imagen corregida, con respecto a la imagen satelital original, por ende, se mejoran los resultados finales del proceso de clasificación digital, generalmente se realiza la calibración para analizar coberturas vegetales. (IDEAM, 2015)

7.1.10 Corrección Geométrica.

Otro tipo de corrección es la de carácter geométrico, tienen como objetivo modificar la geometría de los pixeles, ajustándolos normalmente a un sistema geométrico dado, manteniendo de forma más significativa la radiometría de la imagen original.

Básicamente, este proceso se enfoca en corregir los desplazamientos y distorsiones geométricas que están presentes en una imagen satelital, causados por la inclinación del sensor en el momento de la toma. Otros factores que conllevan a que haya errores, son la influencia del relieve y los errores sistemáticos asociados con la imagen. Esta fase del proceso es determinante, ya que tiene implicaciones directas en la precisión de la posición de los resultados, que se desean obtener en el procesamiento, y en el caso de apreciación de cambios entre coberturas,+ garantiza que los mismos reportados entre dos imágenes de la misma zona y distintas fechas, se deban a cambios ocurridos en las coberturas vegetales que fueron detectadas durante el periodo establecido, y no por diferencias en cuanto a la posición de las imágenes satelitales en el transcurso del tiempo que fueron analizadas. (IDEAM, 2015)

7.1.11 Clasificación no supervisada

Se basa en que no se establece ninguna clase a priori, aunque es necesario determinar el número de clases que se desean establecer, y permitir que las defina un procedimiento estadístico, en un software por medio de un logaritmo. (Univrsidad de Murcia, 2015).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 59 de 136

7.1.12 Clasificación supervisada

En este proceso se deben establecer clases conocidas a partir del reconocimiento de las variables visuales, es decir se marcan unas áreas de entrenamiento que permitirán la generación de las firmas espectrales, es decir, la característica de cada una de las clases establecidas. (Murcia, UNIVERSIDAD DE MURCIA)

7.1.13 Firmas espectrales

Mediante los estudios que se han realizado por algunas universidades, surgen las conclusiones donde se generan los valores en las bandas espectrales de visible 0,4-0,7 micrometros (um) correspondiente cuando la reflectancia es baja, la transmitancia equivale a un valor aproximado a cero; pero la absorbancia es alta, debido a la energía que absorbe la planta al realizar su proceso de fotosíntesis.

Mientras los valores en las bandas espectrales de 0,7-1,35 um asumen que la reflectancia y la transmitancia son altas y la absorbancia es baja, debido a la estructura interna de la hoja.

Los valores en las bandas espectrales del infrarrojo cercano 1,35-2,5um permiten analizar el aumento de la reflectancia y la absorbancia, mientras la transmitancia disminuye, esto ocurre por causa del agua que se encuentra en las hojas de la planta y la estructura interna de la hoja.

Se puede decir, que el comportamiento o la respuesta de cada objeto que está en la superficie terrestre con la interacción de la energía, se denomina firmas espectrales, las cuales cumplen con la función de ayudar en la identificación de cada uno de los objetos ubicados en la superficie de la tierra, es decir, cada objeto tiene una respuesta espectral única.

Por lo cual Las firmas espectrales representan la energía reflejada en cuanto a las longitudes de onda, considerando que ya no tienen defectos atmosféricos. (Teledetección", 1999).

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 60 de 136

Según Edier Fernando Ávila, (Ávila, 2017) docente de la facultad de ciencias agropecuarias, en la Universidad de Cundinamarca, argumenta que las firmas espectrales se pueden denominar como el comportamiento de las ondas electromagnéticas que emiten los objetos ubicados en la superficie terrestre.

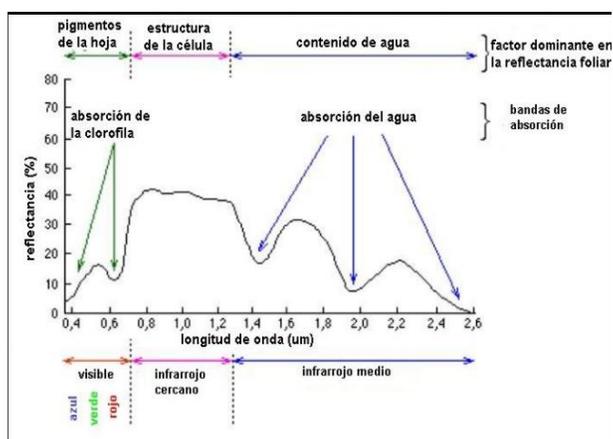


Figura 10. Comparación de absorbancia de la planta, con respecto al agua y la clorofila que se ubican en las hojas.

Fuente: Teledetección Cuantitativa.

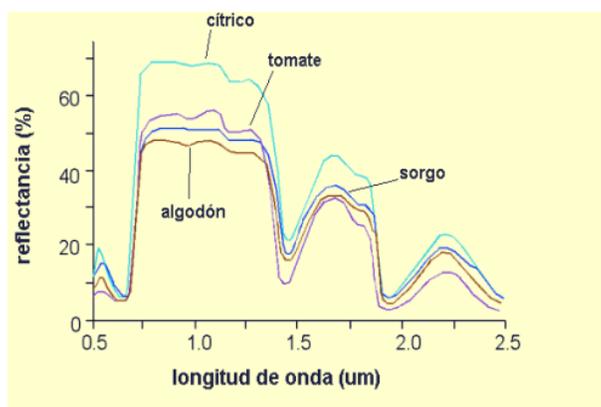


Figura 11. Comparación de las firmas espectrales de diferentes tipos de especies vegetales.

Fuente: Teledetección Cuantitativa.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 61 de 136

7.2 Marco Legal

<p>Según la Constitución Política de 1991, señaló un conjunto de deberes ambientales a cargo del Estado, entre los que sobresalen el artículo 79, estableciendo el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para lograr estos fines. Que adicionalmente establece en su artículo 80, que el Estado debe planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, así como cooperar con otras naciones en la protección de los ecosistemas fronterizos. (Secretaria General de la Nacion , 2015)</p>
<p>la Constitución, consagró además deberes compartidos entre el Estado y los particulares, como la obligación de proteger las riquezas culturales y naturales de la nación prevista en el artículo 8, así como obligaciones a cargo de las personas de manera exclusiva, como la de proteger los recursos naturales del país y velar por la conservación del ambiente sano. (Secretaria General de la Nacion , 2015)</p>
<p>En el artículo 63 de la Carta, señala que los parques naturales son inalienables, imprescriptibles e inembargables. Que por su parte el Convenio sobre Diversidad Biológica, aprobado por la Ley 165 de 1994 tiene como objetivo la conservación de la diversidad, el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados del uso de recursos genéticos. (ANLA & MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO, 2015)</p>
<p>el Decreto ley 2811 de 1974, por el cual se adopta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, contempla unas denominaciones y figuras legales de protección, algunas de las cuales han sido reguladas individualmente y otras que carecen aún de reglamentación, sin una intención o</p>

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 62 de 136

visión sistémica que las vincule, salvo al interior de una categoría que es precisamente el denominado Sistema de Parques Nacionales Naturales, que está integrado por seis tipos de áreas, las cuales se regulan y definen como un Sistema. (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2013)

En el Artículo 10, se contemplan Las Áreas Protegidas Del SINAP. Entre Las categorías de áreas protegidas que conforman el SINAP, están las Áreas Protegidas Públicas y dentro de estas se encuentran las del sistema de parques nacionales naturales. (Departamento administrativo de la funcion publica, 2011)

Según el Artículo 11, El Sistema De Parques Nacionales Naturales, forma parte del SINAP y está integrado por los tipos de áreas consagrados en el artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974. La reserva, delimitación, alinderación y declaración de las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y las acciones necesarias para su administración y manejo corresponden a la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. La reglamentación de las categorías que forman parte del Sistema de Parques Nacionales Naturales, corresponde en su integridad a lo definido por el Decreto 622 de 1977 o la norma que lo modifique, sustituya o derogue. (ministerio de ambiente, 1991)

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 63 de 136

8 DISEÑO METODOLÓGICO

8.1 Área de Estudio

8.1.1 Ubicación espacial

En esta fase preliminar, se realizó un estudio previo del area de estudio, con el objetivo de analizar las características del parque nacional y se determinó que El Parque Nacional Natural Sumapaz (SUMAPAZ, 2017) es uno de los sitios de alta montaña más rico en géneros y especies de flora colombiana, ya que posee un gran número de organismos, muchos de ellos endémicos, que hacen del Parque un reservorio importante de diversidad biológica, ecológica y genética. (Colparques, 2016)

El Parque Nacional Natural Sumapaz, (SUMAPAZ, 2017) abarca aproximadamente el 43% del complejo de paramos más grande del mundo, el complejo de Cruz Verde – Sumapaz, el cual según datos del Instituto Alexander Von Humboldt, se encuentran protegidas bajo la figura de Parque Nacional Natural Sumapaz. Se encuentra ubicado en la cordillera oriental de Colombia, en los 3°45', 4°10' de latitud norte y los 74°30' de longitud oeste. Posee diferentes pisos térmicos, que van desde 1600 hasta 4000 m.s.n.m. Según su división político-administrativa, se encuentra en áreas de los municipios de Pasca, Arbeláez, San Bernardo, Gutiérrez y la localidad 20 del distrito capital en el departamento de Cundinamarca; se ubica también en los municipios de Acacias, Cubarral, Guamal, Lejanías, la Uribe, El Castillo y El Dorado en el departamento de Meta; Según el Instituto Alexander Von Humboldt (2012), esta reserva ecológica, tiene una extensión total de 333.420 Ha, de las cuales solo 142.112 se ubican en el departamento del Meta y en el municipio de Colombia en el departamento del Huila.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 64 de 136

8.1.2 Universo, Población y Muestra.

El municipio de Pasca como zona de estudio, tiene una superficie de 24.550 Ha, de las cuales 2.554 Ha aproximadamente se encuentran dentro del Parque Nacional Natural Sumapaz, lo que corresponde al 6.1% del municipio, su extensión total es de 264.24 Km², mientras su extensión de área urbana corresponde a 0.27 Km² y la del área rural es de 263.97 Km².

Está conformado por 17 veredas y un casco urbano, las veredas Cajitas, Corrales y Juan Viejo tienen áreas dentro del parque. (Pasca, 2012).

Se caracteriza por presentar clima frío cuya temperatura promedio es de 17°C con una precipitación promedio de 873 mm, se encuentra a una altura promedio de 2.180 m.s.n.m. En él se encuentran ecosistemas de paramos, turberas y bosques. El municipio se caracteriza por desempeñar la actividad agropecuaria, siendo el sector primario su principal fuente de ingresos económicos. (Pasca, 2012).

La superficie del Municipio de Pasca se encuentra dividida en los siguientes pisos térmicos:

Páramo con 116.66 kms² que equivale al 44% y Frío con 147.58 kms², que ocupa el 56 % del total del área municipal. (peligro, 2013).

El Piso Térmico de Páramo, hace parte de un ramal de la cordillera oriental, con alturas mayores a los 3500 m.s.n.m, sus principales elevaciones son: Peña Blanca, Los Andes, Tembladales, Peña de la Novilla y La Pica.

El Piso Térmico Frío, se halla en la parte central del municipio, presentando una topografía ondulada y quebrada, con alturas comprendidas entre 2000 y 3000 m.s.n.m, sus principales elevaciones son: Amarillo, Roble y San Cristóbal, el área de este piso térmico es la más apta para las actividades de agricultura y ganadería (Pasca, 2012).

El municipio de Pasca, comprende los ríos Batán, Cuja (quebrada San Joaquín, Angostura y Sabaneta), y Juan viejo (Quebrada los Cubios, Costa Rica, los Salarios, Peñuela y Las Antiguas). “Este municipio cuenta con un gran potencial hídrico

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 65 de 136

agrupado en micro cuencas que drenan las aguas al río cuja el cual es tributario del río Sumapaz”.

Las subcuencas son Corrales (Quebradas Llano Unudo, Trigo, Olla Grande, Condado y Colorados), el bosque (Quebradas La Cajita, La Trolla, Saldúa y Esmeralda), la angostura (Quebradas San Pacho, El Retiro, Sabaneta y San Miguel), La Cajita (tiene varios drenajes sin nombres). Sus principales cuencas hidrográficas son el río Cujá, el río El Bosque, y el río Corrales (Pasca, 2012).

Pasca, limita por el Norte con Fusagasugá, Sibaté, Soacha y el Distrito especial de Bogotá D.C; Por el Este con D.C; Por el Sur con Arbeláez y por el Oeste con Fusagasugá.

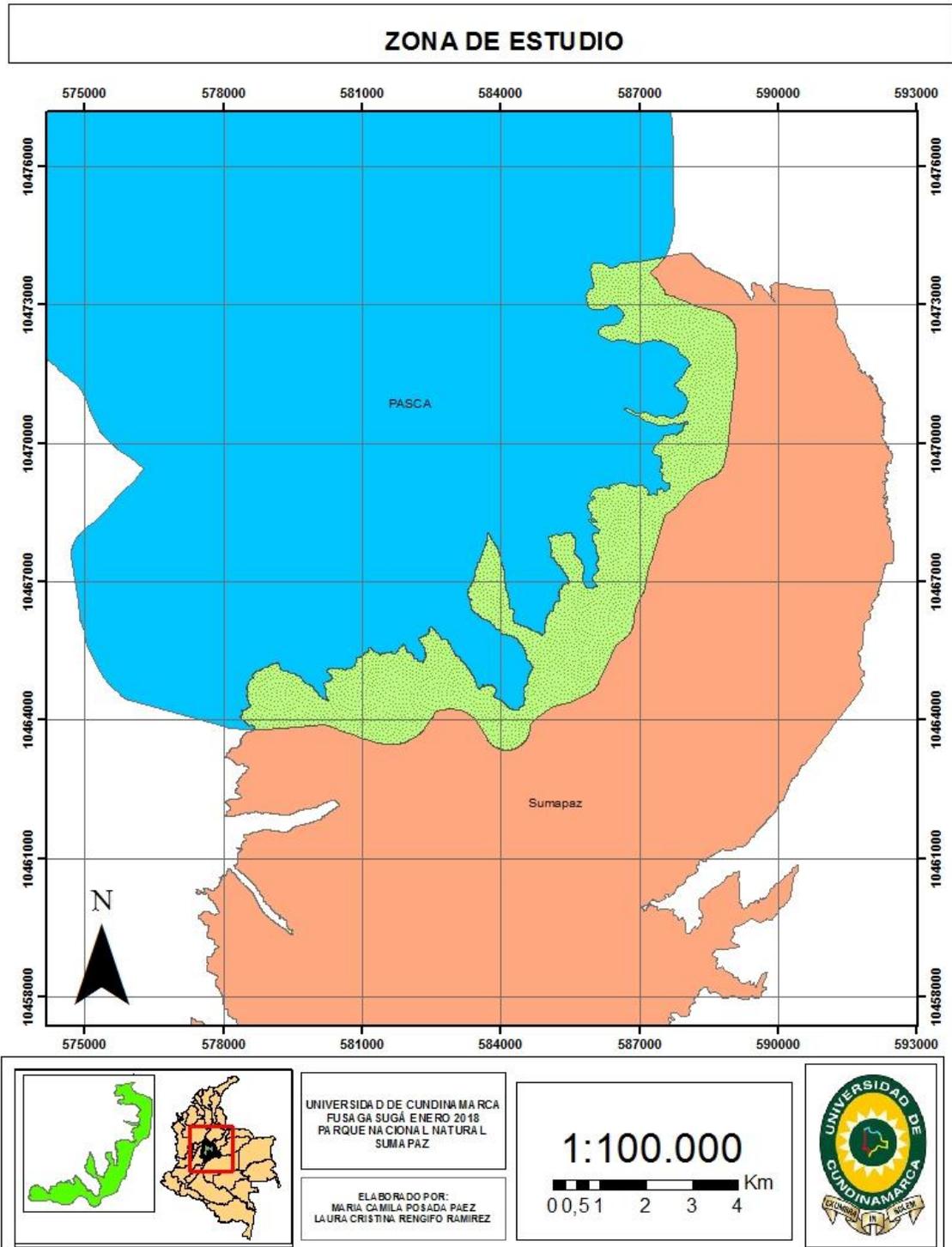
Este municipio, pertenece al conjunto de municipios que conforman la provincia del Sumapaz, junto a Fusagasugá, Arbeláez, Pandi, San Bernardo, Granada, Silvania, Tibacuy, Venecia y Cabrera.

A continuación se observa la zona de estudio entre el municipio de Pasca y El Parque Nacional Natural Sumapaz, elaborada en Arcgis, en la cual se puede observar la capa del municipio de Pasca, y la capa del parque nacional natural Sumapaz, a escala 1:100.000 y un sistema de referencia WGS1984, zona UTM 18N correspondiente a Colombia.



MACROPROCESO DE APOYO
PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

CÓDIGO: AAAr113
VERSION: 3
VIGENCIA: 2017-11-16
PAGINA: 66 de 136



Mapa 1.Zona de estudio.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 67 de 136

Fuente: Propia.

8.1.3 Materiales y métodos

La Fuente de información primaria fueron las imágenes satelitales y las técnicas que se emplearon fueron la teledetección, basada en la aplicación de NDVI, reclasificación y el método de análisis que se empleó fue la vectorización de la zona de estudio, para realizar una clasificación no supervisada respectiva y calcular aproximadamente la cantidad de cultivos existentes.

Se procedió a manipular las tres imágenes satelitales para verificar la actividades agrícola llevada a cabo en la zona de estudio que perjudica el área de reserva natural, para ello se foto-identificaron a través del método picto-morfológico y digital las áreas, donde puede ser posible la presencia de cultivos.

Se requirió información obtenida de la red, acerca de la zona de estudio, tanto del parque nacional natural Sumapaz como del municipio de Pasca, referencias de investigación que abarcan estudios semejantes, realizados por entidades educativas y gubernamentales al igual que sitios web relacionados con teledetección, geografía, corporaciones encargadas del cuidado ambiental y cartografía.

Los equipos que se utilizaron para llevar a cabo el estudio y la identificación los cultivos que se localizan dentro del área de reserva natural, por medio de las imágenes satelitales, fueron los ordenadores en los cuales se instaló el software ArcGis versión 10,3 y QGis versión 2,16.2, previo a esto se debió crear un usuario en USGS o Servicio Geológico de los Estados Unidos, donde se descargaron los recursos es decir las imágenes satelitales Landsat TM5 y Landsat OLI8 al igual que SENTINEL 2A en el visor terrestre Land Viewer, EOS Data analytics.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 68 de 136

8.2 METODOLOGÍA.

8.2.1 Esquema del Diagrama de flujo.

A continuación se presenta el diagrama de procesos.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 69 de 136

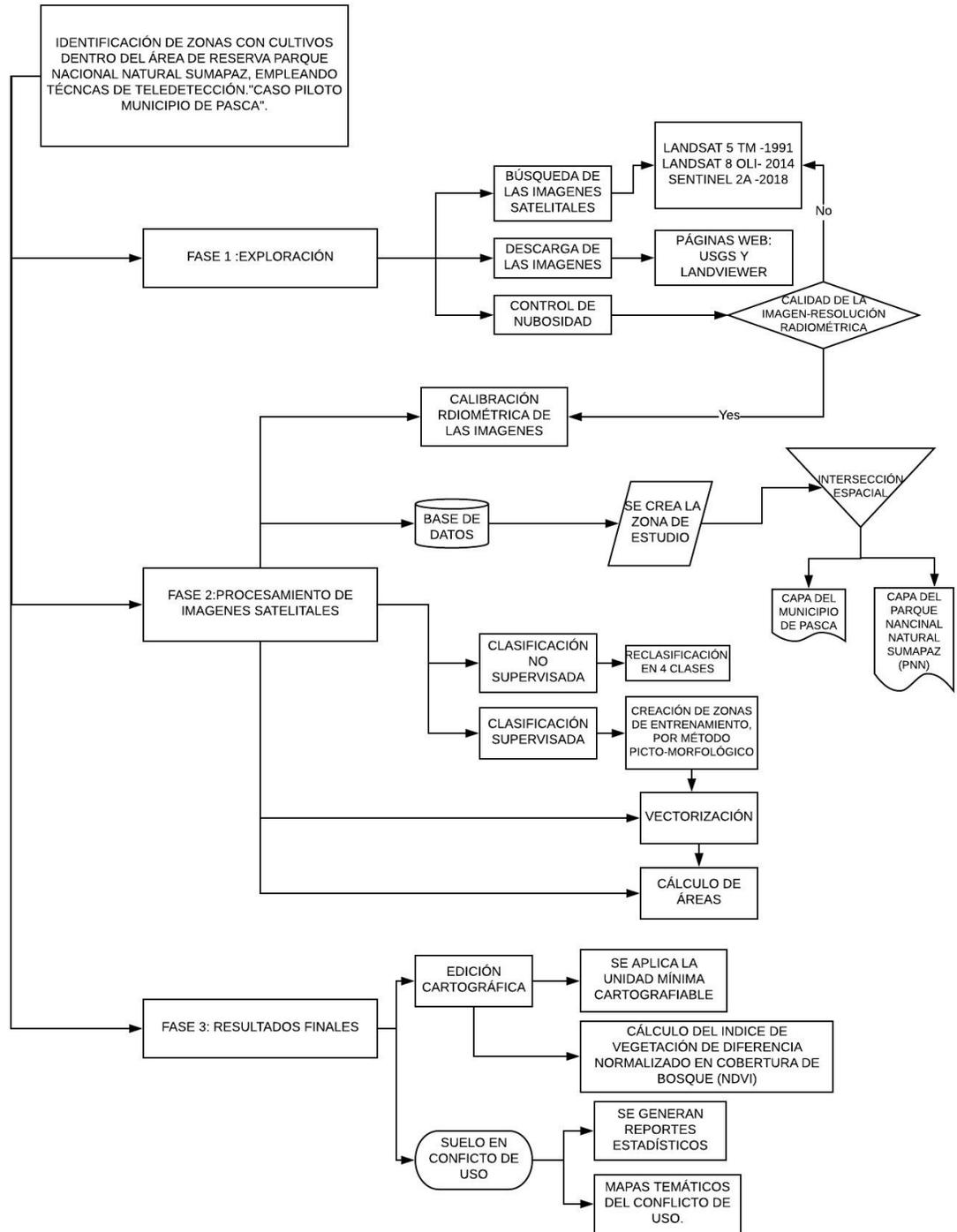


Figura 12. Diagrama de procesos.
Fuente: Propia

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 70 de 136

8.3 FASE 1: EXPLORACIÓN

8.3.1 Búsqueda de las imágenes satelitales

Para llevar a cabo el proceso de búsqueda de las imágenes se procedió de la siguiente manera: se ingresó al sitio web USGS.gov, se eligió la opción EARTH EXPLORER, una vez abierta la página apareció el visor que nos exigía una exploración, en la cual se debía asignar un PATH y un ROW, que para la zona de estudio nuestra es 8-57, de esta manera se genera un polígono, por consiguiente se debió configurar la fecha deseada para obtener la imagen, según el criterio de búsqueda respectivo, por lo tanto, se eligió el sensor remoto conveniente, en este caso será el Landsat 5 TM del año 1991 y el Landsat 8 OLI del año 2014, una vez se observa la imagen que cubre la zona de estudio y sus características son adecuadas con respecto a la resolución radiométrica,

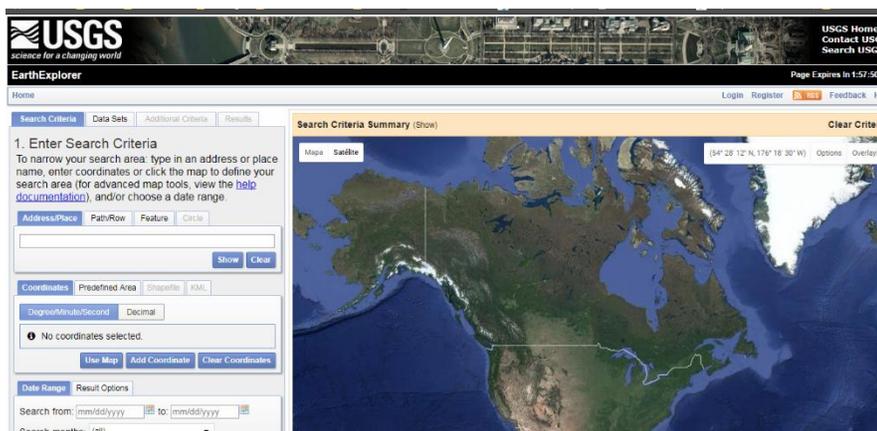


Figura 13. Servicio nacional de los Estados Unidos, búsqueda de la imagen satelital Landsat TM 5.

8.3.1.1 Sensores remotos

Los sensores remotos elegidos para obtener las imágenes satelitales son LANDSAT 5-TM y LANDSAT 8-OLI y SENTINEL 2A y determinamos que las características de las bandas espectrales son las apropiadas para realizar la combinación y aplicación del NDVI, ya que estos dos sensores remotos son muy similares. Además, sus aplicaciones están encaminadas hacia el análisis de las coberturas vegetales.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 71 de 136

Estas tablas demuestran las especificaciones de las bandas de Los sensores remotos Landsat TM5, Landsat OLI8 y SENTINEL 2A.

Banda	Longitud de onda	Zona del espectro
1	0,45-0,52 μm	luz visible, azul
2	0,52-0,60 μm	luz visible, verde
3	0,63-0,69 μm	luz visible, roja
4	0,76-0,90 μm	<i>infrarrojo cercano</i>
5	1,55-1,75 μm	<i>infrarrojo medio</i>
6	10,4 -12,5 μm	<i>infrarrojo térmico</i>
7	2,08 -2,35 μm	<i>infrarrojo medio</i>

Tabla 9. Resolución espectral de las bandas espectrales de la imagen satelital Landsat TM5. Fuente: INEGI.

<i>Bandas espectrales del sensor Thematic Mapper (TM)</i>		
Banda	Longitud de onda (μm)	Características
1	0.45 a 0.52	Azul-verde. Máxima penetración en el agua (útil para hacer cartografía batimétrica en aguas poco profundas). Útil para distinguir suelo de vegetación y coníferas de árboles de hoja caduca
2	0.52 a 0.60	Verde. Ajustado al pico de reflectancia de la vegetación en el verde, útil para evaluar el vigor de las plantas
3	0.63 a 0.69	Rojo. Coincide con una banda de absorción de la clorofila, importante para discriminar tipos de vegetación.
4	0.76 a 0.90	IR reflejado. Útil para determinar contenido de biomasa y para cartografía de costas
5	1.55 a 1.75	IR reflejado. Indica contenido de humedad de suelo y vegetación. Penetra en nubes finas. Da buen contraste entre tipos de vegetación.
6	10.4 a 12.50	IR térmico. Las imágenes nocturnas son útiles para cartografía térmica y estimación de la humedad de suelos.
7	2.08 a 2.35	IR reflejado. Coincide con banda de absorción causada por iones hidroxilo en minerales. El cociente de las bandas 5 y 7 se usa para destacar rocas alteradas hidrotérmicamente, asociadas con depósitos minerales.

Tabla 10. Características del sensor remoto landsat TM 5 fuente:USGS, Misiones Landsat

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 72 de 136

Aplicaciones de Landsat TM

Banda		Aplicaciones
1	Azul	Penetración de cuerpos de agua, discriminación agua-suelo, mapeo de tipos de bosque, identificación de características culturales
2	Verde	Máximo nivel de reflectancia de vegetación, nivel de salud de la vegetación, identificación de características culturales.
3	Rojo	Región de la absorción de clorofila, diferenciación de especies de plantas, identificación de características culturales.
4	Infrarrojo cercano	Tipos de vegetación, contenido de biomasa y salud, delimitación de cuerpos de agua, valoración de la humedad del
5	Infrarrojo intermedio (1.55-1.75 mm)	Humedad de la vegetación, humedad del suelo, diferenciación del suelo respecto a las nubes.
6	Infrarrojo térmico	Análisis de estrés de la vegetación, humedad del suelo, mapeo térmico.
7	Infrarrojo intermedio (2.08-2.35 mm)	Discriminación de minerales y tipos de rocas, humedad de la vegetación.

Tabla 11. Aplicaciones del sensor remoto Landsat TM5

Fuente:USGS, Misiones Landsat

Tabla 2. Distribución de las bandas en OLI y TIRS

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) February 11, 2013	Bandas	longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda 5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	*Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
*Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100	

Tabla 12. Resolución radiométrica del sensor Landsat OLI y TIRS

Fuente:USGS, misiones Landsat.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 73 de 136

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

Tabla 13. características de las bandas espectrales del sensor remoto SENTINEL-2A.
Fuente: Copernicus, Misión Sentinel-2.

8.3.2 Descarga de las imágenes satelitales.

Al realizar la verificación y comprobar que las imágenes son aptas para ser procesadas digitalmente, se descargan de manera manual y adecuada, para obtener las imágenes satelitales Landsat, fue necesario realizar una larga búsqueda en el servicio nacional de los Estados Unidos (USGS) <https://earthexplorer.usgs.gov/>, mientras que la imagen satelital SENTINEL2A, fue obtenida a través de un visor denominado Land Viewer y del mismo modo se realizó una extensa búsqueda y se optó por elegir este sensor remoto, debido a que en Landsat no se encontró una imagen satelital con óptimas condiciones radiométricas y atmosféricas del año 2018. Se descarga la imagen satelital landsat 5 y 8 con la extensión de archivo .tif, se debe tener en cuenta que las imágenes satelitales Landsat cuentan con una dimensión aproximada de 180 km² de cubrimiento y con una resolución radiométrica de 32bits. Para descargar la imagen satelital SENTINEL 2A, se ingresó al sitio web <https://eos.com/landviewer/>, en esta página se desplegó un visor y se realizó LA

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 74 de 136

correspondiente búsqueda del sensor remoto, de este modo se localiza la zona de estudio para poder obtener la imagen, se debe realizar un recorte y existe la opción de editar el nombre de las bandas espectrales y escoger las que se necesitan. Por último se verifica que las tres imágenes estén completas al ser descargadas.

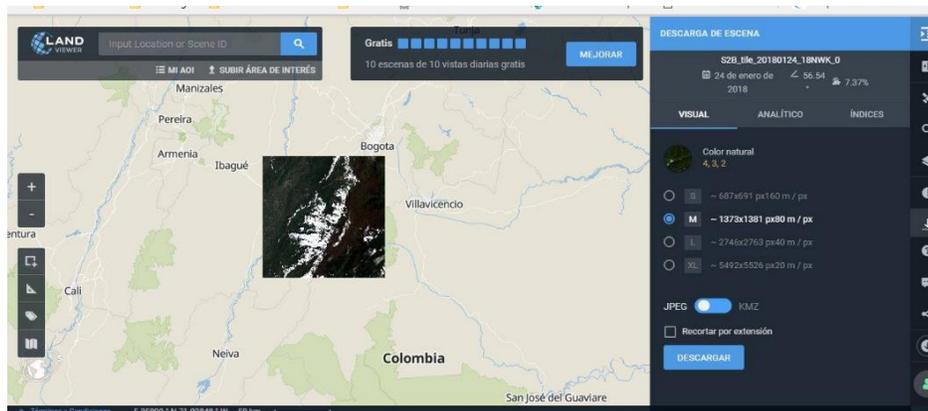


Figura 14. Land viewer EOS, búsqueda de la imagen satelita SENTINEL-2A.
Fuente: EOS, Land viewer.

8.3.3 Revisión de imágenes satelitales

Previamente se había mencionado la obtención de las tres imágenes satelitales, como recursos para la identificación de los cultivos existentes dentro de la zona de estudio, posteriormente se lleva a cabo la verificación del índice de nubosidad de las imágenes y se procede a descargarlas en caso de ser las adecuadas. Para verificar en caso de que exista un alto porcentaje de nubosidad, se deben cargar las imágenes en el software ArcMap, de este modo se visualizará si las nubes se ubican en la zona de estudio, de ser así se realiza una nueva búsqueda y descarga adecuada, hasta obtener la imagen satelital en óptimas condiciones radiométricas, para llevar a cabo el procesamiento digital.

Es este paso se debe abrir ArcGIS y se cargan las bandas una por una, se asigna el sistema de referencia WGS 1984 y sistema de coordenadas UTM 18N, el índice de nubosidad se puede observar a simple vista, de esta forma se toma determina las

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 75 de 136

características, con respecto al uso de la imagen, también se hace la combinación respectiva de las bandas roja e infrarroja, que permiten observar los niveles de vegetación presentes.

En muchas ocasiones debimos descargar las imágenes satelitales, ya que no cumplían con los requerimientos demandados, por ende era obligatorio realizar de nuevo la búsqueda.

8.4 FASE 2: PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES SATELITALES.

8.4.1 Calibración atmosférica de las imágenes satelitales en Qgis.

Al obtener las imágenes satelitales correspondientes, se procede a realizar la calibración radiométrica, para mitigar el índice de nubosidad y así permitir la visibilidad al momento de manipular digitalmente cada imagen, se debe agregar que debido a las variaciones en la intensidad del pixel (Nivel Digital) causados por el objeto o la escena que se tomó, algunas fuentes de error pueden ser las fallas del sensor o el ruido en el sistema que afectan los valores, los cambios estacionales también afectan los valores radiométricos; Como la señal viaja a través de la atmósfera, la señal puede verse interferida, asimismo la iluminación del sol afecta los valores radiométricos y el terreno también influye en la radiación.

Para emprender este proceso, se utilizó el software Qgis, el cual permite la calibración radiométrica de las imágenes, de esta manera, se elige la opción en la barra de herramientas denominada SCP y en ella se despliega una ventana que contiene una serie de opciones acerca de los procesos, se elige el pre-procesamiento de imágenes Landsat, al tomar esta opción emerge una ventana que exige enlazar las bandas espectrales contenidas en una carpeta denominada Landsat 5 y 8 ubicadas en una extensión del ordenador, luego se debe vincular el metadato de la imagen satelital ya sea Landsat o SENTINEL-2A en el segundo campo, posterior a esto se debe agregar la opción de aplicar la corrección atmosférica al igual que el permiso para

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 76 de 136

determinar la temperatura de brillo en Celsius, el pansharpeneing solo en la imagen satelital 7 u 8 de Landsat y la creacion del juego de bandas como requisito, por último se verifica que la informacion este completa y se ejecuta el proceso.

Para la imagen SENTINEL-2A es un proceso similar, pero lo único que varia es que las opciones se disminuyen, ya que solo permite realizar la correccion atmosferica y crear el juego de bandas.

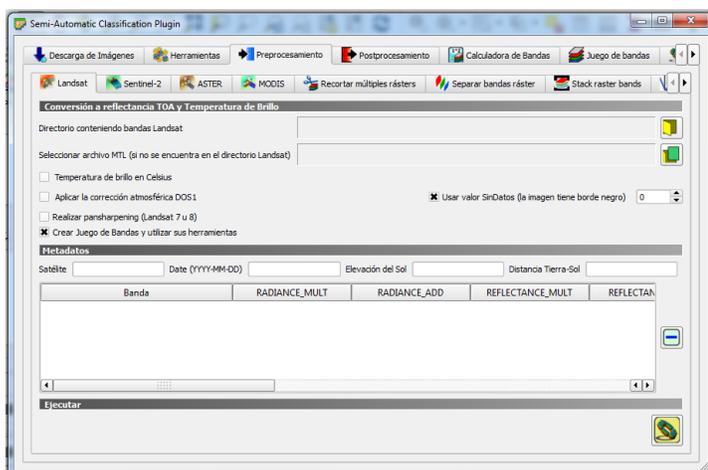


Figura 15. Proceso de Calibración radiométrica para sensor remoto Landsat.
Fuente: Qgis.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 77 de 136

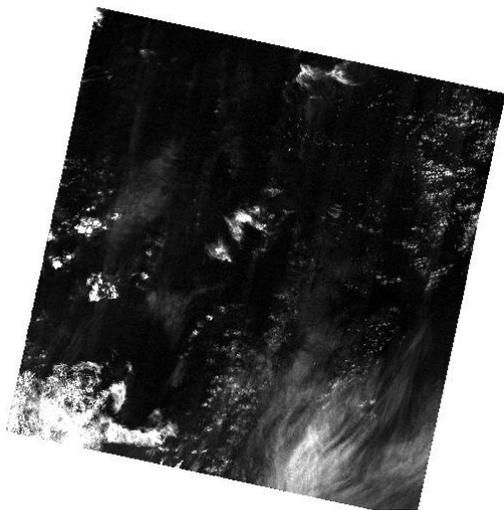


Figura 16. Imagen satelital Landsat , corregida radiometricamente.
Fuente: Propia.

8.4.2 Creación de la zona de estudio.

El software utilizado fue ARCGIS, y como primera medida se realizó el shp de la zona de estudio para analizarla, el clip se realiza para agilizar el procesamiento, para ello que se crea el shp compuesto por campo y atributos, (se debe asignar el sistema de coordenadas), desde una carpeta en el catalogo del programa, y se añade tanto la capa del municipio de Pasca y el del parque nacional natural Sumapaz, obtenidos en el geoportal del instituto geografico Agustín Codazzi y en el instituto Alexander Von Humboldt; Para llevar a cabo el proceso de intersección se debe utilizar la herramienta localizada en arctoolbox, denominada data management tools, en la opción raster, la cual despliega un item llamado CLIP, y posteriormente emerge una ventana, donde se seleccionan las capas del municipio de Pasca y la capa del PNN Sumapaz, el resultado de este proceso es la zona de estudio, por último se exporta seleccionando la opción “export data” que aparece en el layer del CLIP.

Acontinuacion se pueden observar las salidas graficas correspondientes a los años 1991,2014 y 2018 de la composicion de bandas de cada una de las imágenes

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 78 de 136

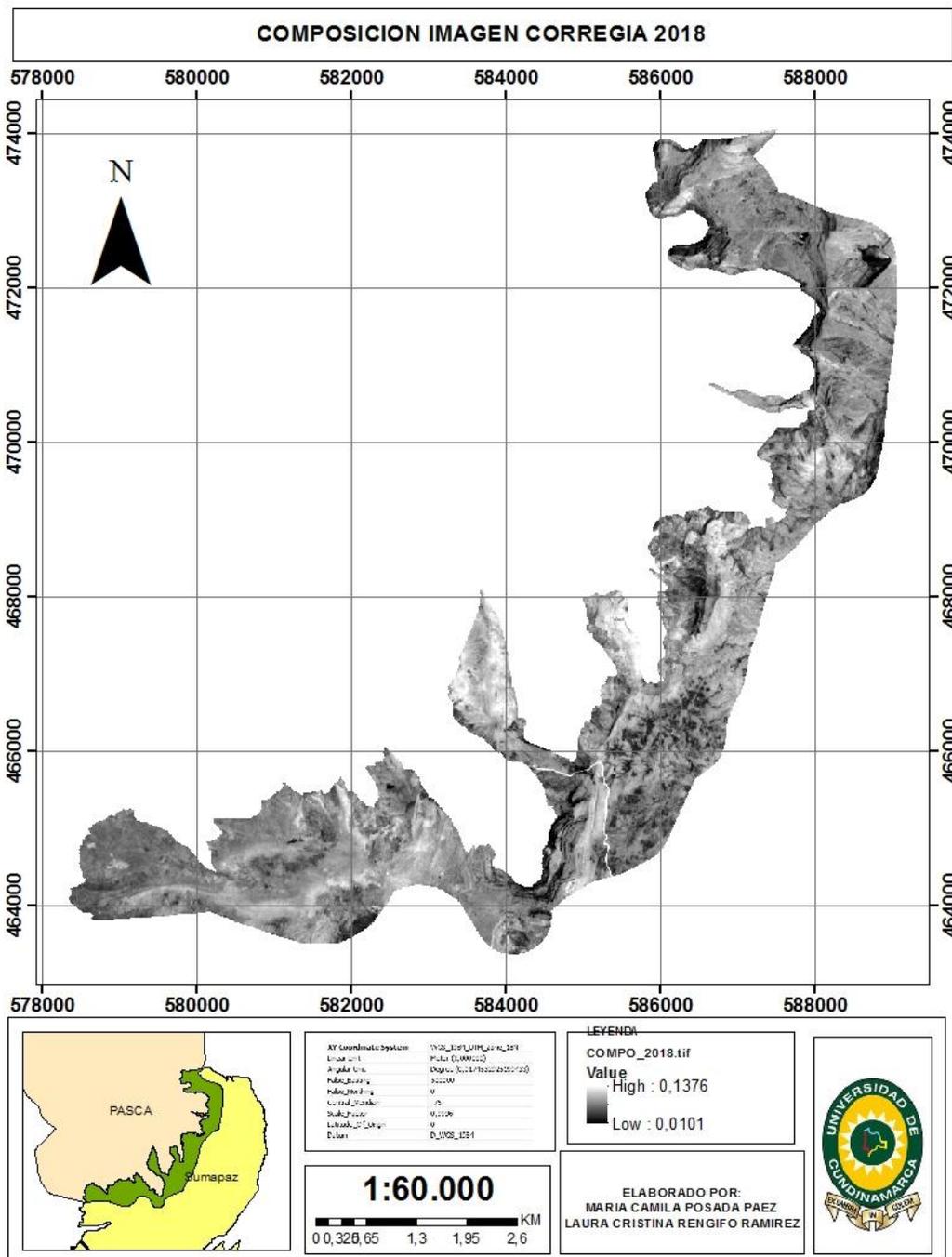
satelitales utilizadas en el proceso de teledeteccion.



Figura 17. Shape de la Zona de estudio.
Fuente: propia.

A continuacin se puede observar una salida gráfica o mapa, que permite observar la combinacion de bandas, en este caso la imagen satelital del año 2018.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 79 de 136



Mapa 2. Ejemplo de recorte de composición, año 2018.
Fuente. Propia.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 80 de 136

8.4.3 Clasificación no supervisada

Este proceso se lleva a cabo con la finalidad de agrupar los valores o píxeles a base de probabilidades, que se generaron en el NDVI, en el caso de este proyecto se crearon 4 clases y de esta manera se simplificó la información del raster, es decir, de todos los procesos que ya se habían realizado con anterioridad. La reclasificación permite que observemos donde posiblemente se hallan zonas de cultivos, es decir, la identificación de suelo agrícola, para cumplir con el objetivo general propuesto.

Para llevar a cabo este proceso, se realizó la aplicación del NDVI y posteriormente se determinó designar la reclasificación, esta opción se encuentra en la caja de herramientas de ArcGIS, en la herramienta de análisis espacial, de ella se despliegan más opciones, pero se escoge la opción de reclass y a su vez aquella que se encuentra en el cuarto lugar, conocida como reclassify.

Al optar por esta alternativa, emerge una ventana que exige enlazar la capa raster, es decir, el NDVI resultante y la capa de zona de estudio, al ejecutar esta función, se genera un raster que revela las 4 clases por medio de los valores y se observa en la ventana de propiedades de este raster los valores asignados a las clases, que fueron 1, 2, 3 y 4, donde 1 significa sin presencia de vegetación, 2 es baja presencia de la misma, 3 es una representación mediana de zona agropecuaria y cobertura vegetal y 4 es un alto porcentaje de existencia de cultivos y vegetación arbustiva.

La reclasificación, permite obtener como resultado la capa de zona de estudio clasificada en 4 clases, de diferentes colores, que representan el vigor de la vegetación, y la diferencia notable entre los años 1991-2014, 1991-2018 y 2014-2018; resaltando que el año que sufrió un cambio en la vegetación, fue el 2014, ya que en este año se observa el incremento de las coberturas vegetales, pero también hubo tala de frailejones y quemadas, basándose en el artículo publicado en el tiempo, en el año 2016 donde afirma la sanción que se imputa por parte de la CAR a aquellos agricultores que perjudican este ecosistema (Ambiente, 2016), basándose en lo mencionado por la alcaldía mayor de Bogotá, donde se decretó que las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales no pueden ser objetivo de sustracción para

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 81 de 136

la adjudicación de baldíos existentes en ellas, ya que estas áreas son privadas, duraderas e inembargables, de acuerdo al Artículo 63 de la constitución Política de Colombia; (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2012) Además se reconocen las mejoras a quienes poseen una porción de superficie, es decir, propietarios que las hayan realizado con anterioridad a la declaratoria del PNN o al acogimiento de la Resolución 153 de 1977 del Ministerio de Agricultura. La posesión de un predio dentro del PNN Sumapaz, así haya sido ejercida continuamente desde antes de su declaratoria, no faculta al poseedor para convertirse en propietario. Lo mismo sucede en el caso de los terrenos baldíos, respecto de quien progresa en su explotación económica, por cuanto no podrá ser beneficiario de la adjudicación del respectivo predio, en tanto aquellos ubicados dentro de las áreas del parque nacional natural Sumpaz, se reporten como baldíos inadjudicables. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2012).

8.4.4 Clasificación supervisada

La clasificación supervisada nos permite clasificar el raster mediante cada pixel de una celda, es decir que se debe tener en cuenta el conocimiento previamente por medio del “basemap” (teniendo en cuenta las variables visuales), para poder asignar y marcar los puntos o zonas de entrenamiento, y asimismo se asigna un valor numérico a cada clase. La clasificación supervisada en [ArcGIS](#) permite clasificar el ráster por medio de cada píxel de una celda, es necesario tener conocimiento previo de las clases del área de estudio (uso actual del suelo). Se debe marcar puntos y asignar un valor numérico para cada clase. A continuación presentaremos el procedimiento.

Para llevar a cabo este proceso se utilizó una imagen satelital online, obtenida desde ArcGIS |online, la cual permitió observar de una manera detallada las coberturas vegetales, los cuerpos de agua y el suelo; debido a que no se realizó trabajo en campo, esta imagen nos brinda una mejor resolución y precisión, para diferenciar las variables visuales.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 82 de 136

El proceso utilizado para obtener el “basemap”, ingresamos a Arcmap, y añadimos las bandas visible, roja e infrarroja –cercana de cada imagen satelital, es decir, LANDSAT 5, LANDSAT 8 y SENTINEL 2A, añadimos la capa de la zona de estudio y en esa misma herramienta llamada “add data”, se despliega una opción denominada “add basemap”, al escoger esta opción emerge una ventana que nos da varias opciones, pero elegimos la primera con el nombre de “imagery” y damos clic en add, de esta manera se pueden discriminar bien las coberturas vegetales. Posteriormente se sobrepone la capa de la zona de estudio, con las bandas ya combinadas, y se procede a activar la herramienta análisis espacial en la extensión del software, al igual que en “customize” se activa la herramienta análisis de imagen. Al activar la capa que se desea editar en la herramienta editor, es decir la zona de estudio, con las bandas combinadas, empieza la asignación de áreas de entrenamiento, esto se realiza por medio de la herramienta análisis espacial, que contiene una opción en forma de polígono, esta sirve para dibujar polígonos sobre la zona de estudio, identificando las coberturas vegetales, cuerpos de agua y suelo, durante el proceso de identificación, nos apoyamos con el basemap, y asimismo vamos marcando los polígonos o áreas de entrenamiento por medio de la opción representada por una tabla con celdas de colores en la herramienta de análisis espacial, en esta tabla aparece cada polígono que dibujamos, y por ende debemos editar el nombre y el color, asimismo se fusionan los polígonos que están representando una misma área de entrenamiento.

Al culminar el proceso de edición se debe guardar las áreas de entrenamiento, y en editor se guardan los cambios, posterior a esto abrimos la caja de herramientas o “arctoolbox”, y escogemos la herramienta “spacial analyst tools” y buscamos la opción denominada “multivariate”, que a su vez despliega más opciones, de las cuales debemos acceder a la denominada “create signatures” o crear firmas, automáticamente emerge un ventana que nos exige cargar la zona de estudio en el primer campo y en el segundo, se debe cargar las áreas de entrenamiento creadas anteriormente, por ultimo guardar el proceso y ejecutarlo; por consiguiente se

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 83 de 136

procede a ejecutar el siguiente paso, volvemos a la herramienta “multivariate” y elegimos la opción llamada “maximun likelihood classification” la cual despliega una ventana que requiere agregar la zona de estudio, y en el segundo campo se deben añadir las firmas creadas anteriormente con la extensión “gsg”, se guarda el proceso y se ejecuta, el resultado de este proceso es la zona de estudio con los colores correspondiente a cada zona de entrenamiento creada.

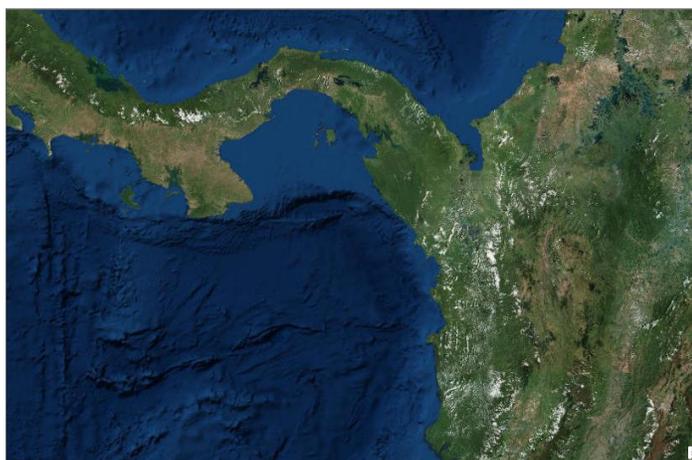


Figura 18. Basemap, obtenido de ARCGIS.
Fuente: Propia.

ID	Class Name	Value	Color
1	suelo	1	
2	agua	2	
3	pastizales	4	
4	bosque	5	

Figura 19. Creación de zonas de entrenamiento.
Fuente: Propia.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 84 de 136

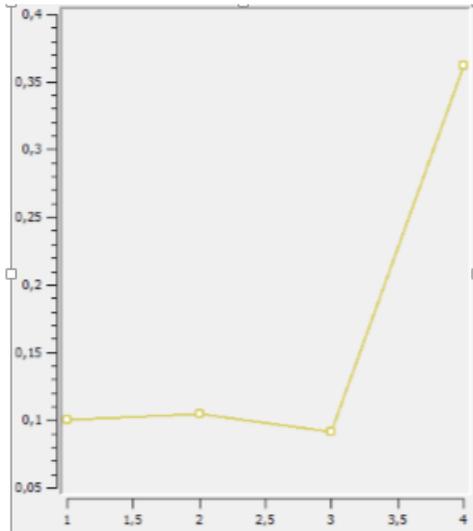
8.4.5 Firmas espectrales.

Se puede decir que las firmas espectrales permitieron diferenciar los objetos que fueron captados por el sensor remoto, debido a la energía emitida, reflejada o absorbida del mismo. Es decir, las firmas espectrales que se obtuvieron en este proyecto, se ejecutaron a través de Quantum GIS y SNAP for SENTINEL, una aplicación de la plataforma de Copernicus, que permite identificar y discriminar las zonas con cultivos, las áreas con nubosidad en caso dado que exista, cuerpos de agua como lagunas y lagunillas y las coberturas vegetales correspondientes a bosques, y zonas arbustivas.

En QGIS se obtuvieron las siguientes graficas que demuestran la reflectancia de cada pixel, correspondiente principalmente de los cultivos, y las áreas secundarias como lo son los cuerpos de agua, la nubosidad y la vegetación presente.

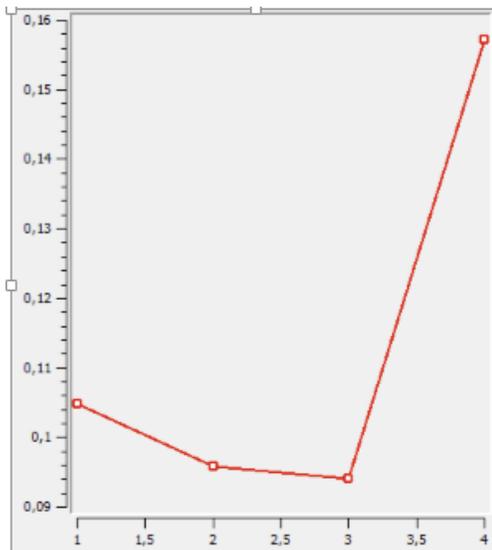
En el año 1991, se puede observar que la reflectancia incrementa en la banda 4, es decir aquella que corresponde al infrarrojo cercano en el espectro electromagnético, con un 0.37 de reflectancia, es decir, un aumento de la reflexión en este canal infrarrojo, mientras que en el espectro rojo disminuye su reflexión.

Por otro lado las diferencias de reflexión en las bandas rojo e infrarrojo es mayor para las áreas cubiertas de vegetación arbustiva y boscosa e insignificante para aquellas que son desnudas, pero en esta zona de estudio, para el año 1991, no hay evidencia de áreas desnudas.



Gráfica 1. Firma espectral de las áreas con cultivos, imagen satelital Landsat 5TM, año 1991.

Las firmas correspondientes a las zonas cubiertas con vegetación cambian por completo la forma de la grafica lineal; variando la reflexion en la banda 1, con un incremento con respecto a la firma espectral de los cultivos y una disminucon en la banda 3(rojo).

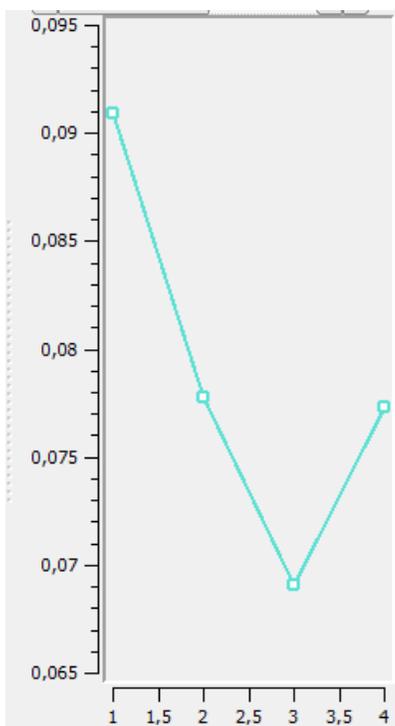


Gráfica 2. Firma espectral de las coberturas vegetales, imagen satelital Landsat 5TM, año 1991.

Fuente: Propia.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 86 de 136

Mientras que la firma espectral de los cuerpos de agua, como las lagunas y lagunillas presentes en la zona de estudio del año 1991, conllevan a concluir que el agua solo refleja la gama de luz visible de la banda 1, correspondiente al color azul en el espectro visible, ya que el agua no refleja en el canal del infrarrojo cercano utilizado en la combinación de bandas; y se distingue muy bien de otras superficies, es por esta razón que se visualizan y demarcan en el software como áreas de color oscuro, debido a los valores de pixel bajo.



Gráfica 3. Firma espectral de cuerpo de agua, imagen satelital Landsat 5TM, año 1991.

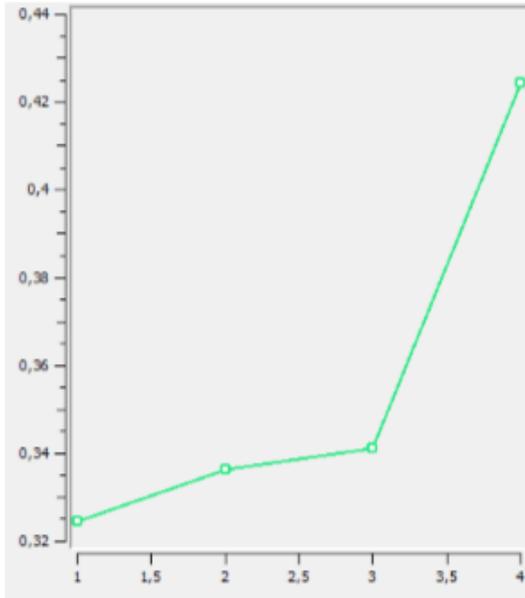
Fuente: Propia.

Las firmas que corresponden a las áreas cubiertas por la nubosidad se caracterizan porque se puede diferenciar su gráfica lineal, debido a que toma valores en el visible e infrarrojo cercano, pero desciende en los canales visibles, o bandas de absorción de agua, y mantiene valores bajos en la zona del espectro visible, es decir las nubes son dispersores no selectivos.



MACROPROCESO DE APOYO
PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

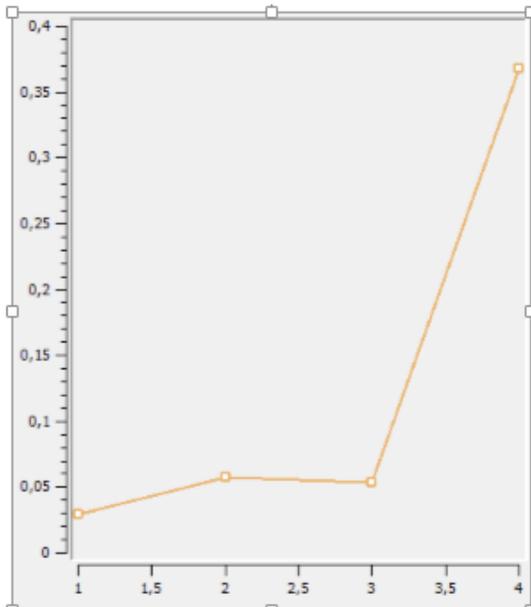
CÓDIGO: AAAr113
VERSION: 3
VIGENCIA: 2017-11-16
PAGINA: 87 de 136



Gráfica 4. Firma espectral de las áreas cubiertas por las nubes, imagen satelital Landsat 5TM, año 1991.

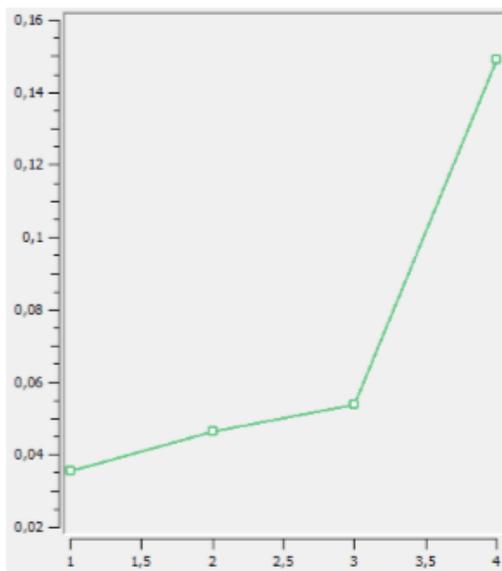
En el año 2014, las firmas que se generaron fueron principalmente de las áreas cubiertas por vegetación, es decir la biomasa que representa esta zona de estudio y la actividad agropecuaria que se incrementó.

En la firma espectral correspondiente a la actividad agropecuaria se infiere que la reflexión en cuanto a la banda del infrarrojo cercano es muy alta, debido a la reflectancia espectral de las estructuras del follaje, ya que varían con la longitud de onda, reflejando más en los canales rojo e infrarrojo cercano, en comparación a las bandas visibles azul y verde utilizadas también en el procesamiento de la imagen satelital.



Gráfica 5. Firma espectral de los cultivos, imagen satelital Landsat 8 OLI, año 2014.

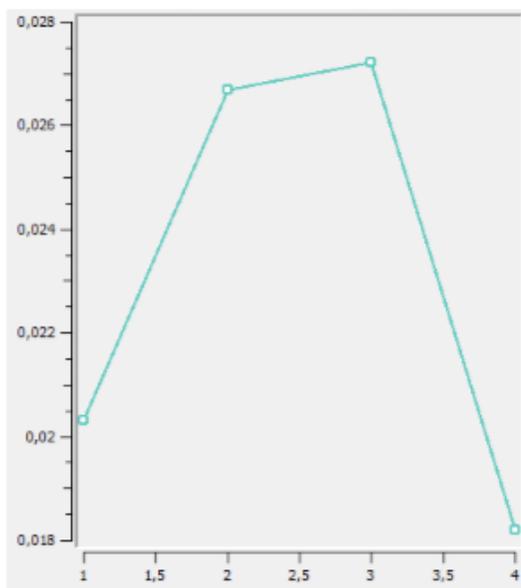
La firma espectral de la biomasa, correspondiente al año 2014 permite analizar e identificar la reflectancia de las bandas rojo e infrarrojo, incrementándose debido a las ondas longitudinales que emiten las plantas en crecimiento.



Gráfica 6. Firma espectral de la cobertura vegetal, imagen satelital Landsat 8 OLI, año 2014.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 89 de 136

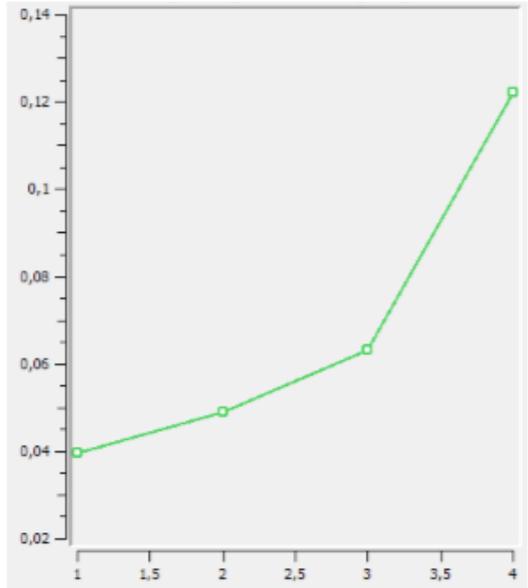
La firma espectral que representa en este caso los cuerpos de agua varía totalmente su estructura lineal, ya que no hay reflexión en el canal del infrarrojo cercano y en el visible azul, por otro lado la máxima reflectancia se encuentra en el rojo y en el verde visible.



Gráfica 7. Firma espectral de los cuerpos de agua, imagen satelital Landsat 8 OLI, año 2014.

En la imagen satelital SENTINEL 2A, se generaron firmas espectrales de las coberturas vegetales, áreas cubiertas con cultivos, nubosidad y cuerpos de agua. La firma espectral que identifica el comportamiento de las coberturas vegetales, permite observar un incremento en la reflectancia de los canales rojo e infrarrojo cercano del espectro electromagnético.

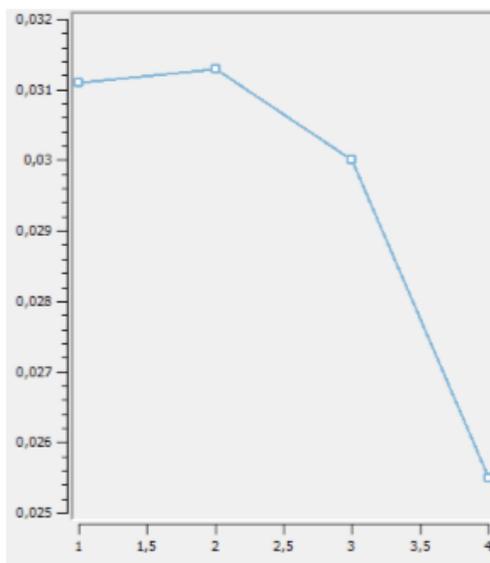
	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 90 de 136



Gráfica 8. Firma espectral de las coberturas vegetales, imagen satelital SENTINEL 2A, año 2018.

La firma espectral de los cuerpos de agua, indican que no hay reflexión del agua, en el canal infrarrojo, pero las ondas longitudinales reflejan que en los canales visibles si existe reflexión, aunque no de la misma manera que las coberturas vegetales, debido a la incidencia de la radiación que posiblemente puede ser absorbida y transmitida.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 91 de 136

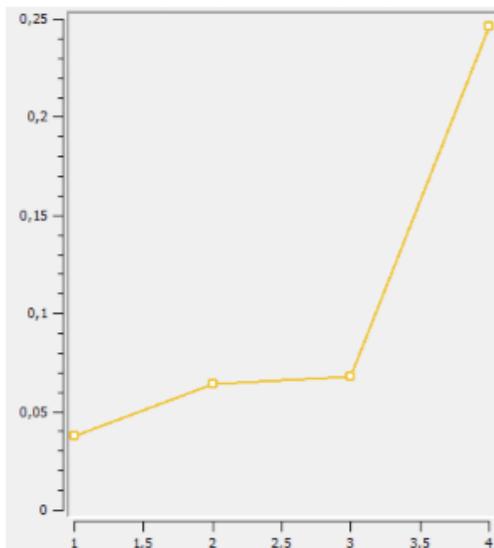


Gráfica 9. Firma espectral del cuerpo de agua, imagen satelital SENTINEL 2A, año 2018.

La firma espectral que representa e identifica las áreas con cultivos, demuestra que siempre los índices de reflectividad son altos, por causa de los contenidos relativamente altos de humedad y presentan curvas de reflectancia en los canales del rojo visible e infrarrojo cercano.

Se puede concluir que la reflectividad de las hojas de las plantas es alta, según su estado pero la mayoría siempre adquiere una reflectancia alta, reflejada en las bandas rojo e infrarrojo en las tres imágenes satelitales manipuladas. El agua no tiene reflexión en la gama del infrarrojo cercano, pero en los canales visibles del espectro si se refleja, las nubes se dispersan y por ende se pueden reflejar en los canales del rojo e infrarrojo, en una menor dimensión que las coberturas vegetales; los cultivos incrementan su reflectividad y reflectancia en cuanto a las bandas roja e infrarrojo, por causa de los componentes de las hojas que son captadas por el sensor, ya que estas generan más clorofila debido a la fotosíntesis y la humedad permite que haya una absorción de energía y se emita la que se refleja por este proceso.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 92 de 136



Gráfica 10. Firma espectral de las áreas cubiertas con cultivos, imagen satelital SENTINEL 2A, año 2018.

8.4.6 Vectorización

La vectorización se aplicó tanto en el resultado de la clasificación supervisada y la clasificación no supervisada, por medio de las herramienta de ARCGIS llamada conversión tools, al escogerla se despliegan más opciones y se debe elegir la denominada FROM RASTER, y de esta surgen opciones de las cuales seleccionamos la que tiene por nombre “raster to poligon”, luego emerge una ventana que exige enlazar el raster de la clasificación supervisada o no supervisada y se ejecuta el proceso.

Un punto muy relevante es la unidad minima cartografiable (umc), ya que al convertir el raster en polígono, muchos polígonos menores de 100 metros cuadrados, y conllevan a que se presenten errores, por esta razón se deben eliminar los polígonos más pequeños y que no representen la umc, la forma más conocida es optando por la herramienta ELIMINATE, que se encuentra dentro de la herramienta “data management tools” y a su vez en la opción denominada “generalization”.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 93 de 136

8.4.7 Cálculo de áreas.

Anteriormente se habló de la vectorización, posterior a este paso se calculó las áreas para comprender y analizar las zonas, donde posiblemente existen cultivos y se puede verificar la extensión que posee cada uno en hectáreas, para llevar a cabo este proceso se creó un campo con el nombre AREA en la tabla de atributos del raster vectorizado, equivalente al área de estudio, luego se elige la opción double, en el campo denominado type, y se prosigue a calcular geometría en el campo creado, eligiendo la unidad de medida de superficie en hectáreas, y el sistema de referencia WGS 1984. Por otro lado, se debe realizar la operación matemática SUMMARIZE en el campo GRIDCODE, y al emerger una ventana que exige elegir un campo, se debe elegir AREA y a su vez la operación que se ejecutará, es decir SUMA, posteriormente se debe guardar con la extensión dBASE Table, un punto muy relevante que se tuvo en cuenta fue la unidad mínima cartografiable (umc), ya que al convertir el raster a polígono, hay muchos polígonos menores de 100 metros cuadrados, y deben eliminarse ya que conllevan a que se presenten errores, el método más conocido es optando por la herramienta ELIMINATE, que se encuentra dentro de la herramienta “data management tools” y a su vez en la opción denominada “generalization”, como previamente se había calculado el área en Ha, y todo el procedimiento ya descrito, para eliminar estos polígonos, se seleccionaron desde la tabla de atributos del shape, y se enlazó el “raster” en la ventana emergente mencionada anteriormente.

Al culminar el proceso de eliminación de polígonos que no representan la umc, se debe exportar la tabla a Excel y se realizan las respectivas gráficas, para analizar las 4clases resultantes de las respectivas clasificaciones aplicadas en la zona de estudio, teniendo en cuenta que se realizó la reclasificación en 4 clases, y que representan el agua, los bosques, los pastizales y el suelo desnudo.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 94 de 136

8.5 FASE 3: RESULTADOS FINALES

8.5.1 Unidad Mínima Cartografiable.

La UMC define si un objeto será representado como área si sus dimensiones superan 0,2 mm a la escala del mapa. Por lo general se recomienda que la unidad mínima cartografiable no sea menor a 4 mm². (G., 2000)

8.5.2 Calculo de Indice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

Antes de ejecutar el calculo del NDVI, se tuvo en cuenta la combinacion de bandas, y para ello se utilizaron las bandas roja e infrarroja cercana de cada imagen satelital, resaltando que siempre se deben combinar bandas de la misma resolucion espacial, para evitar errores en la ejecucion de procesos, para el caso de Landsat 5 y 8 la resolucion de la banda roja y la banda infrarroja cercana es de 30 m, mientras en SENTINEL-2A la resolución espacial de las bandas necesarias para el proceso es de 10 m.

El software utilizado fue ARCGIS, y como primera medida se realizó el shape de la zona de estudio para analizarla, el clip se realiza para agilizar el procesamiento, para ello que se crea el shape desde una carpeta en el catalogo del programa, y se añade tanto la capa del municipio de Pasca y el del parque nacional natural Sumapaz, obtenidos en el geoportal del instituto geografico Agustín Codazzi y en el instituto Alexander Von Humboldt.

Acontinuacion se pueden observar las salidas graficas correspondientes a los años 1991,2014 y 2018 de la composicion de bandas de cada una de las imágenes satelitales utilizadas en el proceso de teledeteccion.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 95 de 136

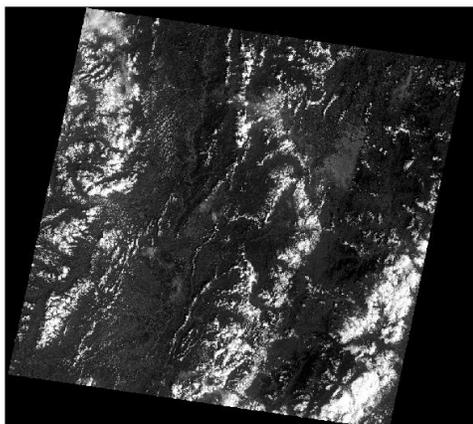


Figura 20. Imagen satelital antes de ser procesada digitalmente.
Fuente: Propia

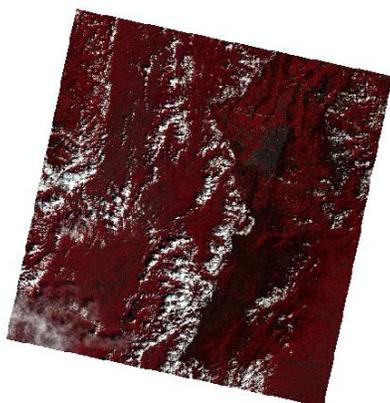


Figura 21. Combinación de bandas, en ArcGIS.
Fuente: propia.

Para ejecutar la combinación de bandas, se utiliza la herramienta de la barra denominada análisis de la imagen, ubicada en el la caja de herramientas de ArcGis en el ítem spatial analysis tools, para poder obtener el NDVI se aplica el algoritmo : $NDVI = \frac{(IC-R)}{(IC+R)}$ que es automatizado en el software, ubicado en la herramienta spatial analyst tools, en la opción Map algebra y a su vez en raster calculator, de esta manera, se deben generar los índices de vegetación, el objetivo es aplicar y visualizar el concepto de Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI), conocer las aplicaciones de los índices de vegetación e interpretar las imágenes satelitales, después de haber realizado la respectiva combinación de bandas,

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 96 de 136

que nos permite observar el estado de la vegetación. Existe una variedad de Índices de Vegetación que han sido desarrollados para ayudar en el monitoreo de la vegetación. La mayoría de estos índices están basados en las interacciones diferentes entre la vegetación y la energía electromagnética de las bandas del espectro rojo e infrarrojo cercano, que reflejan el estado o salud de la vegetación.

Dentro del proceso de aplicación del NDVI, se debe añadir una serie de valores a las clases de este proceso, para identificar los cultivos ubicados en la zona de estudio, para ello se escoge la opción de propiedades de la capa o shape zona de estudio con NDVI aplicado y se despliega una ventana que nos permite configurar las características de cada capa, una de estas opciones está en simbología denominada clasificación, al elegirla emergen alternativas de clasificación, que permite editar en el ítem de clases para asignar las que sean convenientes con respecto a los valores de vegetación que se generaron con el desarrollo del índice de diferencia normalizada de vegetación.

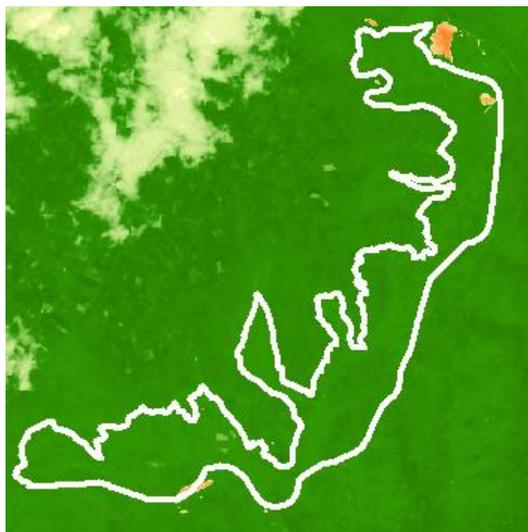


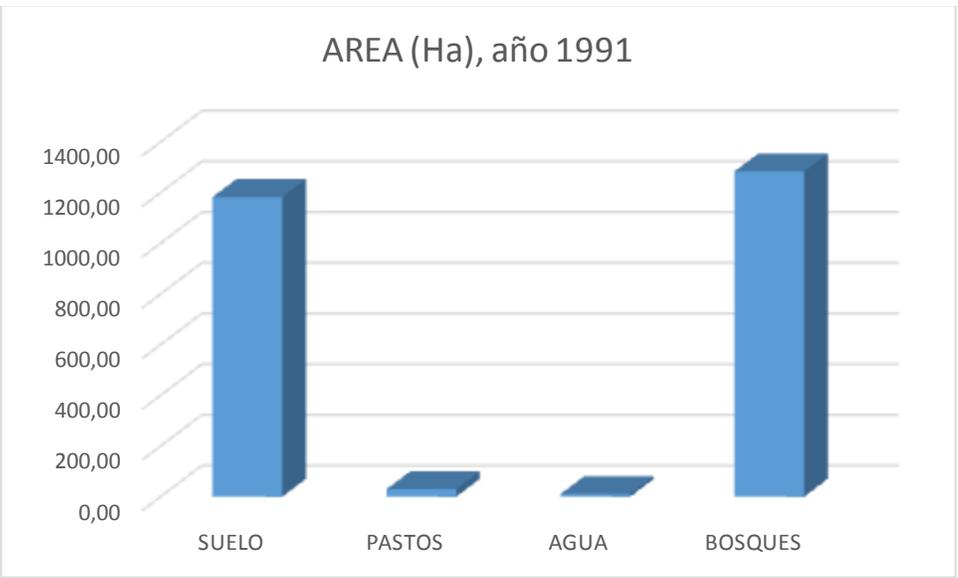
Figura 22. Resultado de aplicación del NDVI a las bandas 4 (roja) y 5 (infrarroja cercana) de la imagen satelital Landsat 8.

Fuente: Propia.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 97 de 136

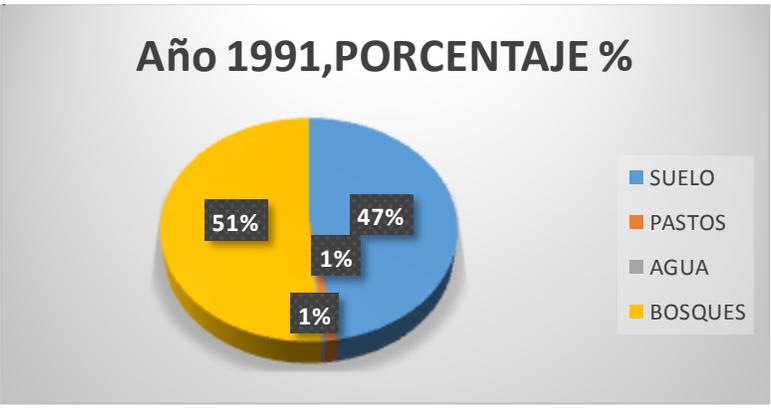
8.5.3 Reportes Estadísticos.

Los resultados que surgieron a partir de la clasificación supervisada, seguido de la vectorización y culminando con el cálculo de áreas nos permiten observar el área en hectáreas y el porcentaje de coberturas existentes en el área de estudio.



Gráfica 11. Calculo de áreas de coberturas en Ha, año 1991.

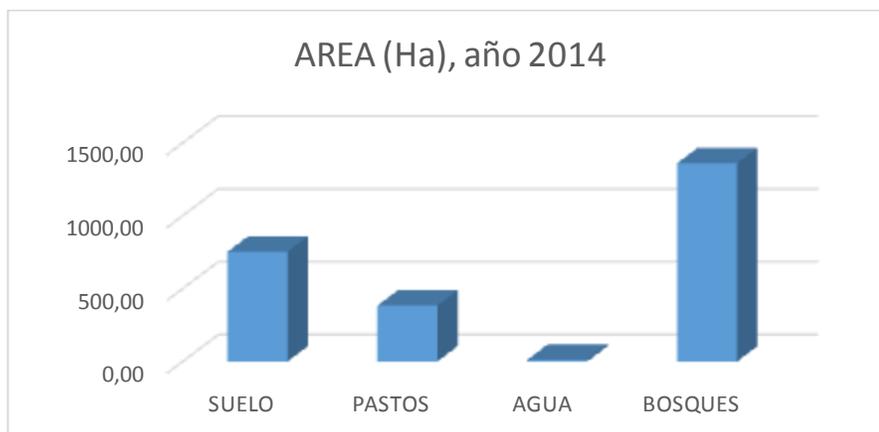
En el año 1991 es evidente que la cobertura de bosque predomina, puesto que cubre gran parte de la zona de estudio, aproximadamente 1283 Ha.



Gráfica 12. Porcentaje de coberturas en la zona de estudio, año 1991.

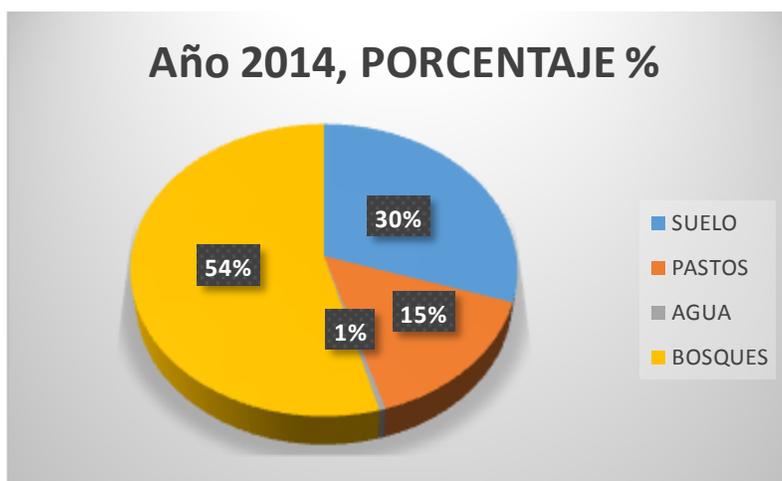
	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 98 de 136

En el pictograma se puede contemplar que la cobertura de bosques predomina con un 51%, pero la cobertura de suelo cuenta con un 47% , es decir, hubo una presencia de actividad antrópica debido al porcentaje del suelo, manifestando que hubo tala de frailejones como medida para llevar a cabo actividades antrópicas.



Gráfica 13. Calculo de áreas de coberturas en Ha, año 2014.

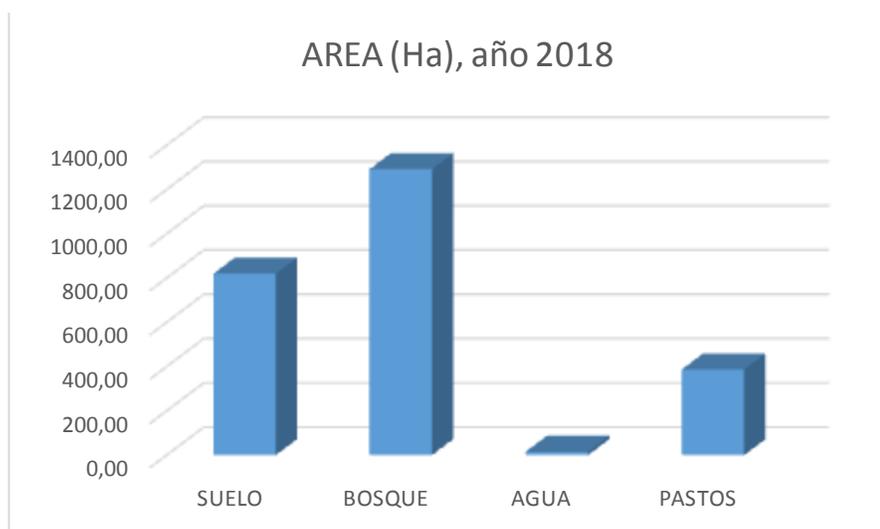
En esta gráfica se puede observar el incremento de la cobertura de bosques, como reflejo de la intervención realizada por la CAR en el año 2012, debido a la agricultura extensiva.



Gráfica 14. Porcentaje de coberturas en la zona de estudio, año 2014.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 99 de 136

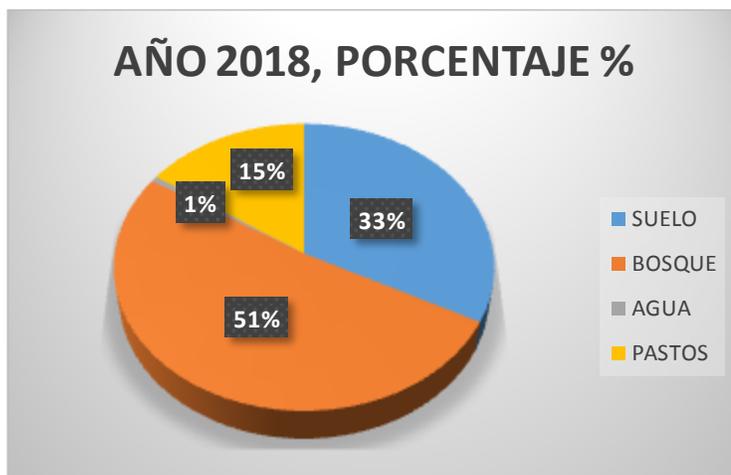
En la gráfica 14 se observa como la cobertura de bosque incremento notablemente en un 54%, concluyendo que la reforestación el PNN Sumapaz se realizó entre el año 2012, de acuerdo al reporte elaborado por la CAR, donde se indica que hubo una cantidad de sanciones por causa de la expansión agrícola.



Gráfica 15. Calculo de áreas de coberturas en Ha, año 2018.

En el año 2018, de nuevo se observa el que sufrió la zona de estudio, ya que la cobertura de suelo comprende 819 Ha comparado con el año 2014, pues se evidencia la tala de frailejones.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 100 de 136



Gráfica 16. Porcentaje de coberturas en la zona de estudio, año 2018.

En esta grafica se puede contemplar que la cobertura de bosque comprende un 51% de la zona de estudio, y el suelo comprende un 33%, es decir, hubo un incremento del 3%, es decir, que se retomaron las practicas antrópicas que afectan el ecosistema de páramo.

AÑO	1991	2014	2018
COBERTURA	AREA (Ha)	AREA (Ha)	AREA (Ha)
SUELO	1183,03	753,40	819,78
PASTOS	29,96	383,55	386,72
AGUA	10,69	11,91	15,05
BOSQUES	1283,95	1360,29	1291,66
TOTAL	2507,63	2509,15	2513,21

Tabla 14. Resumen de cálculo de áreas, años 1991, 2014 y 2018.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 101 de 136

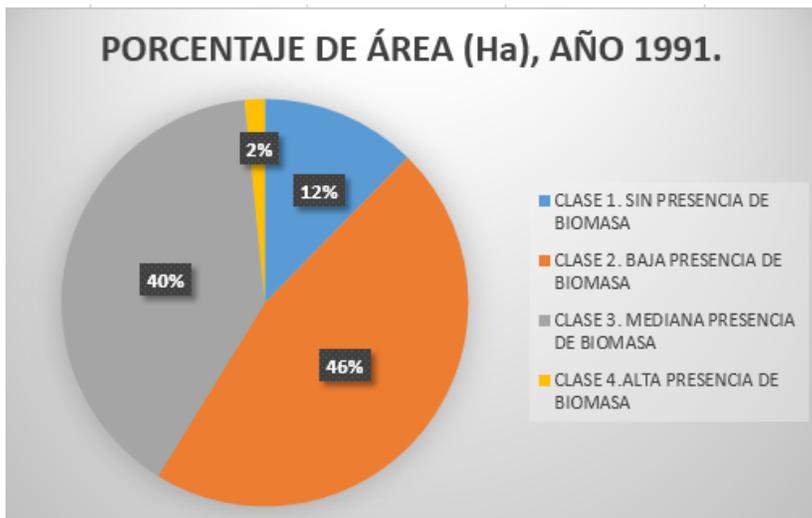
AÑO	1991	2014	2018
COBERTURA	PORCENTAJE %	PORCENTAJE %	PORCENTAJE %
SUELO	47,18	30,03	32,69
PASTOS	1,19	15,29	15,39
AGUA	0,43	0,47	0,6
BOSQUES	51,2	54,21	51,4
TOTAL	100	100	100

Tabla 15. Porcentaje de las coberturas en la zona de estudio, años 1991, 2014 y 2018.

Según los cálculos realizados y ejecutados en el software Arcgis, se retomaron los valores y se generaron graficas que demuestran la clasificación no supervisada, con respecto a la vectorización, ya que este resultado permite observar el incremento en cuanto a las unidades digitales.

En el año 1991, el grafico circular demuestra que el color amarillo corresponde al 2% de las áreas con mayor índice de vegetación, es decir que para esta zona, la biomasa no prevalecía sobre las demás clases, permitiendo concluir que el color gris evidencia la mediana presencia de biomasa y corresponde al 40%, posiblemente puede ser cobertura vegetal boscosa, frailejones en su mayoría. Por otro lado predomina la baja presencia de vegetación, con un 46%, cubriendo casi la mitad de la gráfica, es decir que algunas partes están descubiertas debido a la falta de vegetación principalmente por actividades antrópicas y un 12% corresponde a las áreas sin presencia de vegetación.

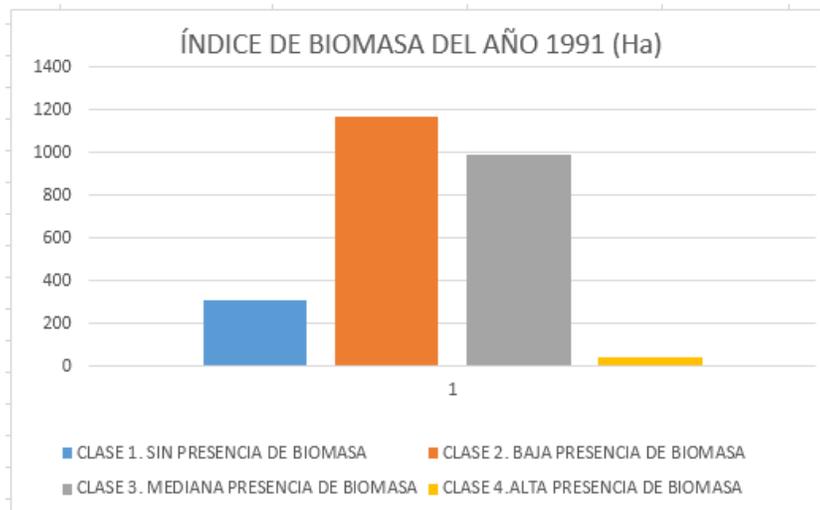
	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 102 de 136



Gráfica 17. Cálculo de áreas, correspondiente al año 1991.

En la gráfica de barras se departe que las 4 clases comprenden un valor en hectáreas, departiendo que la clase 1 indica la presencia nula de vegetación, encierra 310 Ha, mientras que la clase 2, con un nivel bajo de biomasa incrementa su valor a 1165 Ha y predomina, la clase 3 que refiere a la mediana cantidad de vegetación, está compuesta por 993 Ha y por último la clase 4 que indica un alto nivel vegetativo, arroja tan solo 39 Ha, este análisis permite observar la dinámica vegetal que se presenta, resaltando la falta de biomasa debido a las practicas antrópicas o suelo desnudo.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 103 de 136

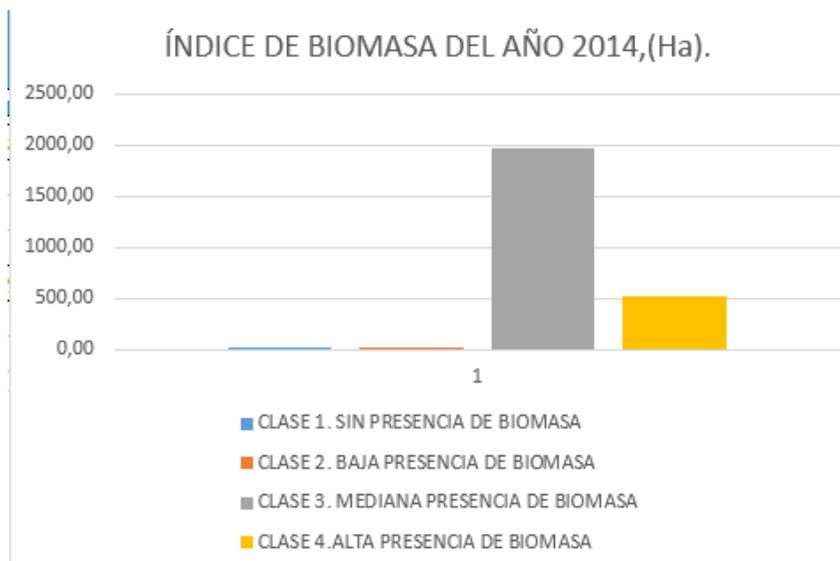


Gráfica 18. Gráfica del cálculo de áreas en Ha, año 1991.

En el año 2014 es evidente el incremento de actividad vegetal, los niveles de biomasa ascendieron de forma acelerada. En la gráfica circular se observa que el color amarillo corresponde a la clase 4 es decir aquella que indica que hay un índice de biomasa mayor, esta clase representa el 40 % de área calculada en Ha, seguido de la clase 3, representada el color gris que corresponde al 30%, y refleja que predomina la presencia mediana de vegetación debido al incremento de la actividad agrícola; por otro lado la clase 2 es aquella que difiere con la baja presencia de biomasa y representa un 1% en la gráfica, la clase 1 sólo representa un 0%, dando a entender que el área correspondiente a esta clase es equivalente a la falta de vegetación con respecto a las clases 3 y 4, estos análisis permiten concluir que en este año hubo un aumento significativo de biomasa, y su dinámica fue muy representativa, sobresaliendo las clases 3 y 4.

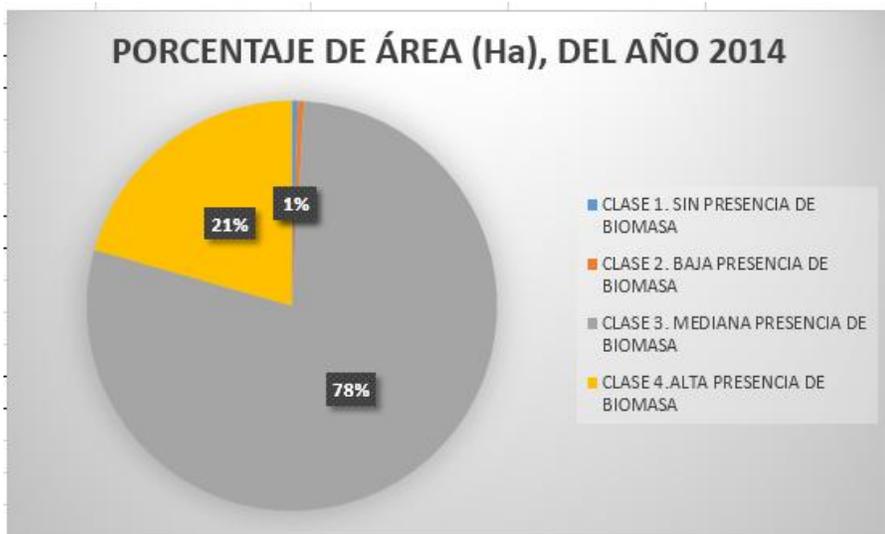
En la gráfica de columnas se analiza el incremento de la clase 3, es decir la presencia mediana de vegetación, esto indica que existió un aumento en la actividad agrícola durante el año 2014, por otra parte la clase 4 también sobresale en un nivel más bajo, en cuanto a la clase 1 y 2 hay una decadencia en la dimensión de las áreas que corresponden a estas clases.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 104 de 136



Gráfica 19. Área total en Ha, año 2014.

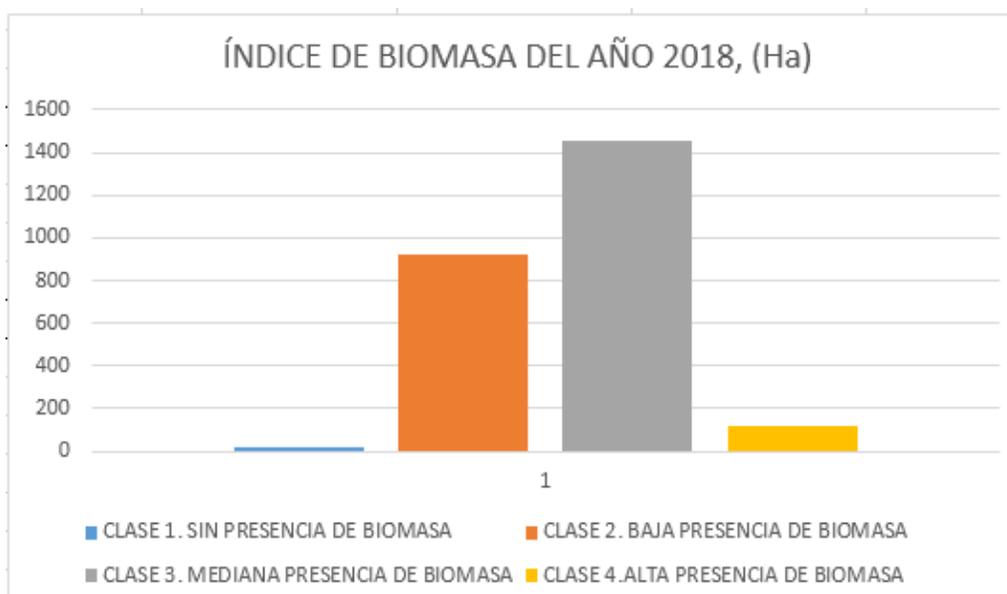
Según los informes de la CAR, entre los años 2014 y 2016 hubo una intervención de tipo legal y sanciones por los daños causados a este ecosistema, debido a las actividades agropecuarias llevadas a cabo por los habitantes, resaltando la tala de frailejones.



Gráfica 20. Área total en Ha, año 2014.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 105 de 136

En el año 2018 se observa la disminución de áreas correspondientes con las clases 3 y 4, debido a las sanciones, en la gráfica de barras se puede analizar que las clases que predominan son la 2 y la 3, es decir la baja presencia de vegetación y la mediana presencia de la misma, mientras que la clase 4 descendió en comparación al año 2014, y la clase 1 no es significativa, es decir que no hay mucha presencia de suelo desnudo o árido; estos análisis difieren en el control que hay actualmente en esta zona de reserva natural.

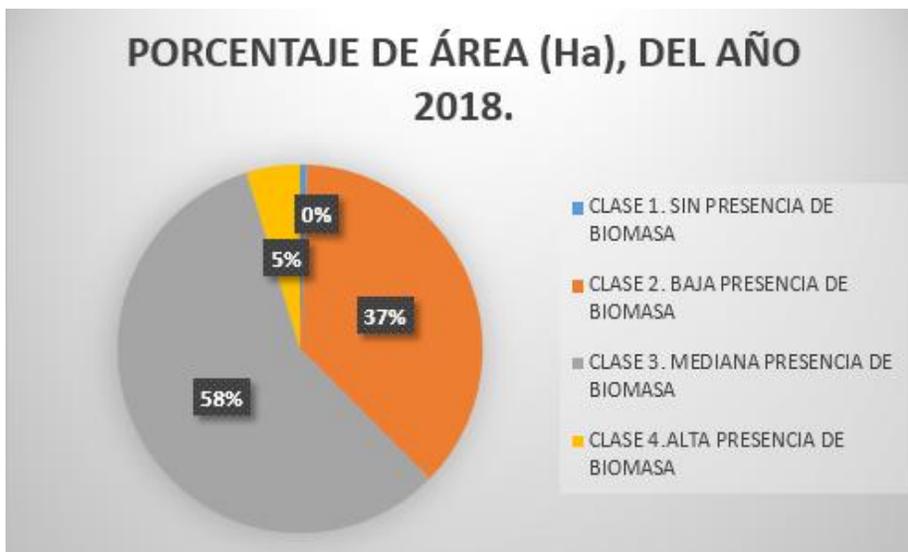


Gráfica 21. Área total en Ha, correspondiente al año 2018.

En la gráfica circular, se observa que la clase 3 es la que predomina, corresponde al 58% , es decir que el área correspondiente a esta clase cubre más de la mitad de la zona de estudio, y la clase 2, corresponde al 37% es decir que existe una baja presencia de vegetación, esto permite analizar la dinámica vegetal, infiriendo que se disminuyó la actividad agrícola, la clase 4 que corresponde al 5% permite deducir que la presencia alta de biomasa declino y la clase 1 que corresponde al 0% con respecto los valores de las demás clases, brinda el significado de que no hay muchas

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 106 de 136

zonas áridas, o suelo desnudo, factor que se presenta por causa de la tala de frailejones y actividades ilegales que perjudican la estructura del ecosistema.



Gráfica 22. Área total en Ha, año 2018.

AÑO	SIN PRESENCIA DE VEGETACION %	BAJA PRESENCIA DE VEGETACION %	MEDIANA PRESENCIA DE VEGETACION %	ALTA PRESENCIA DE VEGETACION %
1991	12	46	40	2
2014	0	1	78	21
2018	0	37	58	5

Tabla 16. Índice de vegetación, de cada año.

Fuente: Propia.

La tabla 14 indica los porcentajes de cada índice de vegetación, resaltando el incremento de los cultivos o la actividad pecuaria practicada durante los años 1991, 2014 y 2018 en la zona de estudio.

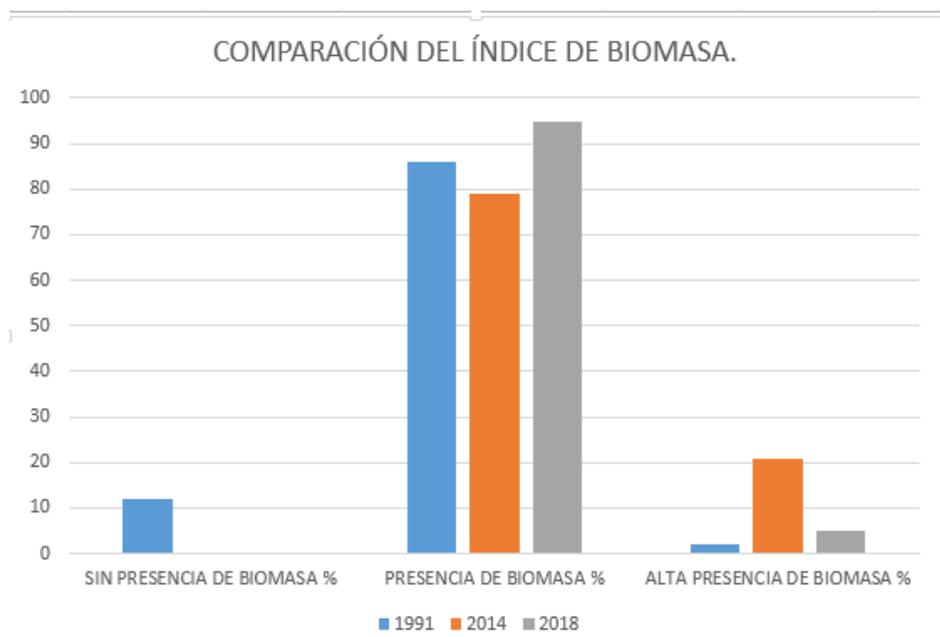
	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 107 de 136

AÑO	SIN PRESENCIA DE BIOMASA %	PRESENCIA DE BIOMASA %	ALTA PRESENCIA DE BIOMASA %
1991	12	86	2
2014	0	79	21
2018	0	95	5

Tabla 17. Índice de biomasa.

Fuente: Propia.

Por otra parte, en la tabla 15 se observa, la coalición llevada a cabo entre las clases 2 y 3, correspondientes a baja presencia de biomasa y mediana presencia de biomasa, debido a que estas comprenden la vegetación representativa, es decir, la espeletia, se tomó esta decisión, ya que en ambas clases fusionadas se registra la respuesta espectral de los frailejones, y por causa de su estructura vegetal, no se puede dar un dictamen con certeza de la reflectancia, absorbancia y transmitancia, porque inciden otros factores, como por ejemplo el suelo, los cuerpos de agua que existen en la zona de estudio, y que posiblemente intervienen en la identificación picto-morfológica y el procesamiento digital.



Gráfica 23. Comparación del índice de biomasa durante los años 1991, 2014 y 2018.

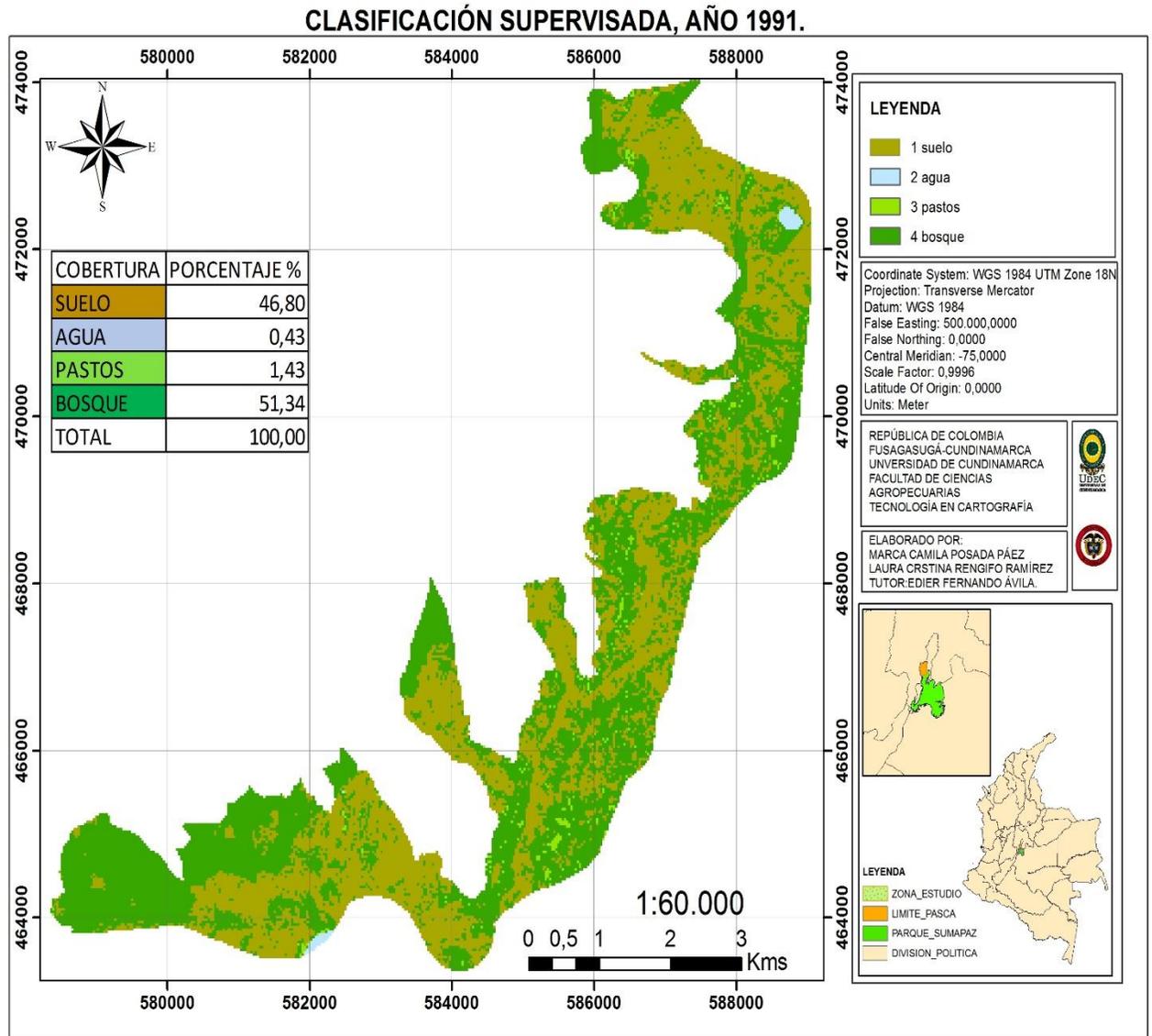
	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 108 de 136

En la gráfica de columnas 17, se observa que, los años donde se incrementó el índice de biomasa, fue durante 1991 y 2018, mientras que en el año 2014 hubo un descenso, debido a todos los inconvenientes presentados por causa de las actividades antrópicas, por otro lado, se resalta la dimensión de los cultivos o actividad pecuaria, como eje principal de este proyecto, y se concluye que en el año 2014 el incremento fue del 21%, en comparación al año 1991 con un 2% y al año 2018 que representa un incremento del 5%; con estos valores se verifica la ampliación de cultivos intervenida entre los años 2014 y 2016 por la Corporación Autónoma regional de Cundinamarca, (CAR), y se puede observar la disminución drástica de zonas cubiertas con cultivos, dentro del área de estudio, en el año 2018.

8.5.4 Mapas temáticos del conflicto de uso.

A continuación se presentan las salidas gráficas.

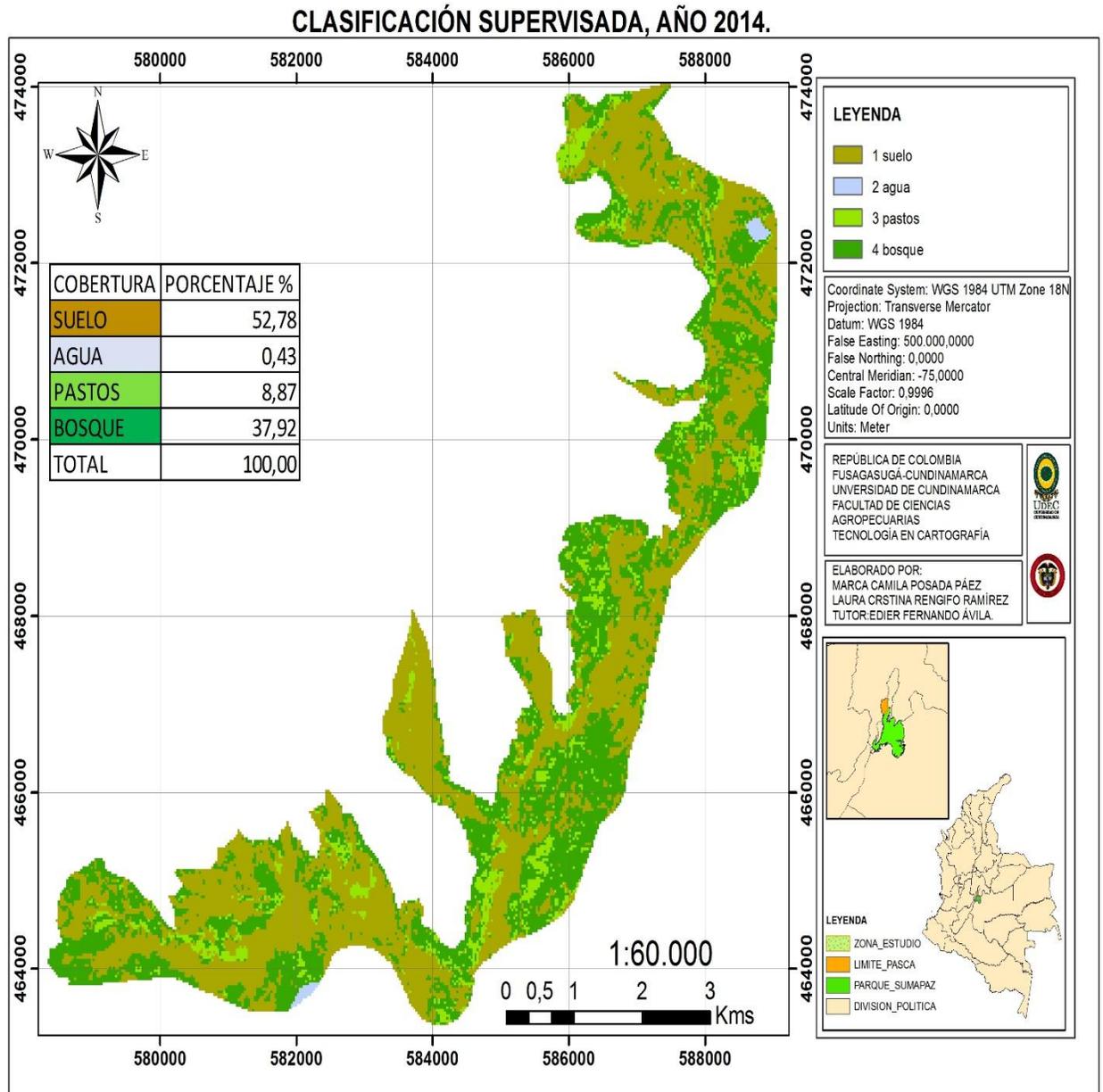
8.5.4.1 Áreas de entrenamiento. Clasificación supervisada.



Mapa 3. Clasificación supervisada, año 1991.

Fuente: Propia.

En el año 1991 la cobertura de bosque es alta, debido a la carencia de prácticas antrópicas llevadas a cabo por los agricultores, es notable el incremento por causa de la intervención y sanciones realizadas a quienes llevan a cabo prácticas agrícolas.

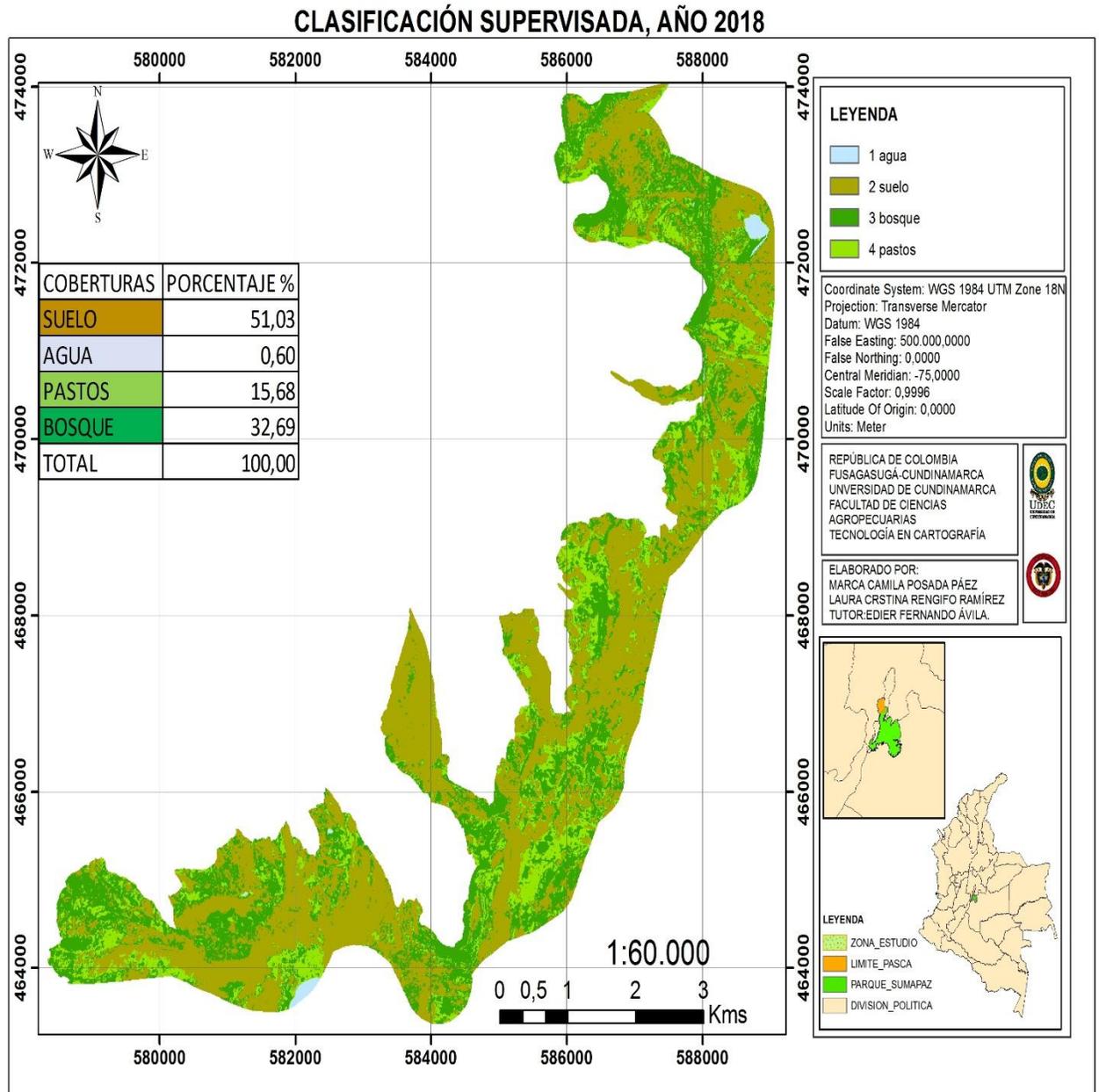


Mapa 4. Clasificación supervisada, año 2014
Fuente: propia.

En la clasificación supervisada se marcaron 4 clases, a las cuales se les asignaron los nombres, en este año la cobertura de suelo tuvo un valor equivalente al 54%, es decir,

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 111 de 136

que pudo haber actividad agropecuaria, debido a las quemas el suelo queda desnudo y fértil, propicio para cultivar.

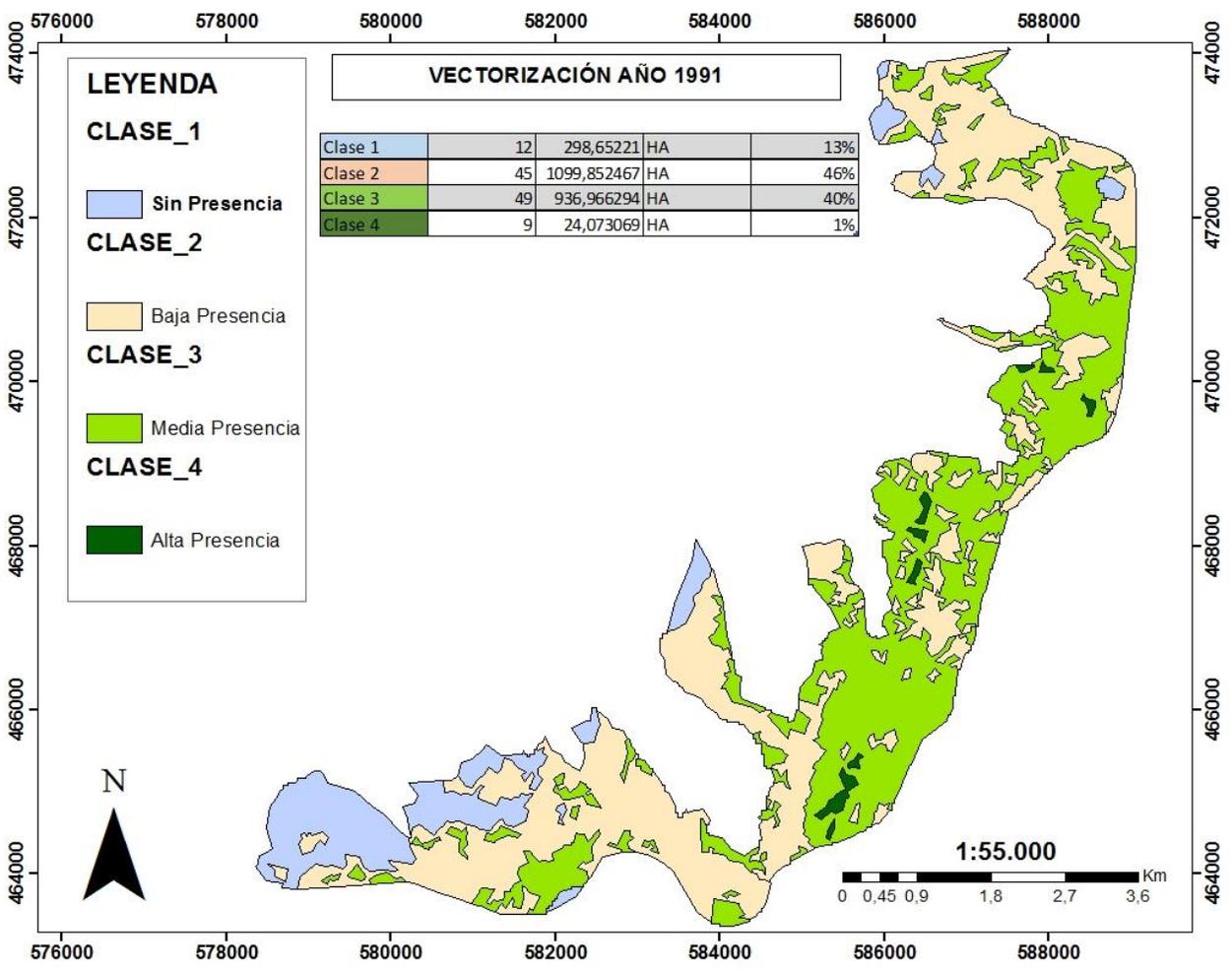


Mapa 5. Clasificación supervisada, año 2018.

Fuente: Propia.

En este año se refleja la intervención de la CAR en el PNN Sumapaz, ya que la clase 4, es decir, el bosque tuvo un incremento del 3% con respecto al año 2014.

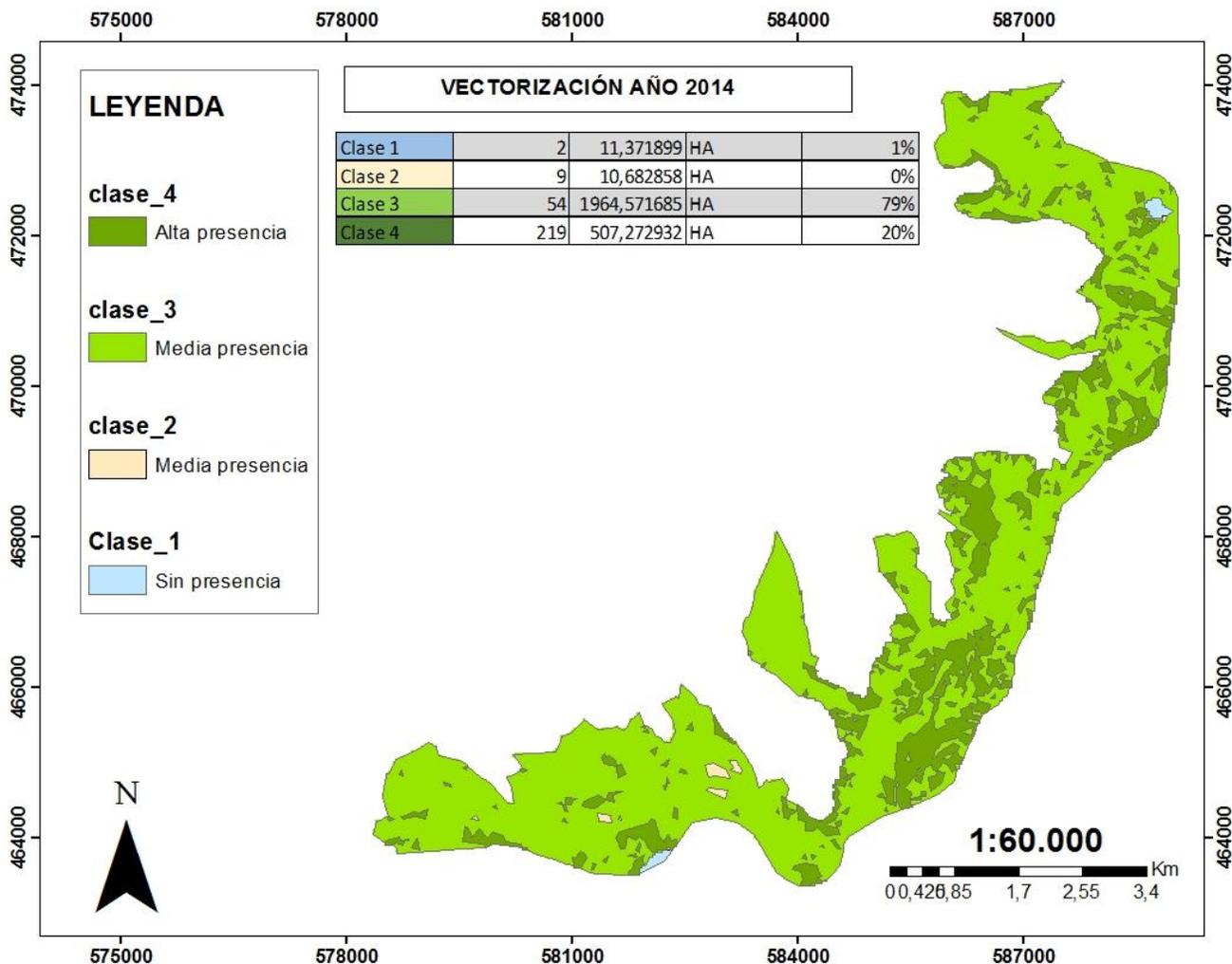
8.5.4.2 Vectorizacion.Clasificación NO supervisada.



Mapa 6. Vectorizacion de la zona de estudio, 1991
Fuente. Propia.

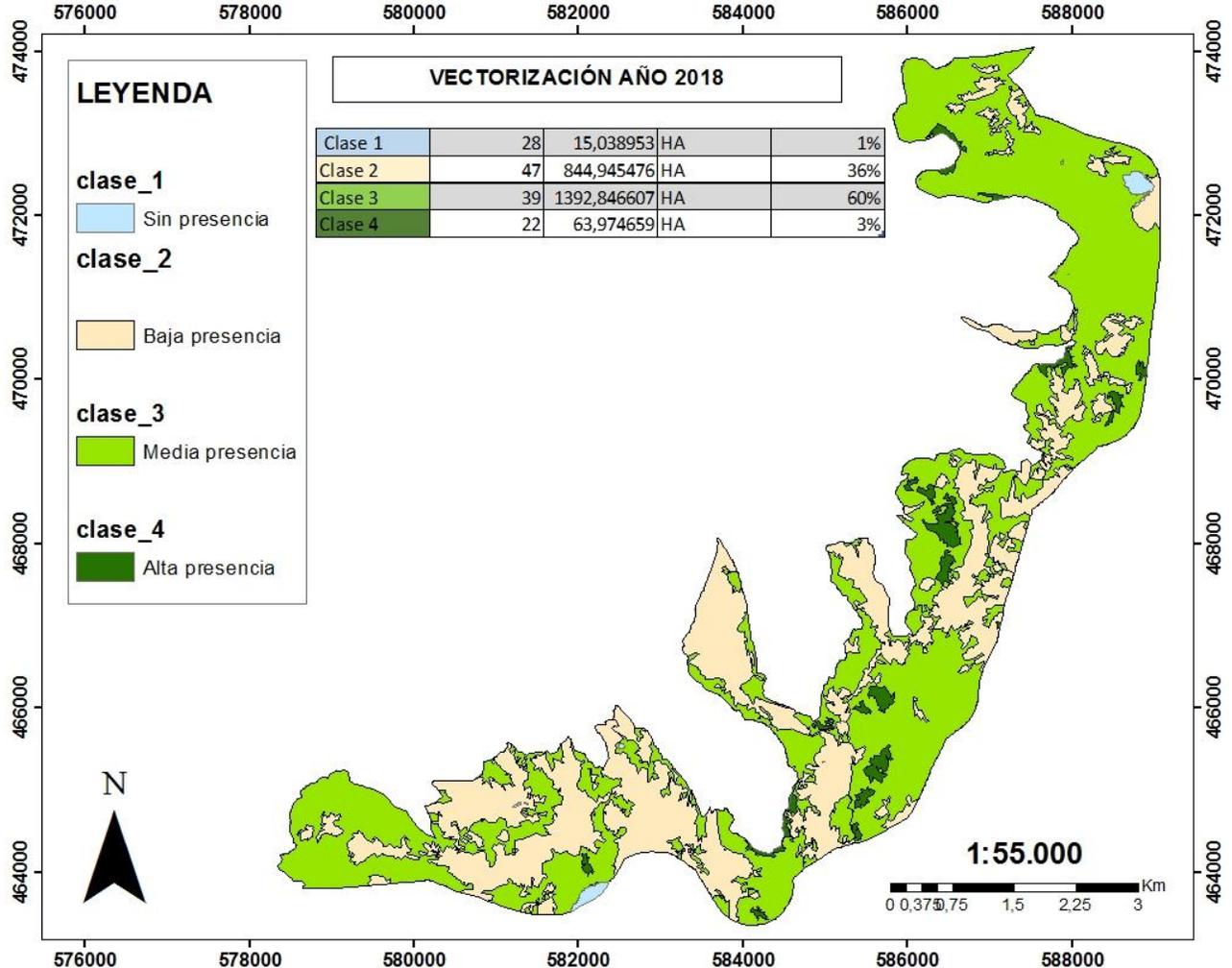
En esta salida grafica, se puede contemplar que el indice de nubosidad a pesar de haber sido corregido radiometricamente es visible, ya que en la clase 1 no hay presencia de biomasa, teniendo en cuenta los cuerpos de agua y el suelo; pero la baja presencia de biomasa es mas notable por el 46%, mientras que la clase 4, es decir, la

alta presencia de biomasa solo comprende un 1%. Por otro lado la baja presencia de vegetación oscila por el 40%.



Mapa 7. Vectorización de la zona de estudio, 2014.
Fuente. Propia.

Se puede apreciar en este mapa que las 4 clases que surgieron a partir de la reclasificación elaborada en la clasificación NO supervisada, corresponden al nivel de biomasa que fue calculada con probabilidades, pero no a ciencia cierta.



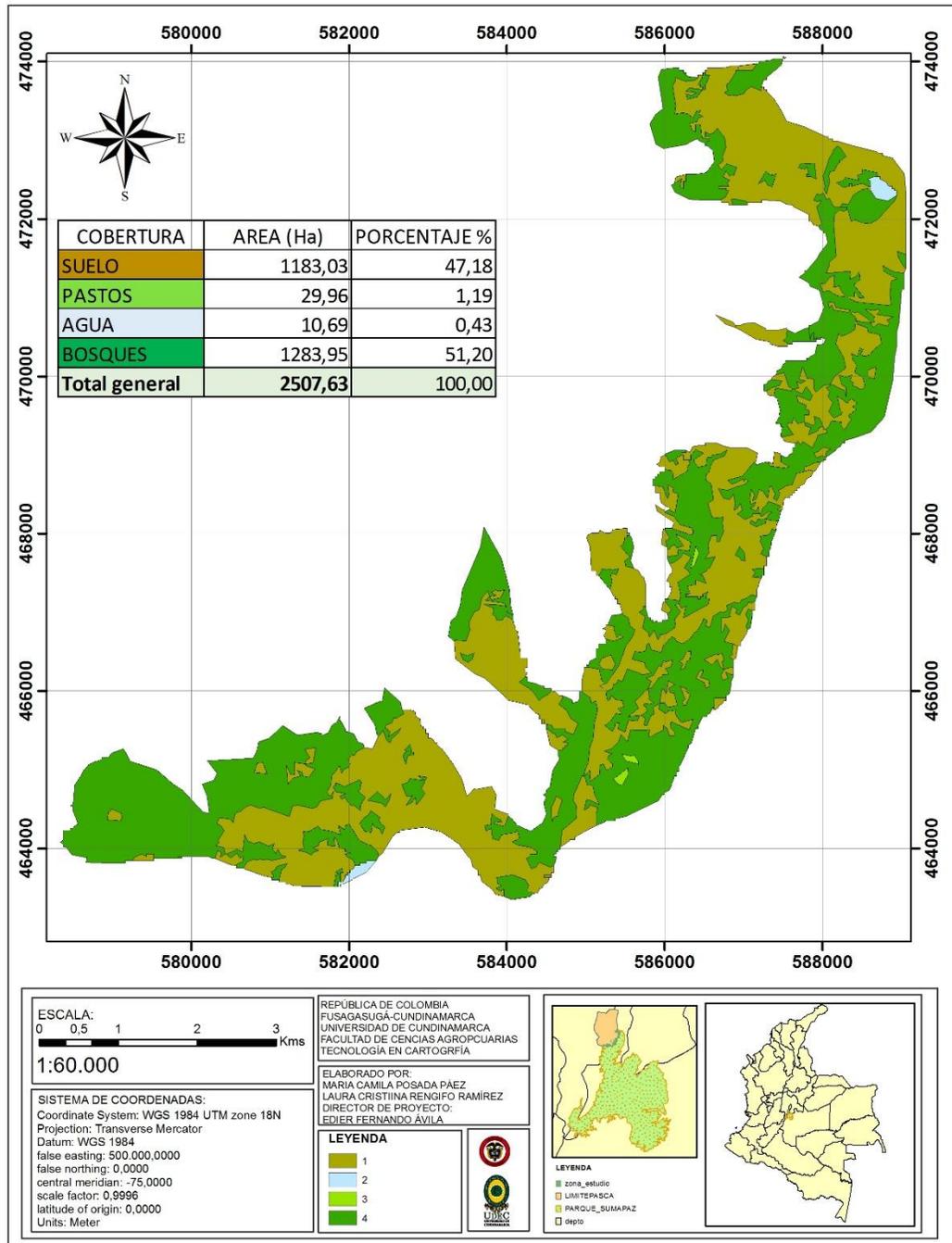
Mapa 8. Vectorización de la zona de estudio, 2018.
Fuente. Propia.

En la conversión, se puede observar que cada polígono corresponde al área de los polígonos generados en el software, donde se aprecia que existe presencia de vegetación, en un nivel mediano en el año 2014, al igual que la zona agrícola, mientras que la presencia de cultivos en el año 1991 y 2018 es baja. Se pueden calcular áreas a partir de los datos arrojados por Arcgis.

8.5.4.3 Vectorización, Clasificación Supervisada.



VECTORIZACIÓN Y CÁLCULO DE ÁREAS, AÑO 1991.



Mapa 9. Vectorización de la zona de estudio, año 1991.

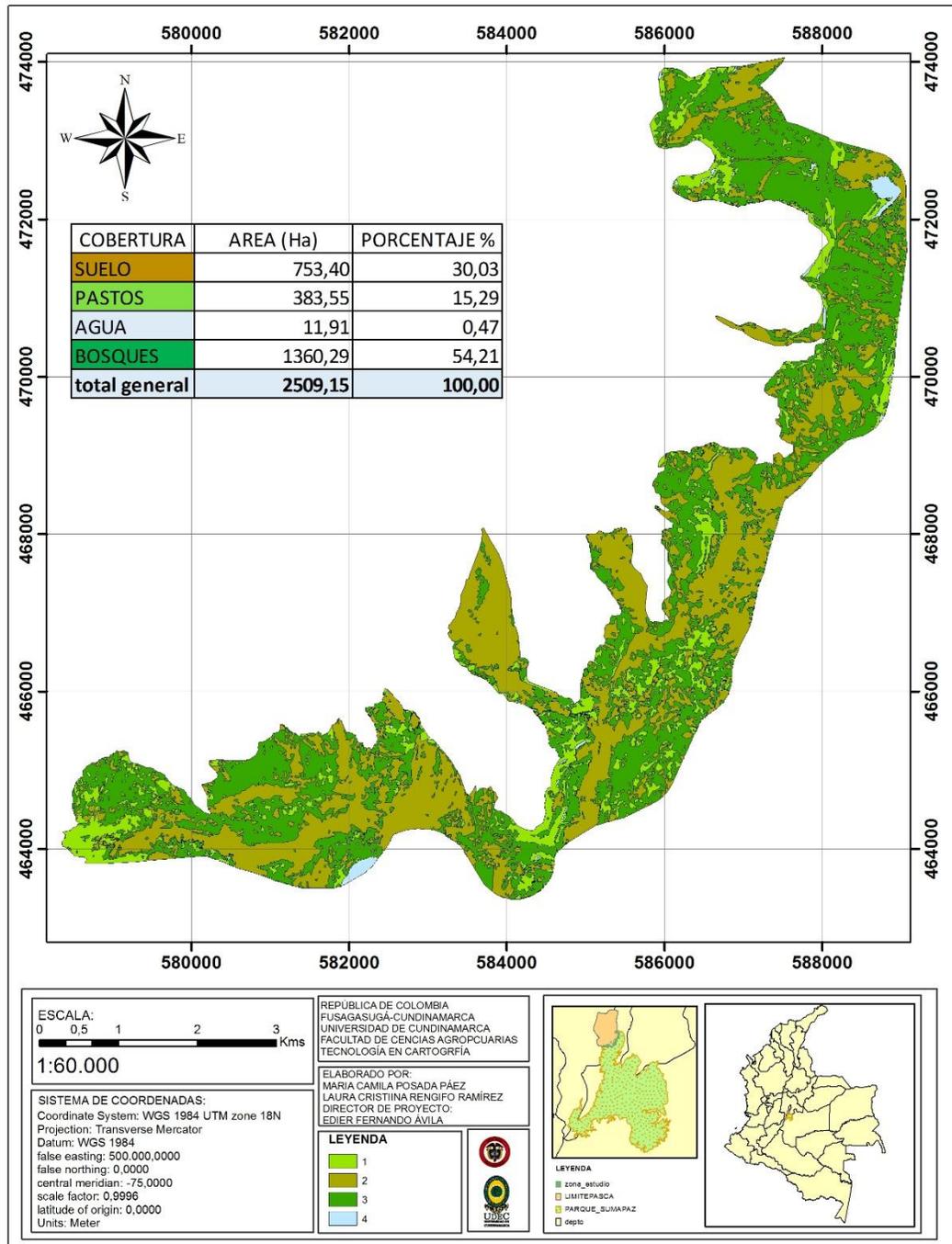
Fuente: Propia.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 117 de 136

En el año 2014, la cobertura de bosque predomina con un 51.20%, mientras que la cobertura de suelo está compuesta por 47,18%, es decir que la tala de frailejones es más evidente, debido a las prácticas antrópicas, como por ejemplo las quemadas llevadas a cabo en la zona de estudio.



VECTORIZACIÓN Y CÁLCULO DE ÁREAS, AÑO 2014.

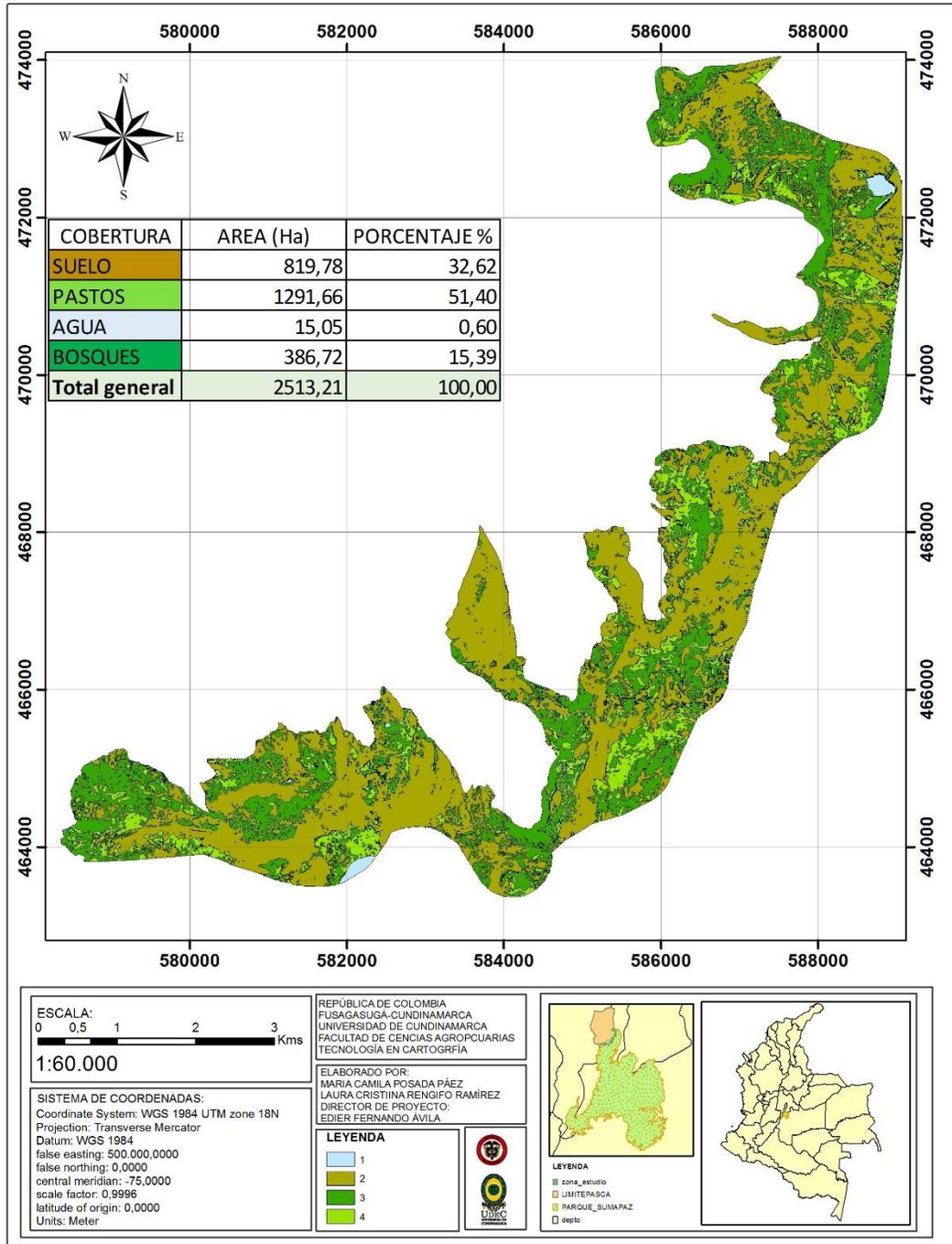


Mapa 10. Vectorización de la zona de estudio, año 2014.
Fuente: Propia.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 119 de 136

La cobertura de bosques predomina con un 54%, y se evidencia el porcentaje del suelo, aludiendo a la intervención realizada por la CAR, debido al aumento de cultivos en el parque nacional natural Sumapaz.

VECTORIZACIÓN Y CÁLCULO DE ÁREAS, AÑO 2018.



Mapa 11. Vectorización de la zona de estudio, 2018.

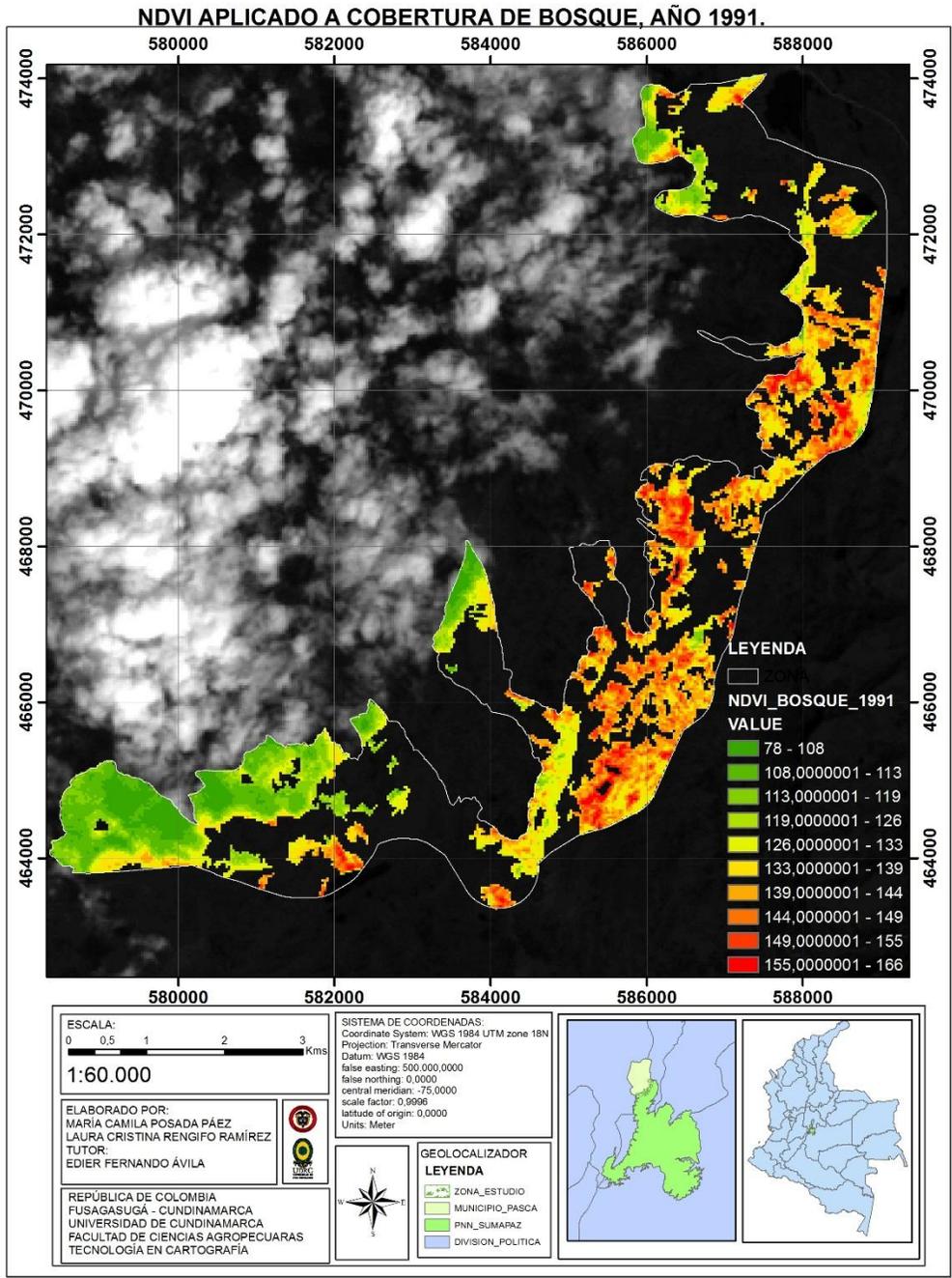
Fuente: Propia.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 121 de 136

En el año 2018 hubo un incremento en la cobertura de pastos, debido a la intervención realizada por la CAR, puesto que se han realizado sanciones por causa De la agricultura extensiva.

8.5.4.4 NDVI aplicado a cobertura de bosque.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 122 de 136



Mapa 12. NDVI aplicado a la cobertura de bosque, año 1991.

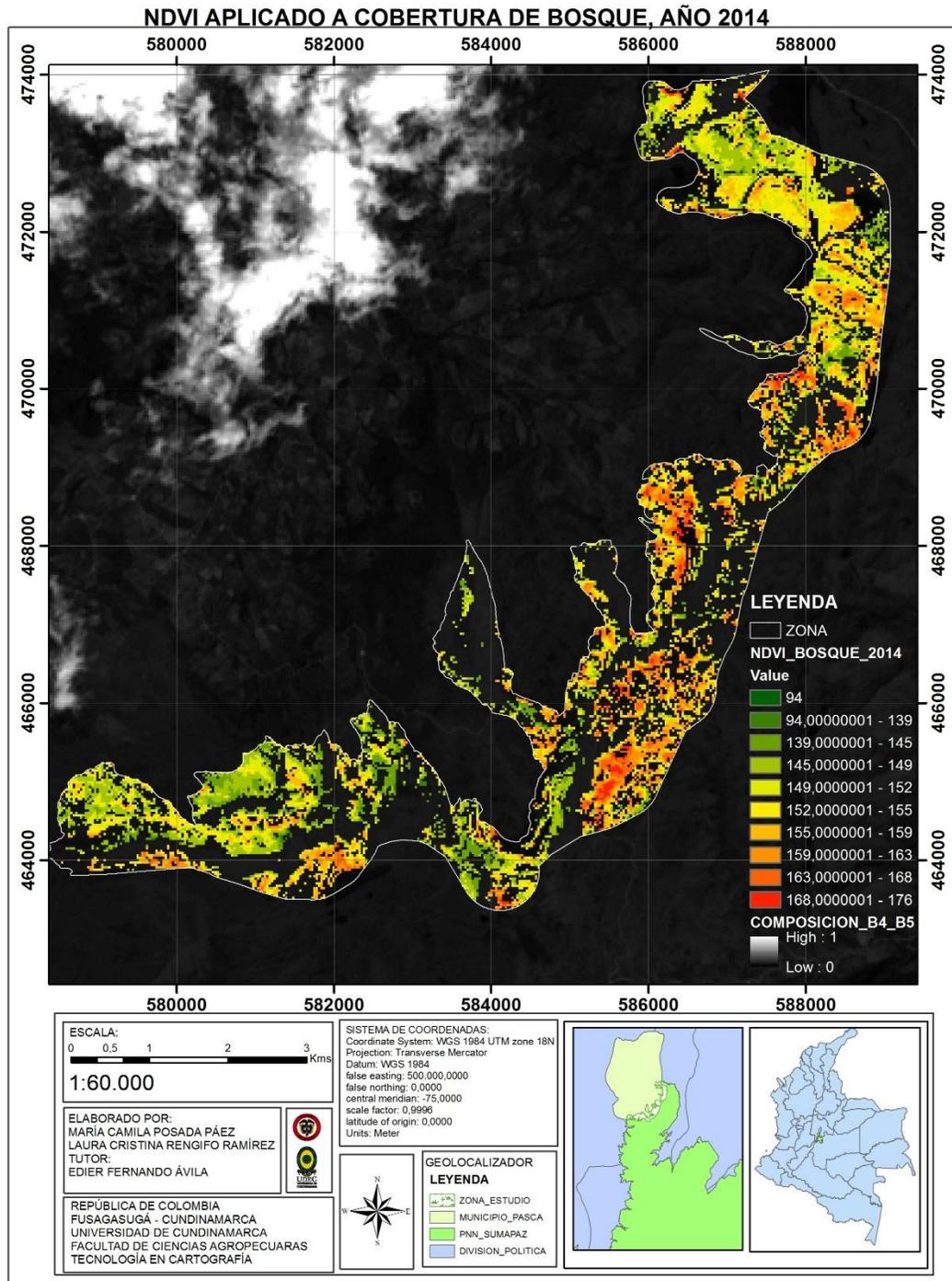
Fuente: Propia.

En el NDVI del año 1991, se puede observar que el color rojo es el que corresponde a la mayor cantidad de biomasa, pero en este año hubo un índice bajo, que indica la

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 123 de 136

presencia de pocos cultivos, debido a su reflectancia, pero se evidencia la presencia de coberturas vegetales como bosque, probablemente frailejones en la mayor parte de la zona de estudio.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 124 de 136

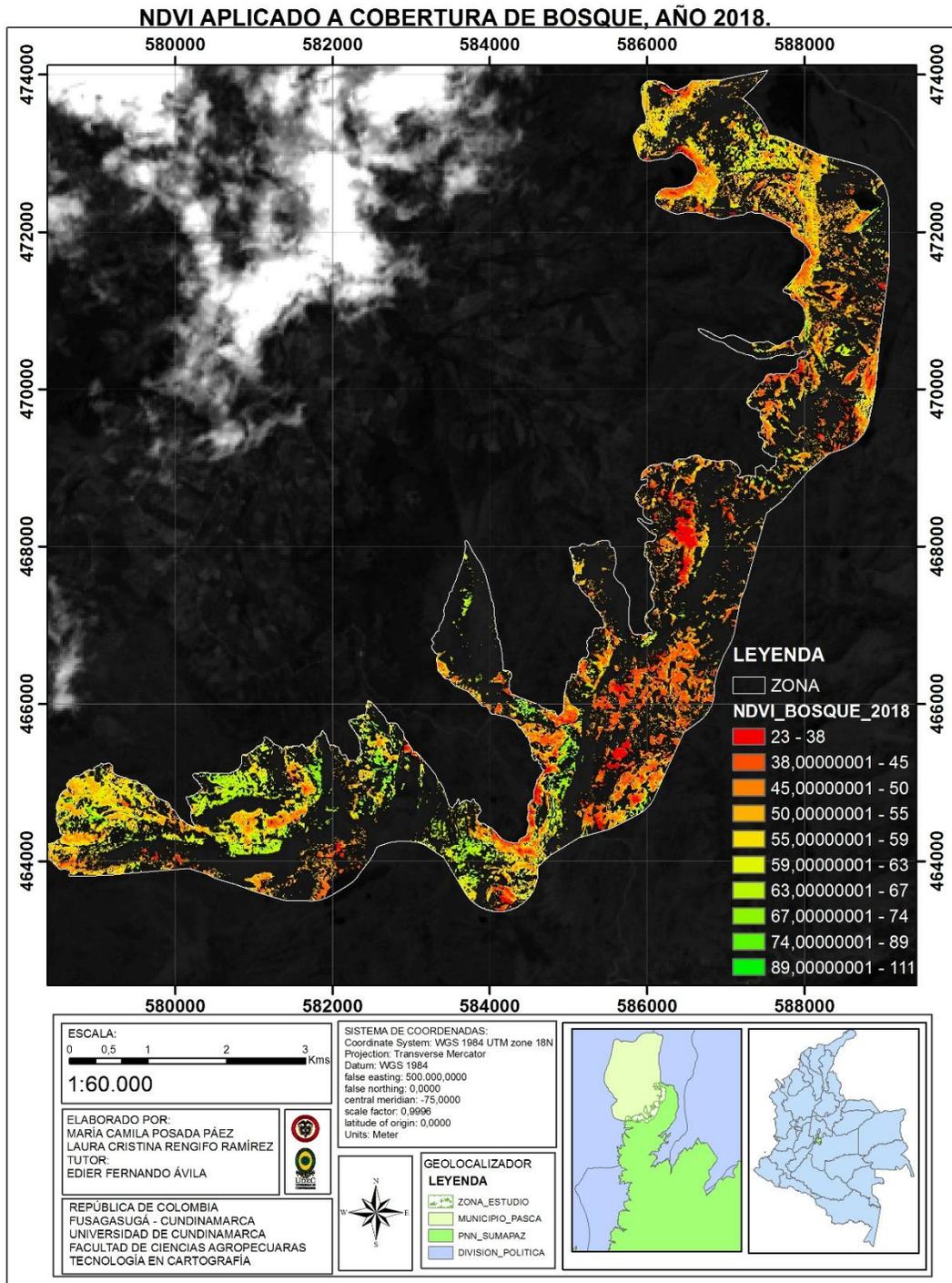


Mapa 13. NDVI aplicado a cobertura de bosque, año 2014.
Fuente: Propia.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 125 de 136

En esta salida grafica se evidencia la cantidad de biomasa que hay en la zona de estudio con respecto a la cobertura de bosque, ya que es notable la vigorosidad debido a la intervención realizada por la entidad encargada de regular por ley el medio ambiente y las áreas protegidas.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 126 de 136



Mapa 14.NDVI aplicado a cobertura de bosque, año 2018.

Fuente:Propia

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 127 de 136

En este mapa se puede observar que el nivel de vegetación o biomasa disminuyó, puesto que hay zonas descubiertas que indican un nivel bajo de coberturas vegetales, en cuanto a bosque, se puede realizar la comparación con el NDVI del año 2014 y concluirse que descendió, debido a la tala de frailejones que se lleva a cabo por los agricultores, y por lo tanto afecta el ecosistema de páramo.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 128 de 136

9 CONCLUSIONES.

La zona de estudio sufrió tres cambios durante el periodo (1991, 2014 y 2018), con respecto al índice de vegetación que presentan, debido a la dinámica vegetal, se puede deducir que en el año 1991 existían zonas descubiertas, en cuanto a la actividad agrícola hubo una disminución con respecto al año 2014, cabe resaltar que en el año 2014 hubo un incremento en las coberturas de bosque, cubriendo de forma casi total las áreas que no presentaban coberturas, mientras que el año 2018 retomó la condición muy parecida a la del año 1991, puesto que el NDVI y la clasificación supervisada, arrojados por el procesamiento de la imagen describe una zona con áreas descubiertas.

Se realizó una fusión entre las clases 2 y 3 en cada año, correspondientes al nivel de biomasa bajo y medio, obtenidas a partir de la aplicación del NDVI y los procesos de reclasificación, debido a las características de los frailejones, ya que, su respuesta espectral puede variar por otros componentes de la superficie terrestre (suelo desnudo, cuerpos de agua, nubes), y teniendo en cuenta, que, el principal foco que se está analizando en este proyecto educativo es el índice de vegetación, en cuanto a los cultivos y la respuesta espectral que tiene la actividad pecuaria.

La clasificación supervisada ejecutada se dividió en 4 clases, las tres imágenes arrojaron resultados y se elaboró la respectiva vectorización, en base a esto generamos el índice de vegetación, por ende se generaron salidas graficas que demuestran como predomina la densidad de biomasa o vegetación en la imagen satelital correspondiente al año 2014, determinando que las coberturas de bosque sobresalen.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 129 de 136

Se presentaron falencias, a pesar de que las imágenes se encontraban en óptimas condiciones, no superaron las expectativas en cuanto al procesamiento y la visualización, debido a su resolución radiométrica, pero nos apoyamos con el basemap que proporciona el software utilizado (ArcGIS).

El tiempo y la falta de recursos impidieron realizar la correspondiente validación de campo, esto limitó la acción de complementar con procesos la verificación de cultivos y coberturas vegetales presentes en la zona de estudio, pero se llevó a cabo el procedimiento de clasificación supervisada, basándonos en la observación de las variables visuales.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 130 de 136

10 RECOMENDACIONES.

Se debe tener en cuenta la resolución espacial y radiométrica de las imágenes, antes de procesarlas en el software, ya que la resolución de las imágenes Landsat TM 5 y Landsat OLI 8, correspondiente a 30 mts no permitio visualizar de manera optima los cultivos, y agregando que la resolución espectral de las bandas utilizadas es de 32 bits, lo cual no permite que haya un adecuado procesamiento digital.

Es importante la verificación en campo, debido al conocimiento adquirido para el analisis y la observacion de las areas de entrenamiento establecidas en la zona de estudio.

Incrementar el apoyo academico y económico en proyectos de investigacion en la universidad, para llevar a cabo procesos de foto-interpretacion, que genere impacto en el ambito educativo y social, debido a las problematicas que surgen y pueden ser explicadas por medio de la cartografía.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 131 de 136

11 BIBLIOGRAFÍA

- A, A. (1989). *Aplicaciones de las imágenes espaciales a la cartografía de base , Teledetección y planificación integrada del territorio*. Madrid.
- A., G. M. (1997). Acerca de los índices de vegetación. *Revista de Teledetección*.
- Agency, E. E. (14 de MARZO de 2018). *ESA*. Obtenido de ESA: http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEMO1U3FEXF_0.html
- Alcaldía Mayor de Bogotá, D. P. (diciembre de 2012). *AMBIENTE BOGOTA*. Obtenido de AMBIENTE BOGOTA: <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/10157/2883180/PAL+Sumap%C3%A1z+2013-2016.pdf>
- Ambiente, R. M. (17 de junio de 2016). Sancionan a taladores de frailejones en el Páramo de Sumapaz. *EL TIEMPO*.
- Andres Murillo, E. a. (16 de Julio de 2014). *estimación de la evapotranspiración en cultivos de arroz con sensores remotos*. Obtenido de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7894/1/CB-0510997.pdf>
- ANLA & MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO. (02 de junio de 2015). *autoridad nacional de licencias ambientales*. Recuperado el 23 de 03 de 2015, de decreto 3016 de 2013: <http://www.anla.gov.co/contenido/contenido.aspx?conID=11249&catID=1463>
- Ávila, E. F. (2017). Firma espectral del cultivo de maíz con. *Revista de ciencias agropecuarias*, 83.
- Bense, T. (2007). *TELEDET*. Obtenido de TELEDET: <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/sensores-satelitales.htm>
- Bense, T. (2007). *TELEDET*. Obtenido de TELEDET: <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/satelites-resolucion-espacial.htm>
- Caro, C. A. (2010). IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN ENFOCADAS HACIA LA CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL DEL CORREDOR. *Universidad Javeriana*.
- Chuvieco, E. (2002). *Fundamentos de teledetección*. Madrid.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 132 de 136

- Chuvieco, E. (mayo de 2002). *teledeteccion ambiental*. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=aKsNXCVtcQC&printsec=frontcover&dq=i nauthor:%22Chuvieco+Salinero%22&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiSo8vG6vXRAh XG0iYKHUUBC1wQ6AEIGDAA#v=onepage&q&f=false>
- Chuvieco, E. (2007). Obtenido de <http://www.raco.cat/index.php/DocumentsAnalisi/article/viewFile/86622/111636>
- Chuvieco, E. (junio de 2007). *mirar desde el espacio o mirar hacia otro lado*. Obtenido de <http://www.raco.cat/index.php/DocumentsAnalisi/article/viewFile/86622/111636>
- CIAT. (Marzo de 2007). *MEJORA DE LOS SISTEMAS DE CARTOGRAFÍA DEL TERRITORIO COLOMBIANO*. Obtenido de ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/Teledeteccion/Teledeteccion_Modulo.pdf
- Ciencias, F. d. (2017). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA*. Obtenido de [UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA: http://ciencias.bogota.una.l.edu.co/gruposdeinvestigacion/ecolmod/informacion-de-interes/que-son-los-sensores-remotos/](http://ciencias.bogota.una.l.edu.co/gruposdeinvestigacion/ecolmod/informacion-de-interes/que-son-los-sensores-remotos/)
- Colparques. (23 de septiembre de 2016). <http://www.colparques.net/SUMAPAZ>. Obtenido de <http://www.colparques.net/SUMAPAZ>: <http://www.colparques.net/SUMAPAZ>
- consejo municipal administrativo. (2003). *acuerdo n°008 . fusagasuga*.
- DANE. (2011). *Información base para la construcción del PIU*. Obtenido de http://www1.cundinamarca.gov.co/PIU-2012/CUNDINAMARCA%202012/PLANES%20INTEGRALES%20C3%9A NICOS%20-%20PIU/DOCUMENTOS%20PIU/CUNDINAMARCA_FUSAGASUGA/PIU.pdf
- Departamento administrativo de la funcion publica. (27 de septiembre de 2011). *Ministerio de ambiente y desarrollo*. Recuperado el 23 de 03 de 2015, de decreto ley 3570 de 2011: https://www.minambiente.gov.co/images/Ministerio/Misi%C3%B3n_y_Vision/dec_3570_270911.pdf
- Durán, I. O. (2002). *Habitat Funcional de la Focha Americana en un humedal de la Sábana de Bogotá*. Bogotá.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 133 de 136

f.propia. (2017). Fusagasugá.

Fernández, S. C. (2011). *Aplicaciones de la Teledetección y SIG al control y cuantificación de agua subterránea*. Castilla.

fotointerpretacion digital. (15 de mayo de 2009). Obtenido de <http://www.um.es/geograf/sig/teledet/fotogeol.html>

fusagasuga, A. d. (2010). *DIAGNÓSTICO MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ*. (a. d. planeacion, Ed.) Recuperado el 13 de marzo de 2015, de file:///C:/Users/SALA110-01/Downloads/GENERALIDADES_MUNICIPIO_FUSAGASUGA.pdf

G., B. (2000). *The CORINE Land Cover*.

GEOCENTO, S. D. (2016). *GEOCENTO*. Obtenido de GEOCENTO: <http://geocento.es/galeria-de-satelites-para-buscar-y-adquirir-imagenes/satelite-imagenes-landsat-8/>

GEOCENTO, S. D. (2016). *GEOCENTO*. Obtenido de GEOCENTO: <http://geocento.es/galeria-de-satelites-para-buscar-y-adquirir-imagenes/satelite-imagenes-landsat-5/>

Gilalbert, M. (1997). Teledeteccion:Usos y aplicaciones. *Revista de teledeteccion*, 10.

Herrera, J. S. (05 de Junio de 2008). Páramo de Sumapaz, afectado por sobrepastoreo, talas de frailejón y cultivos de papa. *EL TIEMPO*.

Herrera, J. S. (5 de junio de 2008). Páramo de Sumapaz, afectado por sobrepastoreo, talas de frailejón y cultivos de papa. *EL TIEMPO*.

<http://www.colparques.net/SUMAPAZ>. (23 de septiembre de 2016). <http://www.colparques.net/SUMAPAZ>. Obtenido de

<http://www.colparques.net/SUMAPAZ>: <http://www.colparques.net/SUMAPAZ> <http://www.um.es/geograf/sig/teledet/clasific.html>. (12 de febrero de 2015).

Humboldt, I. d. (19 de febrero de 2018). *Humboldt.org*. Obtenido de Humboldt.org: <http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1180-frailejones-en-peligro?highlight=YToxOntpOjA7czo3OiJzdW1hcGF6Ijt9>

IDEAM. (2015). *PROTOCOLO DE PROCESAMIENTO DE IMAGENES*. Obtenido de PROTOCOLO DE PROCESAMIENTO DE IMAGENES: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022108/PARTE2.pdf>

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 134 de 136

- INEGI. Direccion general de geografía y medio ambiente, A. T. (2010). *INEGI*. Obtenido de INEGI:
http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_de_imagenes_landsat.pdf
- J.Cabello 1, J. P. (septiembre de 2008). *la teledeteccion en estudios ecologicos*. Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:011H8TW-280J:www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/articulo/download/77/74+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>
- Landsat, M. (2018). *USGS*. Obtenido de USGS: <https://landsat.usgs.gov/landsat-5-history>
- Mauverney, R. (2000). *unon mundial para la naturaleza*.
- Mesa, J. A. (2011). *TELEDETECCIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL PÁRAMO DE BELMIRA CON IMÁGENES LANDSAT*. *Revistas Unal*.
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (17 de mayo de 2013). *ministerio de medio ambiete y desarrollo*. Recuperado el 23 de 03 de 2015, de decreto 0953 de 2013: https://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/decreto/Adjunto_1.DECRETO_953_DEL_17_DE_MAYO_DE_2013.pdf
- ministerio de ambiente, v. y. (1991). *constitucion politica de combia*.
- Monteith, J. (1981). *Evaporation and Surface temperatur*. oxford.
- Murcia, U. d. (2006). *Fotointerpretación y Teledetección*. Murcia.
- Murcia, U. d. (2016). *fundamentos físicos de la teledetección*. Obtenido de fundamentos físicos de la teledetección: <http://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema01.pdf>
- Murcia, U. d. (2017). *UM*. Obtenido de UM: <http://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema01.pdf>
- Murcia, U. d. (s.f.). *UNIVERSIDAD DE MURCIA*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE MURCIA: <http://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema09.pdf>
- ORTEGA, M. P. (2011). *APLICACIONES DE LA TELEDETECCIÓN Y SIG EN LA CARACTERIZACION DE HUMEDALES*. Obtenido de http://eprints.ucm.es/13964/2/TFM_Maria_Perez.pdf
- Pasca, A. d. (17 de noviembre de 2012). *Alcaldia de Pasca-Cundinamarca*. Obtenido de Alcaldia de Pasca-Cundinamarca: www.pasca-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml#geografia

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 135 de 136

- peligro, P. e. (diciembre de 2013). *GREENPEACE*. Obtenido de <http://www.greenpeace.org/colombia/Global/colombia/images/2013/paramos/12/Informe%20P%C3%A1ramos%20en%20peligro.pdf>
- Posada, R. (2017). *proyecto de grado*. Fusagasugá.
- Rios, J. B. (2014). *El uso de la teledetección de alta resolución como herramienta para realizar un manejo eficiente del riego en viñedos*. Córdoba.
- Sacristan, F. (2016). *La teledeteccion al servicio del medio ambiente*. Obtenido de www.tecnicaindustrial.es
- Secretaria General de la Nacion . (10 de mayo de 2015). Recuperado el 23 de 04 de 2015, de ley 160 DE 1994: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0160_1994.html
- secretaria general de la nacion ; alcaldía de BOGOTA. (29 de 06 de 2011). *consulta la norma*. Recuperado el 15 de MARZO de 2015, de Ley 1454 de 2011 Nivel Nacional: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=43210>
- Secretaria General de la nacion y alcaldia de Bogota. (18 de diciembre de 1974). *Consulta la norma*. Recuperado el 24 de 03 de 2015, de Decreto-Ley 2811 de 1974: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>
- secretaria general de la nacion y alcaldía de Bogota. (22 de diciembre de 1993). *consulta la norma* . Recuperado el 12 de 03 de 2015, de ley 99 del 1993 nivel nacional: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>
- SECRETARIA GENERAL DE LA NACION Y ALCALDIA DE BOGOTA. (22 de JUNIO de 1994). *COLSULTA LA NORMA*. Recuperado el 13 de 03 de 2015, de LEY 139 DE 1994 NIVEL NACIONAL : <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30220>
- Secretaria general de la nacion y alcaldia de bogota. (94 de noviembre de 1994). *consulta la norma*. Recuperado el 20 de 03 de 2015, de ley 165 de 1994: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37807>
- Secretaria General de la Nacion y alcaldia de la nacion . (26 de julio de 1996). *consulta la norma*. Recuperado el 23 de 03 de 2015, de ley 299 de 1996: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5518>

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSION: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 136 de 136

- SM. GEODIM Modelos de información de la tierra, S. 2. (2014). *GEODIM*. Obtenido de GEODIM: <http://www.geodim.es/pdf/Geodim%20SENTINEL-2A.pdf>
- SUMAPAZ, P. N. (03 de 02 de 2017). Obtenido de PARQUE NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA: <http://www.parquesnacionales.gov.co/porta/es/parques-nacionales/parque-nacional-natural-sumapaz/>
- Synge, H. (1996-2000). areas protegidas. *cmap*, 19.
- TELEDET. (s.f.). Obtenido de TELEDT: <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/sensores-satelitales.htm>
- Teledetección", R. C. (noviembre de 1999). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: http://www2.inia.cl/medios/transferencia/tallersatelital/bsesteoricasp.remota_rcastro.pdf
- Torres, L. A. (2009). Caracterización de firma espectral a partir de sensores remotos para el manejo de sanidad vegetal en el cultivo de palma de aceite. *Colciencias*.
- TyCGis. (2013). *TyCGis*. Obtenido de <http://tycgis.com/contacto-2/>
- Univrsidad de Murcia, C. (2015). *UM*. Obtenido de UM: <http://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema09.pdf>
- USGS-LANDSAT MISSIONS, L. 8. (2018). *USGS Science for a changing world*. Obtenido de USGS Science for a changing world: <https://landsat.usgs.gov/landsat-8>
- VENTURA, V. F. (1999). *FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL CONTROL DE LAS EXTRACCIONES MEDIANTE TELEDETECCION*. Obtenido de http://www.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/fundame.pdf
- Villar, A. A. (1989). *TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES*. Madrid.