

**GUÍA DE APOYO TÉCNICO EN LA EVALUACIÓN DE
COBERTURAS DE LA TIERRA CON EL USO DE IMÁGENES
SATELITALES LANDSAT Y SENTINEL CON ESTUDIO DE
CASO EN EL CORREGIMIENTO DE PALAMARITO
MUNICIPIO DE CÚCUTA, DEPARTAMENTO DE NORTE DE
SANTANDER**

**Andres Antonio Beltrán Montiel
Ignacio Antonio Oyola Orozco**

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

**GUÍA DE APOYO TÉCNICO EN LA EVALUACIÓN DE COBERTURAS DE LA
TIERRA CON EL USO DE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT Y SENTINEL
CON ESTUDIO DE CASO EN EL CORREGIMIENTO DE PALAMARITO
MUNICIPIO DE CÚCUTA, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER**



PRESENTADO POR:

Andrés Antonio Beltrán Montiel

Código: 11791928041

Ignacio Antonio Oyola Orozco

Código: 11791929239

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Luis Raúl Echeverri Barreto

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

FACULTAD DE POSGRADOS

BOGOTÁ D.C

2020

**GUÍA DE APOYO TÉCNICO EN LA EVALUACIÓN DE COBERTURAS DE LA
TIERRA CON EL USO DE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT Y SENTINEL
CON ESTUDIO DE CASO EN EL CORREGIMIENTO DE PALAMARITO
MUNICIPIO DE CÚCUTA, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER**



PRESENTADO POR:

Andrés Antonio Beltrán Montiel

Código: 11791928041

Ignacio Antonio Oyola Orozco

Código: 11791929239

**Tesis De Grado Para Optar Por El Título Como Especialistas En Sistemas De
Información Geográfica**

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Luis Raúl Echeverri Barreto

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
FACULTAD DE POSGRADOS
BOGOTÁ D.C**

2020

RESUMEN

El impulso de las nuevas tecnologías de libre acceso presenta una alternativa de mitigación en las falencias en materia técnica y normativa gubernamental, brindando soportes sobre la hegemonía territorial, control y distribución de recursos más actualizadas y encajadas con la realidad del territorio colombiano. Las imágenes de satélite de uso libre son una gran alternativa a su vez al ser acopladas a un software de código abierto generan una dualidad de herramientas estructurales para el progreso y toma de decisiones a nivel ambiental, social y económico en el municipio.

Esta guía presenta los pasos de adquisición o descarga de las imágenes Landsat 8 y Sentinel 2 además de explicar su manejo con el software QGIS, las imágenes ostentan ventajas entre otros productos privados como su posición de uso libre, su resolución temporal, su resolución espacial, y el grado de ajustes con el que son cedidos desde sus plataformas virtuales. El estudio de caso aplicado para el corregimiento de Palamarito municipio de Cúcuta se formuló con el fin de desarrollar una clasificación supervisada en el área de valoración indicando el uso de las herramientas gratuitas existentes en internet presentando sus cualidades y limitaciones reflejadas en los productos anexos de este documento.

Palabras Clave: Acceso A La Información, Software Libre, Nuevas Tecnologías, Territorio, Recursos, Progreso, Actualización.

ABSTRACT

The influx of new technologies with free access presents an alternative in the mitigation of shortcomings in both technical and regulatory matters, providing support on territorial hegemony, control and distribution of resources more up-to-date and in-fit with the reality of the Colombian territory. Free-to-use satellite images are a perfect alternative, and having been connected to open source software, they generate a duality of structural hardware for the progress and decision making at environmental, social and economic level in the municipality.

This guide outlines the steps to acquiring or downloading Landsat 8 and Sentinel 2 images. It also explains how they are operated with QGIS software; images have advantages over other private commercial products such as free-use, time-resolved, spatial resolution, and the degree of tuning with which they are delivered from their virtual platforms. The Case Study, applied to Palmarito, a municipality of Cúcuta, was designed to develop a supervised classification in the field of study demonstrating the application of the existing free hardware in the Internet network – presenting its benefits and limitations, as shown in the attached products of this document.

Keywords: Access to Information, Free Software, New Technologies, Territory, Resources, Progress, Upgrade.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	15
2.	JUSTIFICACIÓN.....	17
3.	OBJETIVOS.....	19
3.1	OBJETIVO GENERAL	19
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	19
4.	MARCO TEÓRICO	20
4.1	Marco Normativo	20
4.1.1	La Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional	20
4.2	Software Libre	20
4.2.1	Imágenes Satelitales De Descarga Gratuita En El Mercado.....	21
4.2.2	QGIS: Software Libre Para Sistemas De Información Geográfica	22
4.3	La Escala Cartográfica de un Mapas	23
4.3.1	Escala numérica.....	23
4.3.2	Escala gráfica.....	24
4.4	Cobertura Y Uso De Suelo	24
4.4.1	Cambios en la cobertura y uso de suelo	24
4.4.2	Categorías De Uso Del Suelo	25
4.4.3	La Propuesta Corine Para Colombia	26
4.4.4	Mapas de uso del suelo.....	27
4.5	EL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES (PDI)	30
4.5.1	Pre-Procesamiento De Imágenes:.....	30
4.5.2	Procesamiento.....	31

4.5.3	Post-procesamiento y Validación de resultados	32
4.6	Análisis Multitemporales.....	34
4.7	Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	35
4.8	Imágenes Satelitales De Trabajo	36
4.8.1	Generalidades Sentinel	38
4.8.2	Generalidades Landsat 8.....	40
5.	METODOLOGÍA	43
5.1	Área de Estudio	43
5.1.1	División veredal.....	46
5.1.2	Hidrología.....	47
5.1.3	Clima	49
5.1.4	Geología	50
5.1.5	Geomorfología.....	52
5.1.6	Suelos	53
5.2	Antecedentes.....	54
5.3	Descarga de imágenes Sentinel	61
5.3.1	Descarga de imágenes Sentinel 2	61
5.4	Descarga de imágenes Landsat 8.....	68
5.4.1	Descarga de imágenes Landsat 8.....	68
5.5	Aplicación del Software QGis para Apilar las bandas de la imagen Sentinel.....	77
5.5.1	Descompresión del Fichero	77
5.5.2	Manipulación de formato JPG2000.....	78
5.5.3	Composición de Bandas en el Software QGis.....	79

5.5.4	Clasificación supervisada de imágenes satelitales en el Software QGis ...	87
5.6	Aplicación del Software QGis para Apilar las bandas de la imagen Landsat 8	92
5.6.1	Entrega Luego De La Descarga.....	94
5.6.2	Procesamiento de las Bandas con en Plugin SCP y Clasificación supervisada de imágenes satelitales Landsat en el Software QGis	95
5.6.3	Pan-Sharpning para Landsat 8 en QGIS	98
6.	RESULTADOS	102
7.	CONCLUSIONES	111
8.	RECOMENDACIONES	114
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	116

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Elementos de un Mapa, La escala. Fuente (García López, 2014)	24
Figura 2. Diagrama de Flujo para aplicación de la Metodología	26
Figura 3. Tipos De Muestreo De Validación en el Post-Procesamiento Fuente: (Chuvienco, 2009).....	33
Figura 4. Grilla Sentinel 2 para Colombia – Fuente User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online, n.d.....	40
Figura 5. Grilla Sentinel 2 para Norte de Santander – Fuente User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online, n.d.	40
Figura 6. Cuadrícula WRS-2 de Landsat 8 para Colombia – Fuente (Franco, 2017)	42
Figura 7. Diagrama Metodológico	43
Figura 8. Localización del Área de Estudio – Fuente Propia.....	45
Figura 9. Mapa de Veredas en el Área de Estudio	47
Figura 10. Mapa de Subzonas Hidrográficas – Fuente Shape de Subzonas Hidrográficas del IDEAM.....	48
Figura 11. Temperatura en el área de estudio - Fuente Mapa de Temperatura de Norte de Santander de CORPONOR.....	49
Figura 12. Mapa de Precipitación - Fuente Mapa de Precipitación de Norte de Santander de CORPONOR	50
Figura 13. Mapa de Geología en el Área de estudio - Fuente Servicio Geológico Colombiano	51
Figura 14. Mapa Geomorfológico del Área de Estudio - Fuente Servicio Geológico Colombiano	52
Figura 15. Mapa de Suelos del Área de estudio - Fuente IGAC	53
Figura 16. Mapa de Cobertura de la tierra en el Área de estudio Año 2010 – Fuente “Proyecto Cambio” – GIZ.....	55

Figura 17. Mapa de Cobertura de la tierra en el Área de estudio Año 2016 – Fuente “Proyecto Cambio” – GIZ.....	58
Figura 18. Portal de Acceso y Descarga de información del Proyecto Copernicus.....	61
Figura 19. Formato de Registro ESA.....	61
Figura 20. Inicio de sesión	62
Figura 21. Área seleccionada	62
Figura 22. Filtros de búsqueda	63
Figura 23. Filtros de búsqueda	64
Figura 24. Filtro de búsqueda seleccionado	65
Figura 25. Opciones de selección para descarga.....	66
Figura 26. Zoom del área de descarga.....	66
Figura 27. Icono de pre visualización de detalles	66
Figura 28. Ventana de pre visualización	67
Figura 29. Ventana de pre visualización	67
Figura 30. Icono de descarga.....	68
Figura 31. Portal de Acceso y Descarga de información Earth Explorer.	69
Figura 32. Ventana de Registro Earth Explorer	70
Figura 33. Ventana de diligenciamiento de datos para nuevo usuario en Earth Explorer	70
Figura 34. Inicio de sesión en Earth Explorer.....	71
Figura 35. Área seleccionada Municipio de Tibú y la zona norte del Municipio de Cúcuta.....	71
Figura 36. Área seleccionada Municipio de Tibú y la zona norte del Municipio de Cúcuta.....	72
Figura 37. Ejemplo de selección de datos y fechas en Earth Explorer menú	72
Figura 38. Selección de imágenes Landsat 8 OLI/TIRS en Earth Explorer	73
Figura 39. Selección de criterio de nubosidad en la búsqueda de la imagen Landsat 874	

Figura 40. Visualización de la herramienta huella de zapato sobre el mapa Earth Explorer.....	75
Figura 41. Visualización de la herramienta superposición sobre el mapa Earth Explorer	75
Figura 42. Presentación de los Metadatos en Earth Explorer de la imagen de interés..	76
Figura 43. Presentación de los Metadatos en Earth Explorer de la imagen de interés..	76
Figura 44. Descompresión de la imagen descargada con software WinRAR.....	77
Figura 45. Estructura de datos Imagen Sentinel nivel 2A (User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online, n.d.)	78
Figura 46. Contenido de Archivos, Imagen Sentinel Nivel 2A	78
Figura 47. Instalador de QGis	79
Figura 48. Procedimiento Añadir capa en QGis	80
Figura 49. Abrir conjunto de datos Raster	80
Figura 50. Administrador de fuentes de datos.....	81
Figura 51. Bandas adjuntadas.....	81
Figura 52. Complementos	82
Figura 53. Instalar SCP Plugin.....	82
Figura 54. Barra de Tareas SCP	83
Figura 55. Ventana Semi-Automatic Classification Plugin	83
Figura 56. Adjuntar Bandas a Band Set	84
Figura 57, Ajuste de Bandas en el Band Set, Combinación Bandas 4, 3, 2.....	84
Figura 58. Selección de carpeta en la que se almacena la imagen.	85
Figura 59. Raster resultante en color real, producto de la combinación de las Bandas 4, 3, 2.....	85
Figura 60. Ajuste de Bandas en el Band Set, Combinación Bandas 8, 4, 3.....	86
Figura 61, Raster resultante en color infrarrojo, producto de la combinación de las Bandas 8, 4, 3.....	87

Figura 62. Imagen con las bandas combinadas en la aplicación SCP.....	87
Figura 63. Barra de tareas SCP & Dock.....	88
Figura 64. Creación del archivo .SCP.....	89
Figura 65. Archivo .SCP en la barra de tareas SCP & Dock.....	89
Figura 66. Polígonos seleccionados para identificar una cobertura.....	90
Figura 67. Muestra de cobertura detectada.....	90
Figura 68. Muestra de coberturas detectadas.....	91
Figura 69. Ventana de guardado de la clasificación supervisada.....	92
Figura 70. Raster resultado de la clasificación supervisada.....	92
Figura 71. Productos LDCM - Landsat 8.....	94
Figura 72. Archivos de descarga descomprimidos.....	95
Figura 73, Raster resultante en Color Natural, producto de la combinación de las Bandas 4, 3,2.....	96
Figura 74, Raster para análisis de vegetación , producto de la combinación de las Bandas 6, 5,4.....	96
Figura 75, Raster resultante en color infrarrojo, producto de la combinación de las Bandas 5, 4, 3.....	97
Figura 76. Raster resultado de la clasificación supervisada.....	97
Figura 77, Raster resultante en Color Natural, producto de la combinación de las Bandas 4, 3,2.....	98
Figura 78, procedimiento de ejecución de la herramienta Pansharpening.....	99
Figura 79, Ventana – Pansharpening.....	99
Figura 80, Configuración de opciones en la Ventana Pansharpening.....	100
Figura 81, Resultados en la nueva capa llamada salida.....	101
Figura 82, Procedimiento De Guardado De Capas.....	101
Figura 83, Ventana de Guardado De Capas y selección de Carpeta De Destino.....	102
Figura 84. Imagen Sentinel 2 en el Área de estudio - Fuente - Autores.....	103

Figura 85. Coberturas de la tierra identificada con la imagen Sentinel 2 - Fuente - Autores	104
Figura 86. Imagen Landsat 8 en el Área de estudio - Fuente - Autores.....	106
Figura 87. Coberturas de la tierra identificada con la imagen Landsat 8 - Fuente - Autores	107
Figura 88. Descripción general de un adecuado enfoque metodológico en relación al trabajo de campo y el trabajo de oficina con imágenes satelitales gratuitas. Fuente (Forkuor et al., 2018).....	114

TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Funciones de procesamiento de imágenes disponibles en QGIS	22
Tabla 2. Antecedentes de CLC.....	27
Tabla 3. Unidades De Coberturas De La Tierra Para La Leyenda Nacional, Escala 1:100.000, De Acuerdo Con La Metodología Corine Land Cover Adaptada Para Colombia..	29
Tabla 4. Métodos de Clasificación De Imágenes.....	31
<i>Tabla 5. Matriz de contingencia o de confusión</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 6. Comparativa de Bandas individuales para Sentinel 2 y Landsat 8.....</i>	<i>37</i>
Tabla 7. Productos Sentinel 2.....	39
Tabla 8. Usos importantes de las bandas Landsat 8.....	41
Tabla 9. Veredas en el Área de Estudio	46
Tabla 10. Subzonas hidrográficas en el Área de Estudio.....	48
Tabla 11. Coberturas de la Tierra Año 2010.....	56
Tabla 12. Coberturas de la Tierra Año 2016.....	59
<i>Tabla 13. Nomenclatura En Productos De Archivos Comprimidos Landsat.....</i>	<i>94</i>
Tabla 14. Coberturas de la tierra identificada con la imagen Sentinel 2.....	102

Tabla 15. Coberturas de la tierra identificada con la imagen Landsat 8	105
Tabla 16. Análisis de coberturas entre los años 2016-2020.....	108
Tabla 17. Análisis de coberturas entre los años 2016-2019.....	109
Tabla 18. Ponderación De Datos Entre Los Dos Satélites.	111

1. INTRODUCCION

La deforestación en el año 2019 se estimó en alrededor de 200.000 Ha perdidas principalmente debido a expansión de la frontera agropecuaria, ganadería bovina extensiva, los cultivos agrícolas como la palma de aceite, el cultivo ilícito de coca, el aprovechamiento ilegal de madera y la minería legal o ilegal. En 2018 el Ministerio de Medio Ambiente identificó 9 núcleos de deforestación (IDEAM), 2019), la mayoría se encuentran en zonas donde la presencia del Estado es muy baja.

De los nueve núcleos de deforestación, el séptimo ubicado en la zona de conflicto del Catatumbo, concretamente en los municipios de Tibú, Sardinata y El Tarra, departamento de Norte de Santander (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2019), debido a esta problemática las autoridades locales y nacionales han iniciado procesos de levantamiento de información por medio de sistemas de información geográfica, dado que por medio de imágenes satelitales se pueden establecer análisis multitemporales de las áreas más afectadas y así entrar en acciones para detener la deforestación.

Con el uso de Sistemas de información geográfica y a partir del manejo de imágenes satelitales y su resultado en coberturas de la tierra, se entregará una guía para que las alcaldías sigan generando información y tengan una radiografía siempre actualizada del área de estudio y sus problemáticas, optimizando así tiempo, recursos de personal y económicos.

Por medio de este trabajo de especialización se obtendrá una guía completa de descarga de imágenes satelitales de acceso libre que cumplan con unas condiciones básicas para su procesamiento, igualmente la guía contendrá el procesamiento de estas por medio de un software libre y la interpretación de la información basados en la metodología Corine Land Cover a un nivel 3.

Con ayuda de esta guía se espera que no solo los municipios de nuestra área de estudio se beneficien si no todos los municipios del país especialmente los que según la Ley 1551 de

2012 están categorizados en nivel V y VI(Congreso de la República, 2012), dado su falta de recursos no cuentan con la capacidad económica y los profesionales capacitados para adquirir y procesar esta información, que está disponible gratuitamente y la cual es de muy importante para el ordenamiento ambiental y del territorio.

2. JUSTIFICACIÓN

La importancia del análisis por medio de los sistemas de información geográfica de imágenes satelitales radica en la disponibilidad de recursos que hay actualmente, los gobiernos a nivel mundial, han puesto a disposición diversas plataformas de libre acceso y descarga de imágenes satelitales siendo las principales y de mayor uso hoy día las de las plataformas Landsat 8 y Sentinel 2 trabajadoras en esta guía.

Para controlar la deforestación en el país y en la zona del Catatumbo se hace crucial contar con información de periodos cortos de tiempo y a una exactitud de escala mayor a la disponible, ya que el orden nacional por medio del IDEAM –Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales se generan resultados a escala 1:100000 que comparado con el procesamiento de áreas conocidas, fijadas con puntos críticos de deforestación se puede fácilmente llegar a escalas 1:50000 generando una herramienta de ordenamiento territorial técnicamente soportada añadiendo una adaptación de la metodología Corine Land Cover que es la más usada a nivel nacional.

Al obtener resultados de coberturas de la tierra con una periodicidad corta se logra llegar a análisis mucho más acertados sobre las causales de las problemáticas del área de estudio logrando medidas de mitigación más efectivas y trabajadas de la mano con las comunidades directamente afectadas. Para los municipios es fundamental tener unas coberturas de la tierra actualizadas, esta es la base para su ordenamiento ambiental y social en el territorio, lastimosamente no está disponible en todos los municipios del país debido a los recursos asignados o al desconocimiento de las herramientas tecnológicas gratuitas. En consecuencia a la problemática anterior CORPONOR, y GIZ, realizaron un análisis multitemporal de pérdida, ganancia y persistencia de vegetación para los periodos de 2010 y 2016, en donde se encontró el grave aumento de la fragmentación del bosque, debido especialmente a los cultivos de coca

y la minería, lo que ha afectado gravemente la salud de los ecosistemas, esto demuestra la importancia de continuar con el análisis multitemporal, especialmente por parte de la alcaldía del municipio de Tibú, que a diferencia del municipio de Cúcuta no cuenta con recursos de destinación a esta actividad, reiterando la importancia del desarrollo de esta guía que permitirá continuar con la iniciativa de generación de la actualización de coberturas de la tierra en los últimos años disponible simplemente con el acceso a internet .

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una guía metodológica que contenga los parámetros técnicos necesarios para la interpretación de imágenes satélites mediante el uso de software libre a escala 1:50.000, tomando como caso de estudio el corregimiento de Palmarito en el departamento de Norte De Santander.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Generar un esquema de obtención y uso de imágenes satelitales de libre acceso aplicada a la evaluación territorial de los municipios colombianos.

Aplicar la metodología Corine Land Cover como base para la determinación de coberturas de la tierra en el análisis territorial municipal hasta el nivel 3 de la misma, empleando el uso de QGIS como software libre referente.

Fomentar el uso de softwares y tecnologías gratuitas como soporte del manejo de herramientas SIG en los municipios de bajos recursos, reflejando las cualidades y limitaciones de los mismos.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Marco Normativo

4.1.1 La Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional

Como lo establece Camilo Muños (2015) es una ley direccionada al Derecho de Acceso a la Información Pública forjado legislativamente como un instrumento normativo que formula el derecho fundamental que tienen como objetivo que la información en resguardo, propiedad o vigilancia de cualquier ente público u organismo del estado, persona natural o jurídica que reciba o administre recursos públicos, este para conceder a los ciudadanos de manera pertinente, completa y en archivos que faciliten su acceso y deriven en una interpretación acertada. De esta forma se presenta uno de las competencias de este proyecto en cabeza del estado colombiano es brindar al ciudadano común herramientas de interés ambiental que fomenten el acceso a la información en tiempo real especialmente en zonas rurales con pocos recursos administrativos y económicos.

4.2 Software Libre

Una de las definiciones más acertadas de software es la referente a aquel distribuido con sus fuentes abiertas, con derecho a ser modificarlo y redistribuido condicionado únicamente a conservar las mismas características, en otros términos se conoce como software de código abierto, (Dalle & Jullien, 2003); Una definición más afable sería la dada por Serhat Kologlugil que establece el software libre con una diferencia clara, el software posee un propietario bajo control de derechos de autor, pero su modo de trabajo se comprende del intercambio mutuo de conocimiento tecnológico, tiempo y habilidades entre muchos usuarios de su producto.

El proceso de migración e implementación de estos softwares permiten igualdad en el acceso al conocimiento tecnológico y presenta un fenómeno socio económico que no tiene jerarquía, argumentando que el conocimiento tecnológico del software debería estar disponible gratuitamente haciendo caso omiso a la ley de derechos de autor, cohesionando así un engranaje

institucional de producción con un pensamiento común sin restricción de recursos (Kologlugil, 2012).



Ilustración 1. Software Libres Con Aplicación A Los SIG

Fuente - (Sepúlveda, 2010)

4.2.1 Imágenes satelitales de descarga gratuita en el mercado

En la actualidad existen varios sitios web para descargar imágenes satelitales gratuitas, sin embargo, es necesario establecer criterios técnicos que definan las características de la imagen a descargar precisando en primera medida el objetivo del trabajo y su resolución. A continuación se relacionan los sitios web más relevantes en descarga de imágenes satelitales gratuitas. (Asociación Geoinnova, 2016), no se enlistan las imágenes Landsat 8 y Sentinel 2 ya que se profundizaran dentro de esta guía.

- **NOAA-CLASS**
- **Global Land Cover Facility (GLCF)**
- **INPEhttp**
- **JAXA Global ALOS portal:**

Colombia no cuenta actualmente con satélites o misiones espaciales asociadas que permitan un escaneo del territorio nacional, por su parte se cuenta con algunos Geoportales institucionales donde se visualiza cartografía temática y en algunos casos se descargarla a escalas 1:100000 o mayores, dentro de ellos tenemos : SIATAC, SIAC, SGC, IGAC, SIAM, IDEAM, ICDE, SIGOT entre otros.

4.2.2 QGIS: Software Libre Para Sistemas De Información Geográfica

El software QGIS conocido anteriormente como Quantum GIS) es el software SIG o de código libre más conocido en el mundo, desarrollado por Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) con licencia GNU-GPL en C++, permite la creación de mapas, la edición y análisis de datos geográficos con una arquitectura de interfaz formidable (Gerak, 2020) , a continuación se describirán las características más relevantes de QGIS:

- ✚ Software de descarga libre sin ningún costo
- ✚ Soporte para SpatialLite, PostGIS y ORACLE Spatial dando soporte a objetos geográficos sobre una base de datos llegando a ser una base de datos espacial.
- ✚ Creación de mapas con el uso de capas raster o de capas vectoriales en formatos Shapefile, ArcInfo, MapInfo, GRASS GIS, GeoTIFF, TIFF, JPG, entre muchos otros.
- ✚ Adaptable a todos los sistemas operativos en el mercado actual

La observación de la Tierra (EO) y teledetección son cada vez más implementadas, a causa de la necesidad de una aplicación intuitiva que permita llegar al desarrollo más apropiado siendo de acceso libre, Qgis se posiciona como un software libre permite procesar y clasificar automáticamente imágenes desde un conjunto de datos de entrada satelitales traídos al escritorio con atributos integrados muy favorables para tareas SIG.

Tabla 1. Funciones de procesamiento de imágenes disponibles en QGIS

Método de procesamiento de imagen	Herramienta	Algoritmo
Histogramas	No disponible	Propiedades de un archivo (sin detalles)
Filtros	OTB	análisis (ica), factor de autocorrelación máximo (maf), análisis de componente principal ajustado al ruido (nacpa), pca), segmentación exacta de desplazamiento medio a gran escala, paso 1 (suavizado), suavizado (anidif, gaussiano, medio)

Método de procesamiento de imagen	Herramienta	Algoritmo
	SAGA	Filtro DTM (basado en la pendiente), filtro gaussiano, laplaciano filtrar, Filtro mayoritario, filtro morfológico, filtro de sotavento multidireccional, filtro de rango, filtro de remuestreo, filtro simple, filtro definido por el usuario
	GRASS	
Conversión de DN a reflectancia y corrección atmosférica	Semiautomático Plugin de clasificación	DOS1
Índices ambientales (NDVI, EVI, NDWI)	SAGA GRASS	Vegetación índice (basado en la pendiente) — NDVI Índice de vegetación mejorado — EVI i.vi — NDVI y EVI
Compuesto de color	GDAL	Unir - Merge
Afilado panorámico	OTB GRASS	Pansharpening (bayes, media local y varianza coincidencia (lmvm), operación simple de nitidez RCS Pan (rcs)) i.pansharpen
Clasificación no supervisada	OTB SAGA GRASS	Clasificación de imágenes KMeans sin supervisión K-significa agrupamiento para cuadrículas i.cluster

Nota: Procesamiento de imágenes a sistemas de información geográfica (PI2GIS) Una herramienta de aprendizaje para QGIS , Fuente (Correia et al., 2018)

4.3 La Escala Cartográfica de un Mapas

Se llama escala a la relación entre las distancias existentes en un plano o mapa y las correspondientes a las medidas en la realidad, dando una proporción exacta entre dos magnitudes lineales equivalentes a las medidas en el terreno (INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DE ESPAÑA, 2017). Cuando se requiere conocer la escala de mapeo partiendo de una resolución conocida, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Escala del Mapa} = \text{Resolución Raster (Dada En Metros)} * 2 * 1000$$

En donde la resolución se dobla y se multiplica por 1000, teniendo en cuenta que la escala puede presentarse de forma numérica o gráfica (Nagi, 2010)

4.3.1 Escala numérica

Se presenta usando una fracción que indique la relación entre la distancia medida de los dos puntos de interés en el mapa (numerador) y la proporcionada en el terreno (denominador):

$$\text{Escala} = (\text{dimensión mapa}) / (\text{dimensión Terreno})$$

Dando un ejemplo del mismo, si tenemos 1/ 20 000 o 1:20 000 sería equivalente a medir en el mapa 1cm, en el terreno representará 20 000 cm o 200 metros.

4.3.2 Escala gráfica

Es una línea ubicada en el mapa usualmente en el margen de la hoja, subdividida en segmentos que indican las longitudes sobre el mapa valoradas contra las unidades terrestres medidas. En este caso la escala se puede cuantificar con el uso de una regla o un compás.



Figura 1. Elementos de un Mapa, La escala. Fuente (García López, 2014)

4.4 Cobertura Y Uso De Suelo

La cubierta sobre la superficie terrestre se denomina biofísica estableciendo una descripción de la vegetación y los elementos artificializados sobre ella. En la práctica usualmente se describen estas características con el término cobertura del suelo, esta misma característica se ve sujeta a modificaciones naturales o antrópicas en la linealidad del tiempo que pueden ser trazables si se cuenta con una base de imágenes y descripción clara de su cobertura, siendo el uso del suelo el referente de propósito para el que se utiliza o utilizo el terreno (Jansen, 2000) .

4.4.1 Permutaciones en la cubierta y uso de suelo

El uso de los suelos o la tierra definido como (CUT) presenta afectaciones en su visualización dadas por procesos atmosféricos y climatológicos, existiendo múltiples métodos de corrección para una clasificación más acertada a partir de imágenes satelitales con minimización del ruido en los pixeles(Salinas-Castillo et al., 2020).Por su parte las coberturas de la tierra se modifican en su mayoría por acciones antrópicas a una tasa más acelerada que lo que se vería por acciones natural , determinando al ser humano como un agente de cambio en el uso del suelo y los cambios de cobertura vegetal o LCC (Álava, 2018)

4.4.2 Categorías De Uso Del Suelo

En Colombia se ha adoptado La metodología Corine Land Cover como la de mejor en relación al territorio nacional y su categorización de uso del suelo, esta metodología es derivada del del Programa CORINE (Coordination of Information of the Environment), empieza el 27 07 1985 por acción del Consejo de Ministros de la Unión Europea, derogada a la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) en el año 1995. En la actualidad existen productos de imágenes de satélite de uso libre accediendo a ellas simplemente con la res de internet, estas son una fuente habilitadas desde investigadores particulares hasta centros académicos de renombre, que evalúan los cambios en las coberturas del suelo (J. Anaya, 2008). Producto como Sentinel y Landsat poseen una menor resolución espacial comparada con imágenes con costo, poseen ventajas sobre otros productos como su naturaleza de uso libre, resolución temporal, su resolución espacial, y el valor de ajustes con el que son cedidos.

La metodología Corine Land Cover ha sufrido constantes modificaciones la primera de ellas en el año 1990 (CLC90) de Perdigão y Annoni, mejorada en el año 2000 con la propuesta CLC 2000 guía estandarizada para el procesamiento de imágenes de satélites, evaluada por diferentes nacionalidades europeas posicionándose en la actualidad como una de las metodologías más aplicadas en el planeta.

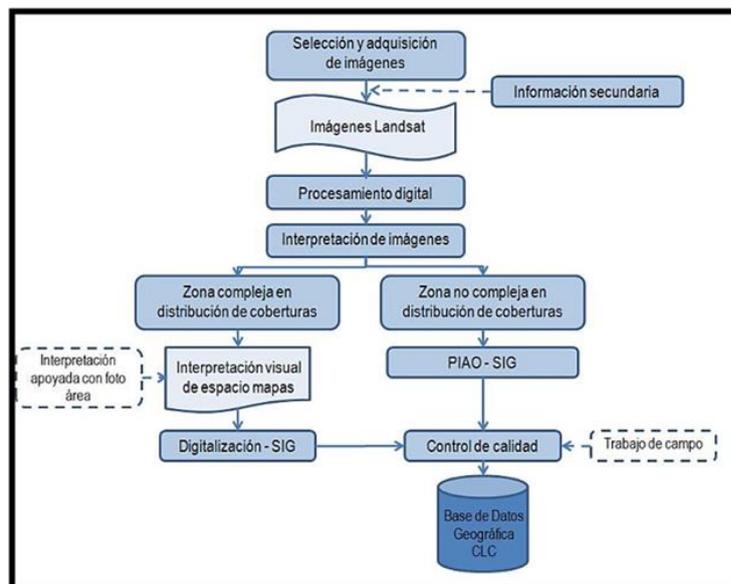


Figura 2. Diagrama de Flujo para aplicación de la Metodología

Fuente: Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca, Metodología CLC Adecuada para Colombia, escala 1:100.000 – Fuente IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA (2007)

Las principales ventajas de la metodología CLC son las siguientes:

- ✚ Adquisición de capa de coberturas, sumado a una propuesta de trabajo con imágenes gratuitas la relación calidad-costos es muy favorable en cualquier proyecto.
- ✚ Permite la comparación de porcentajes de uso, ocupación y cambios en el territorio a corto, mediano y largo plazo generando análisis multitemporales de ocupación del territorio

4.4.3 La Propuesta Corine Para Colombia

El IDEAM fue la institución nacional pionera en la implementación de esta metodología teniendo como finalidad la realización del diseño de un inventario forestal en todo el país, posteriormente tras identificar la falta de datos del territorio ya que no se conocían las superficies existentes, la localización de los tipos de coberturas o los usos actuales.

Posteriormente en un acercamiento con la ONF-Andina el IDEAM presento la necesidad de crear una capa de coberturas en una escala minuciosa a nivel nacional, tras el estudio y

evaluación de diferentes metodologías la más apropiada fue la proporcionada por el IGN, la metodología CLC, que ya para la época ya era aceptada en algunos estudios para zonas de América central y Latinoamérica, generando como resultado la base de datos de CORINE Land Cover para Colombia(Romero-Ruiz et al., 2012) .

Tabla 2. Antecedentes de CLC

REGIÓN	PROYECTO
Europa	-----
Europa - América del Sur	-----
Colombia	CIAF 1981
Costa Rica	Volcán Irazú y Turrialba 1978-1998
Colombia	IDEAM 1996
Colombia	IGAC 1998
Salvador	Sherpa 2002
Nicaragua	2004
Peru	Comunidad Andina de Naciones 2008-2009
Colombia	IDEAM, IGAC, SINCHI, IAvH y la UAESPNN 2010

Fuente - (Avellaneda, 2017)

Actualmente existen variadas metodologías en relación a la clasificación de las coberturas de la tierra CLC permitió la estandarización de la clasificación con categorías definidas en Colombia a partir de imágenes de satélite de diferente calidad según el grado del requerimiento técnico, dadas las condiciones del territorio nacional generando así un lenguaje único entre las instituciones que implementen la metodología(CLC)(IDEAM, 2007).

4.4.4 Mapas de uso del suelo

La definición de mapa nos presenta al mapa como una herramienta de visualización de información geográfica utilizando un lenguaje técnico y gráfico acorde al usuario, temática y objetivos del proceso. De esta manera la cartografía tiene dos grandes arcos la Cartografía base y la cartografía temática, la segunda se apoya en la primera siendo dependientes para una adecuada entrega del producto final, pese a esto la cartografía Temática requiere de la básica para su representación o exposición. Por su parte la cartografía base tiene como finalidad la representación de una variable espacial concreta social, económica, ambiental, política, geografía o cultural. (Álava, 2018)

Un mapa de usos del suelo se definiría como la cartografía temática que representa las formas de ocupación del territorio estableciendo categorías estandarizadas que en su mayoría han sido actualizadas habitualmente bajo un lenguaje técnico común que permite generar indicadores socioeconómicos, medio-ambiental y de dinámica regional entre muchos otros (Junta de Andalucía, 2003).

Tabla 3. Unidades De Coberturas De La Tierra Para La Leyenda Nacional, Escala 1:100.000, De Acuerdo Con La Metodología Corine Land Cover Adaptada Para Colombia

LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA - COLOMBIA	
1.1. Zonas urbanizadas	3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES
1.1.1. Tejido urbano continuo	3.1. Bosques
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	3.1.1. Bosque denso
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable
1.2.4. Aeropuertos	3.1.2. Bosque abierto
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme
1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme
1.3.2. Zonas de disposición de residuos	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	3.1.3. Bosque fragmentado
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.1.4. Bosque de galería y ripario
1.4.2. Instalaciones recreativa	3.1.5. Plantación forestal
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
2.1. Cultivos transitorios	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso
2.1.1. Otros cultivos transitorios	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
2.1.2. Cereales	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
2.1.4. Hortalizas	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado
2.1.5. Tubérculos	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado
2.2. Cultivos permanentes	3.2.1.1.2.3. Arracachal
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.1.2.4. Helechal
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2. Herbazal abierto
2.2.1.2. Caña	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
2.2.1.3. Plátano y banano	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
2.2.1.4. Tabaco	3.2.2.1. Arbustal denso
2.2.1.5. Papaya	3.2.2.2. Arbustal abierto
2.2.1.6. Amapola	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	3.3.1. Zonas arenosas naturales
2.2.2.2. Café	3.3.2. Afloramientos rocosos
2.2.2.3. Cacao	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
2.2.2.4. Viñedos	3.3.4. Zonas quemadas
2.2.2.5. Coca	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	4. AREAS HÚMEDAS
2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	4.1. Áreas húmedas continentales
2.2.3.2. Palma de aceite	4.1.1. Zonas Pantanosas
2.2.3.3. Cítricos	4.1.2. Turberas
2.2.3.4. Mango	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.2.4. Cultivos agroforestales	4.2. Áreas húmedas costeras
2.2.5. Cultivos confinados	4.2.1. Pantanos costeros
2.3. Pastos	4.2.2. Salitral
2.3.1. Pastos limpios	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
2.3.2. Pastos arbolados	5. SUPERFICIES DE AGUA
2.3.3. Pastos enmalezados	5.1. Aguas continentales
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	5.1.1. Ríos (50 m)
2.4.1. Mosaico de cultivos	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5.1.3. Canales
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	5.2. Aguas marítimas
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	5.2.1. Lagunas costeras
	5.2.2. Mares y océanos
	5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Nota: Leyenda Nacional De Coberturas De La Tierra - Colombia
Fuente: (Ministerio del Medio Ambiente, 2010)

4.5 EL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES (PDI)

Tiene como finalidad preparar la misma para el análisis y la operatividad de la información capturada por los sensores remotos, mejorando sus condiciones de trabajo para un posterior análisis cualitativo o cuantitativo de las imágenes digitales. Usualmente son aplicadas técnicas de clasificación, corrección o mejoramiento que varían según la temática de estudio. El objetivo del PDI es proporcionar información sobre elementos presentes en las zonas de estudio, áreas de trabajo y fenómenos de origen antrópico o natural sin requerir el desplazamiento logístico o contacto físico con alguno de ellos (Avellaneda, 2017).

Las fases del PDI son versátiles de acuerdo al sensor satelital del cual se adquirió la imagen, en algunos casos se requiere de un ajuste para lograr datos más acentuados a la realidad permitiendo continuar con el procesamiento (Bautista, 2005), Regularmente el PDI presenta las siguientes etapas:

4.5.1 Preprocesamiento De Imágenes:

Dentro del Preprocesamiento de imágenes tenemos algunas correcciones aplicables a la imagen según la necesidad técnica y el origen de la misma.

4.5.1.1 Corrección geométrica

La corrección geométrica permite eliminar distorsiones geométricas no deseadas y adaptar la imagen a la proyección cartográfica deseada, las distorsiones son causadas por las oscilaciones del sensor del satélite, por la geografía del terreno y ruido instrumental dentro de otros elementos (Álava, 2018).

4.5.1.2 Corrección radiométrica.

Esta corrección es muy importante ya que las imágenes adquiridas presentan variabilidad de fechas, horario de medición y sensor satelital, siendo la afectación más notoria los ángulos de iluminación solar. Esta corrección se desarrolla al convertir valores digitales (ND) de la imagen cruda o de descarga en valores físicos de radiancia y reflectancia (Gonzaga, 2014), algunas correcciones radiométricas son :

- ✚ Radiancia espectral
- ✚ Reflectancia espectral
- ✚ Bandeado de imagen
- ✚ Detección de nubes

4.5.2 Procesamiento

El procesamiento de imágenes representa la culminación de varios procesos entre otros la detección, corrección y el almacenamiento apto para el analista que proceda a trastornar y manipular la información contenida en el archivo digital con la finalidad de resaltar o aislar particularidades implícitas, direccionando la mejor caracterización de la imagen según el campo de estudio. (Ii, 2008)

4.5.2.1 Fase de entrenamiento

En este proceso es necesario tener conocimiento del comportamiento de las firmas espectrales variables según el satélite utilizado, esto permite tomar un criterio más acertado del método a emplear según el requerimiento del estudio (Edmund P. Green & Clark, 2000) , la fase de entrenamiento consta de dos métodos evidenciados en la tabla numero 4 (Métodos de Clasificación De Imágenes).

Tabla 4. Métodos de Clasificación De Imágenes.

Tipo	Características
No supervisada	Este método es desarrollado por el ordenador tomando como relación de trabajo la similitud espectral que poseen los píxeles en la imagen, generando patrones estadísticos de correlación en los datos hasta catalogar la imagen. Consecutivamente el operador reclasificara de ser necesario y evaluara las clases definidas con base en la metodología asociada a las coberturas presentes en la imagen, esta identificación es muy dependiente del intérprete por lo general agrupando los datos en un numero de clases comunes para proceder a clasificar.
Supervisada	En esta metodología cada clase es diseñada por el operador, creando las firmas espectrales que se establezcan como las de mayor relevancia para el proyecto, la captura de cada firma originara un tipo de realce según la cobertura, por lo que el analista debe poseer un criterio técnico amplio interpretando patrones y píxeles en cada clase generada. El nivel de detalle en esta metodología requiere un trabajo de campo coordinado variando con este la cantidad de clases catalogadas y verificar el terreno con niveles de detalle variables según la profundidad del estudio.

Fuente:(Avellaneda, 2017)

4.5.2.2 Fase de asignación

La fase de asignación es la clasificación en la imagen, ésta se vincula a cada píxel y a una de las clases determinadas el proceso, se desarrolla mediante parametrización del software empleado, generando así los diferentes clasificadores, según Francisco Sarría (Sarr, 2006) los tipos de fases de asignación son :

- ✚ **Clasificador por Mínima Distancia.** El píxel es asignado a la clase más próximas espectralmente (Chuvieco, 2009)
- ✚ **Clasificador por paralelepípedos.** Se emplean paralelepípedos tomando los valores máximos y mínimos de reflectancia en cada una de las bandas utilizadas, definiendo los límites de cada clase. Esta Clasificación accede al usuario a marcar el umbral de dispersión espectral en cada clase(Chuvieco, 2009)
- ✚ **Clasificador por máxima verosimilitud.** Esta clasificación está basada en estadística, calcula la media y la desviación estándar en cada clase aplicando un modelo de distribución de probabilidad para luego asignar el píxel a la clase con mayor probabilidad de similitud. (Chuvieco, 2009)

4.5.3 Post-procesamiento y Validación de resultados

Ya clasificada la imagen se procede a comprobar que las clases son correctas realizando bien sea una valoración teórica del error en relación con las características que uso el algoritmo de clasificación o analizando un fragmento de áreas permitiendo una evaluación más rigurosa de los errores en la categorización de la imagen. Según a literatura se recomienda un muestreo de al menos 50 píxeles por clase determinada, trabajando desde la clase con menor extensión a la clase con mayor extensión manteniendo una proporcionalidad adecuada del área a validar(Chuvieco, 2009).

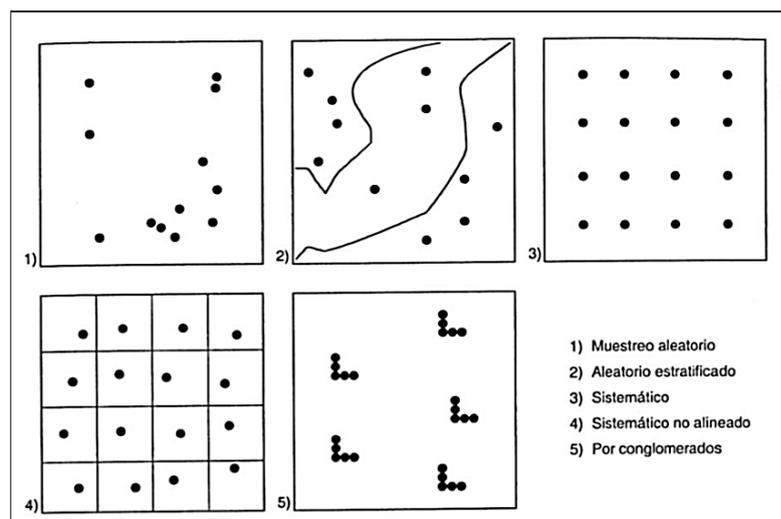


Figura 3. Tipos De Muestreo De Validación en el Post-Procesamiento Fuente: (Chuvienco, 2009)

4.5.3.1 Matriz de confusión

Utilizada para la verificación de clasificación en una imagen el primer paso es tomar puntos de control donde conocemos la cobertura real (Trabajo De Campo) versus el resultado de la clasificación, de esta manera se generando una tabla expresada en términos de píxel como variable de relación entre la realidad del terreno (filas) y las clases obtenidas mediante clasificación (columnas) tal y como se evidencia en la tabla número 5. El cruce de información genera una matriz donde se ponderan los aciertos y los errores en la clasificación componiendo así una estadística de aceptabilidad de la imagen (Álava, 2018), de esta manera tenemos:

- + **Precisión Global de Clasificación** Es la división del total de píxeles contenidos en la matriz sobre la sumatoria del número de píxeles clasificados acertadamente, usualmente expresado en porcentaje, y de manera general sirve para evaluar la validez de la clasificación.
- + **Errores de Comisión.** Son aquellos píxeles clasificados erróneamente que corresponden a otra categoría, se ubican en las filas de la matriz con excepción de la diagonal donde se ubican los píxeles acertados.
- + **Errores de Omisión.** Se define como los píxeles de clases no catalogadas, se exponen en las columnas y en ocasiones no contienen valores.

 **Coefficiente Kappa (k).** Calcula la relación entre la clasificación y los píxeles en el terreno. Representando una correspondencia exacta. Este coeficiente **K** es la variable más significativa entre el grupo nombrado anteriormente al determinar el asertividad del trabajo presentado por el analista que desarrollo la clasificación.

Tabla 5. Matriz de contingencia o de confusión

CLASES EN EL TERRENO										
IMG. CLASIFICADA	Construcciones	Vias	Suelo Descubierto	Cuerpos de Agua	Cultivos	Pastos	Vegetación Emergente	Bosques	TOTAL	Exactitud del Usuario
Construcciones	237	7	0	0	0	0	0	0	244	97.13%
Vias	5	55	0	0	0	0	0	0	60	91.67%
Suelo Descubierto	0	0	70	0	0	0	0	0	70	100%
Cuerpos de Agua	12	0	0	2	0	0	0	0	14	14.29%
Cultivos	0	0	0	0	42	0	0	0	42	100%
Pastos	0	0	0	0	51	37	0	0	88	42.05%
Vegetación Emergente	47	0	0	0	5	0	1	0	53	1.89%
Bosques	2	0	0	0	0	0	0	27	29	93.10%
TOTAL	303	62	70	2	98	37	1	27		
Exactitud del Productor	78.22%	88.71%	100%	100%	42.86%	100%	100%	100%		

Fuente - (Ballén, 2020)

4.6 Análisis Multitemporales

Se definen como un estudio espacial que se desarrollan con la utilización de varias imágenes satelitales con diferentes fechas sobre un misma área o zona, esta condición permite realizando un balance en la variación de las coberturas, evaluando cambios sobre sus clasificaciones posteriores (Salinas-Castillo et al., 2020), esta metodología se ha convertido en una manera eficaz para la comparación y determinación de cambios realizados por intervenciones antrópicas sobre territorios de difícil acceso, así como la recuperación natural en sectores previamente afectados. A nivel mundial la implementación de esta metodología ha fijado un referente de control en el direccionamiento del ordenamiento y dinámica territorial entre las entidades de vigilancia gubernamentales (TORRES, 2017).

4.7 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Para abordar el concepto de SIG se deben establecer en primera medida los propósitos de utilidad o aplicación del mismo ya que al ser herramientas tan transversales y dinámicas no solo la geografía entraría a formar parte de su definición, dentro de los usos más destacados tenemos el ordenamiento territorial, las telecomunicaciones, la geopolítica, la valoración de problemas socio-ambientales entre muchos otros. Una de las definiciones con más aceptación dentro de la comunidad académica es la del National Center for Geographic Information Analysis, EEUU que establece “sistema compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar, y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación”. A su vez la fusiones los sistemas de información geográfica se dividen en cinco grupos primordiales(TORRES, 2017):

- ✚ Funciones de Entrada De Información: modo de ingreso de los datos
- ✚ Funciones de Salida De Información, modo de salida del trabajo SIG, cartográfica o interfaz gráfica
- ✚ Funciones para Manejo o Administración
- ✚ Funciones De Gestión De La información (Toponimia o espacial)
- ✚ Funciones Analíticas (conectividad, superposición, recuperación, vecindad) (Maschinen et al., 2014)

El tratamiento de información espacial establece dos modelos lógicos de trabajo bien jerarquizados partiendo de las propiedades en cada caso de la forma de presentación de los datos, en otras palabras definidos por las características o propiedades de los mismos, conocidos como formato raster y formato vectorial estipulando los tipos de capas conocidos en la exposición de información espacial (TORRES, 2017).

4.8 Imágenes Satelitales De Trabajo

En la actualidad Landsat y Sentinel se posicionan como los satélites más relevantes en el mercado ya que suministran imágenes actualizadas y con buena resolución espacial (mínima de 10 metros para Sentinel y 15 metros en la banda pancromática para Landsat) utilizadas para trabajar en Teledetección descargándose de forma gratuita desde diferentes plataformas, incluyendo QGIS en el caso de Sentinel (Ramos, 2019), la tabla 6 establece una comparativa entre las bandas de los dos satélites, apropiada para la definición de términos de trabajo en cualquier proyecto.

Tabla 6. Comparativa de Bandas individuales para Sentinel 2 y Landsat 8

SENTINEL 2A		
Sensor- Banda	Intervalos de longitud de onda (nm)	Tamaño de píxel (m)
Banda 1	443 nm	60
Banda 2	490 nm	10
Banda 3	560 nm	10
Banda 4	665 nm	10
Banda 5	705 nm	20
Banda 6	740 nm	20
Banda 7	783 nm	20
Banda 8	842nm/865 nm	10/20
Banda 9	940 nm	60
Banda 10	1375 nm	60
Banda 11	1610 nm	20
Banda 12	2190 nm	20

Fuente : (Casella et al., 2018)

LANDSAT-8		
Bandas	Nombre de Banda	Resolución espacial (m)
1	Coastal/Aerosol	30
2	Blue	30
3	Green	30
4	Red	30
5	NIR (Near Infrared)	30
6	SWIR1 (Short Wave Infrared)	30
7	SWIR2	30
8	Panchromatic	15
9	Cirrus	30
10	TIR1	100 (30) *
11	TIR2	100 (30) *

Nota: Las bandas TIRS son obtenidas con 100 metros de resolución espacial, pero son re-muestreadas a 30 metros.

Fuente: (Muñoz & Radic, 2015)

4.8.1 Generalidades Sentinel

Hace unos años atrás la ESA, creó el programa Copérnico, se diseñó con el fin de mantener un constante flujo de información en tiempo real permanentemente para la gestión del medio ambiente y mitigar los efectos del cambio climático, con el cual se trató encontrar una alternativa a las imágenes Landsat para la adquisición de datos espaciales. Actualmente el programa tiene seis misiones, cada una está conformada por varios satélites.

Una de las misiones es Sentinel-2, lanzado al espacio el 23 de junio de 2015, utilizando el Cohete Vega, las cuales proporcionan imágenes ópticas de alta resolución para monitorear la superficie de nuestro planeta. Estos sensores están equipados con sensores Multiespectrales (*User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online*, n.d.).

Sentinel 2 cuenta con una cámara de captura multiespectral que se basó en las experiencias de las misiones SPOT (Francia) y la misión Landsat (Estados Unidos) esta captura es la primera misión óptica de su clase, debido a que incluye tres bandas en el “red edge”, al mezclar la alta resolución y la nueva cámara multiespectral, el satélite abarca un campo de visión que abarca 290 kilómetros de ancho, lo cual genera información clave acerca del estado de la vegetación (Cita ESA Español). La misión se basa en una constelación de dos satélites idénticos en la misma órbita, separados por 180 grados, cada cinco días los satélites cubren toda la superficie terrestre. (*User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online*, n.d.).

Cada satélite Sentinel-2 pesa aproximadamente 1,2 toneladas, y es compatible con lanzadores como Vega, su vida útil es de 7.25 años que incluye 3 meses de puesta en marcha. Baterías y propulsores tienen autonomía para 12 años de operaciones, los satélites funcionan simultáneamente, por etapas de 180° entre sí, en una órbita sincronizada con el sol a una altitud media de 786 km. La posición de cada satélite SENTINEL-2 en su órbita se mide mediante un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) receptor de doble frecuencia. Los sistemas Sentinel 2 se desarrollan por un consorcio liderado por las empresas Astrium GmbH (Alemania) y Astrium SAS (Francia) es responsable del instrumento multiespectral (MSI). (*User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online*, n.d.).

El satélite Sentinel adquiere datos sobre zonas terrestres y costeras desde la latitud que se extiende desde los 56 ° Sur (Isla Hornos, el cabo de Hornos, América del Sur) a 83 ° norte (Groenlandia). (User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online, n.d.) La recolección de datos dentro de esta región se incluye:

- Todas las islas de más de 100 km² de superficie.
- Islas en la Unión Europea
- El Mar Mediterráneo
- Todos los cuerpos de aguas continentales
- Todos los mares cerrados como el Mar Caspio.

Sentinel 2 genera dos productos que se diferencian de acuerdo a su Reflectancia.

Tabla 7. Productos Sentinel 2

Nombre	Descripción	Tamaño de los datos
Nivel 1C	Reflectancia en el tope de la Atmosfera	600 MB (100km * 100Km ²)
Nivel 2A	Reflectancia en el fondo de la Atmosfera	800 MB (100km * 100Km ²)

Fuente - ESA (User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online, n.d.)

Para su descarga Sentinel 2 cuenta con una grilla que se estableció de acuerdo al sistema UTM (Universal Transversal de Mercator) que divide la superficie de la Tierra en 60 zonas.



Figura 4. Grilla Sentinel 2 para Colombia – Fuente User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online, n.d.

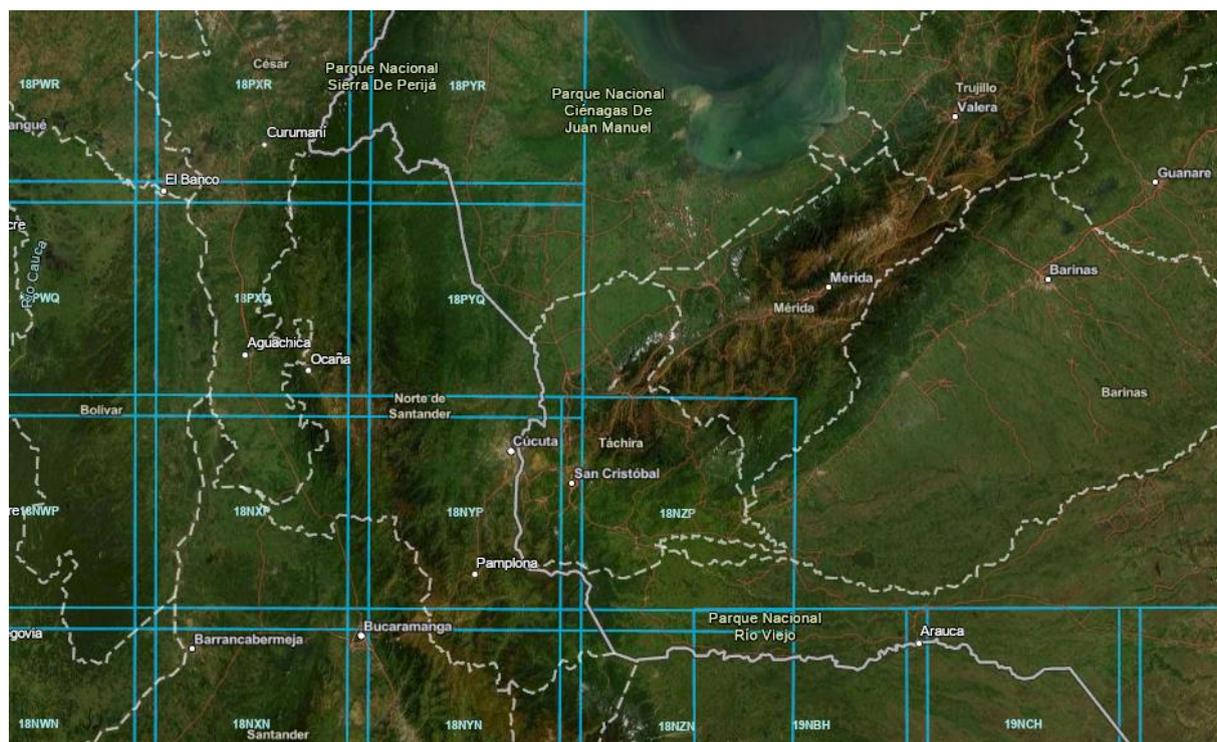


Figura 5. Grilla Sentinel 2 para Norte de Santander – Fuente User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online, n.d.

Los Satélites Sentinel 2 proporciona mediciones con frecuencia de revisita de 10 días y la revisita combinada entre Sentinel 2^a y Sentinel 2B es de 5 días. La resolución espacial de Sentinel -2 depende de cada una de las Bandas

- Resolución 10 metros (Banda 2, Banda3, Banda4 y Banda 8)
- Resolución 20 metros (Banda 5, Banda 6, Banda 7, Banda 8A, Banda 11 y Banda 12)
- Resolución 60 metros (Banda 1, Banda 9 y Banda 1D)

4.8.2 Generalidades Landsat 8

Lanzado el 11 de febrero de 2013 LANDSAT 8 constituye un proyecto que vincula el USGS y la NASA. Su vida útil oscila de 5 a 10 años, pero tras la permanencia de su antecesor Landsat 7 por 17 años en funcionamiento hasta la actualidad se le da un ciclo de vida con perspectivas muy amplias. La orbita de Landsat 8 se localiza a 702 km de distancia sobre la superficie terrestre aproximadamente, con un ciclo de revisita de 16 días y una captura de setecientas imágenes por día con una extensión de 185 x 180 km cada una. Las imágenes Landsat 8 son de Level 1T lo que hace referencia a que poseen un modelo digital de elevación

(DEM) y una calibración radiométrica y de ortorectificación respaldada con puntos de control sobre el terreno (Franco, 2017) generando aplicaciones muy variadas para sus 11 bandas como se establece en la Tabla 8. (Aplicación principal de las bandas Landsat 8), Dentro de los principales instrumentos de Landsat 8 tenemos:

- ✚ OLI (Operational Land Imager) Este sensor adquiere imágenes en 9 espectros de banda en resolución espacial de treinta metros, la banda pancromática posee una imagen con 15 metros de resolución espacial generando un nivel de confianza del 90%
- ✚ TIRS (Thermal Infrared Sensor) Este sensor TIRS amontona imágenes térmicas con 2 bandas de infrarrojo onda larga, arroja una resolución de imagen espacial de cien metros, la precisión cartográfica de este sensor genera un error radial de 41 metros generando un nivel de confianza del 90%.

Tabla 8. Usos importantes de las bandas Landsat 8

Banda	Aplicación Principal
1 Coastal	Costas y Aerosol.
2 Azul	Batimétrico, delimitar costas Diferenciar suelo de vegetación Detección de rasgos urbanos, vías y construcciones.
3 Verde	Discriminar sedimentos en suspensión Evaluar vigor de las plantas por la alta reflectancia Delinear aguas poco profundas Rasgos urbanos y de infraestructura.
4 Rojo	Discriminar gradientes de vegetación Delimitar áreas urbanas y áreas agrícolas.
5 NIR Infrarrojo cercano	Cálculo de biomasa de vegetación Diferenciación suelos-cultivos y suelos Agua, para geomorfología Suelos y geología.
6 SWIR 1	Penetrar nubes delgadas. Contenido de humedad en los suelos y la vegetación

Banda	Aplicación Principal
7 SWIR 2	Discriminar Tipos De Rocas Determinación De Contenidos De Humedad En Suelos Y Vegetación.
9 Pancromática	Es Una Imagen Sensible A Todo El Espectro Visible
8 Cirrus	Detección de nubes cirrus.
10 TIRS 1 Térmica	Mapeo termal Estimación de humedad del suelo.
11 TIRS 2 Térmica	Mapeo Termal Mejorado Estimación de humedad del suelo.

Fuente - (Franco, 2017)

Landsat 8 aplica una división de referencia conocida como Worldwide Reference System-2, esta cuadrícula se relaciona con el recorrido del satélite sobre el planeta con una configuración ascendente - nocturna y descendente diurna.

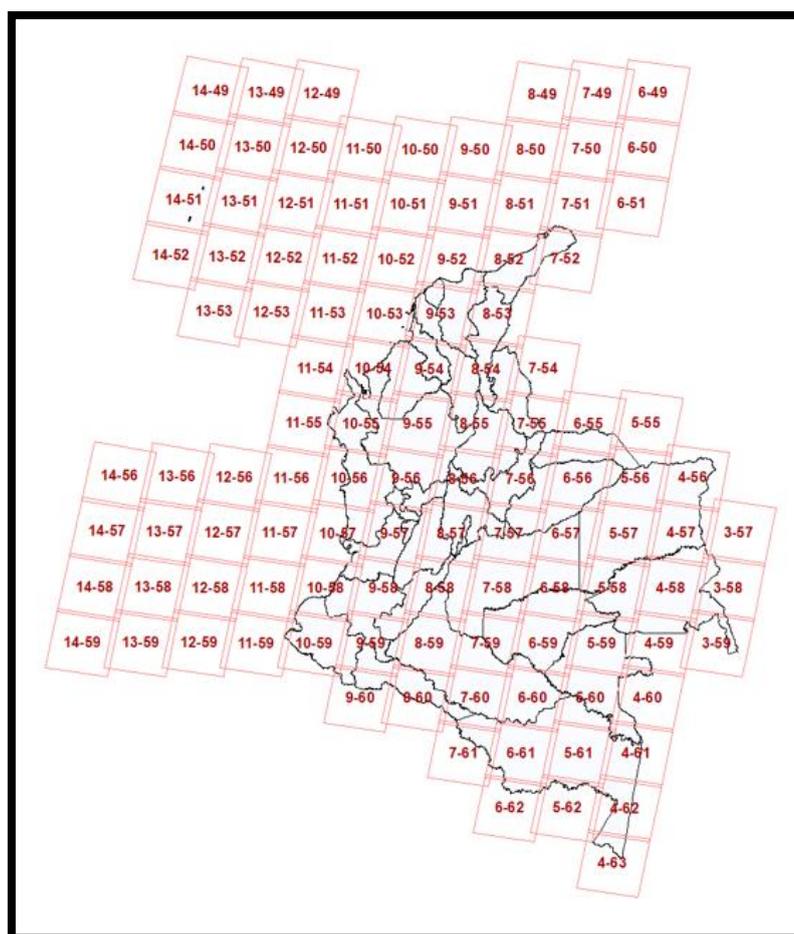


Figura 6. Cuadrícula WRS-2 de Landsat 8 para Colombia – Fuente (Franco, 2017)

5. METODOLOGÍA

A continuación, se establece el diagrama de flujo de trabajo formulado para el desarrollo del direccionamiento de la guía de apoyo técnico en la valoración de cubiertas de la tierra con el uso de imágenes Landsat Y Sentinel con estudio de caso en el corregimiento de Palamarito municipio de Cúcuta, departamento de Norte De Santander , los resultados esperados y su aplicación macro y micro territorial.

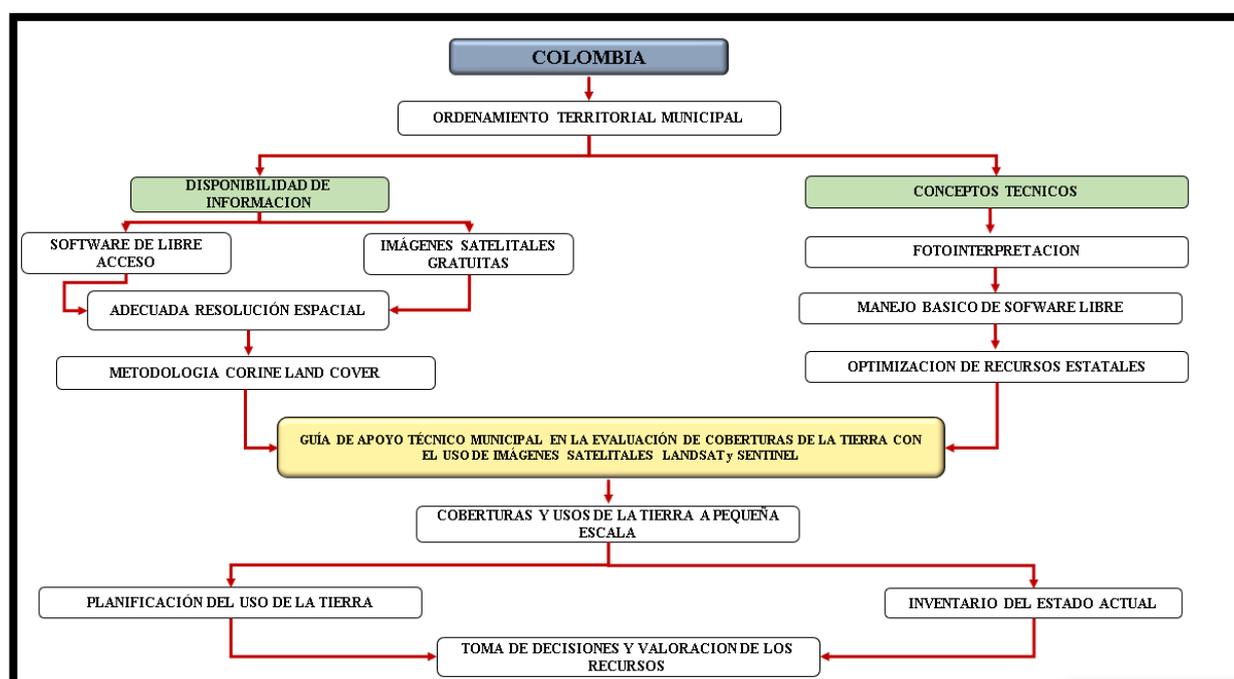


Figura 7. Direccionamiento Metodológico de la Guía

Fuente: Autores

5.1 Área de Estudio

El corregimiento de Palmarito se encuentra en Cúcuta, una zona en límites con la República de Venezuela, el área está constantemente amenazada por Grupos armados al margen de la Ley, Tráfico de estupefacientes, contrabando de gasolina entre otros múltiples problemas sociales que incrementan el riesgo ambiental en el área, sumándole a lo anterior la baja presencia del estado.

La Zona de estudio seleccionada se ubica inmersa en los municipios de Cúcuta en su parte norte y Tibú en su zona sur ambos pertenecientes al Departamento de Norte de Santander,

con el objetivo de “Mejorar las capacidades de las comunidades y de los funcionarios con competencias ambientales en el territorio de las Alcaldías de Tibú y Cúcuta (Corregimiento de Palmarito), para llevar a cabo procesos de concertación que faciliten y promuevan la conservación y el desarrollo sostenible de los bosques”(GIZ & CORPONOR, 2017).

El área seleccionada se hace de importancia para la comunidad de Palmarito ya que allí nace la quebrada la estrella, fuente abastecedora para el corregimiento, la zona está siendo amenazada por el constante aumento de la frontera agrícola para ganadería no extensiva, aprovechamiento ilegal de maderables, minería ilegal de carbón y para el cultivo de coca.

El área de estudio se localiza entre los 59 msnm y los 425 msnm en una zona de pendientes medias con predominancia de colinas y algunos escarpes, lo que en la zona se conoce como Cerro Mono.

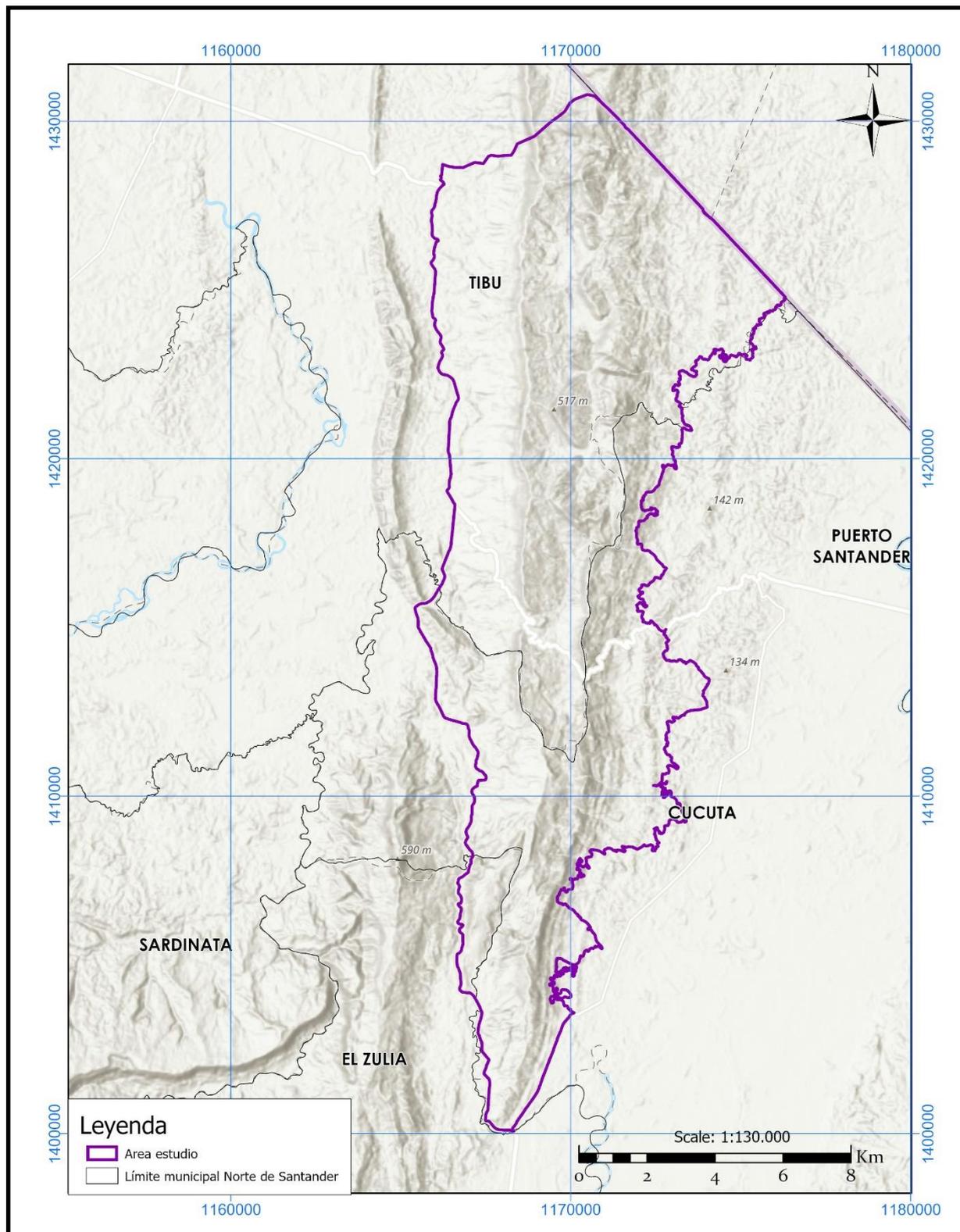


Figura 8. Localización del Área de Estudio – Fuente Propia

5.1.1 División veredal

El área estudio se delimito en la zona sur del municipio de Tibú y norte del municipio de Cúcuta, con un área total de 17.027 Ha, se ubica en la zona de influencia de las veredas.

Tabla 9. Veredas en el Área de Estudio

Municipio	Vereda	Área Total (Ha)	Área dentro del área de estudio (Ha)	% Área de la vereda con área de estudio
Cúcuta	Palmarito	1202575	4692	27,56
	Banco de Arena	954991	1498	8,8
El Zulia	Santa Rosa	92932	389	2,28
Tibú	Ambato	194654	1579	9,27
	Barco-La Silla	304389	2642	15,52
	El Empalme	207222	2053	12,06
	El Totumito	260309	2449	14,38
	El Socorro	138813	1388	8,15
	Primavera	92865	110	0,65
	Petrolea	175048	117	0,69
	Ambato	347053	109	0,64

Fuente. Shape de Veredas del Departamento Nacional de Estadística

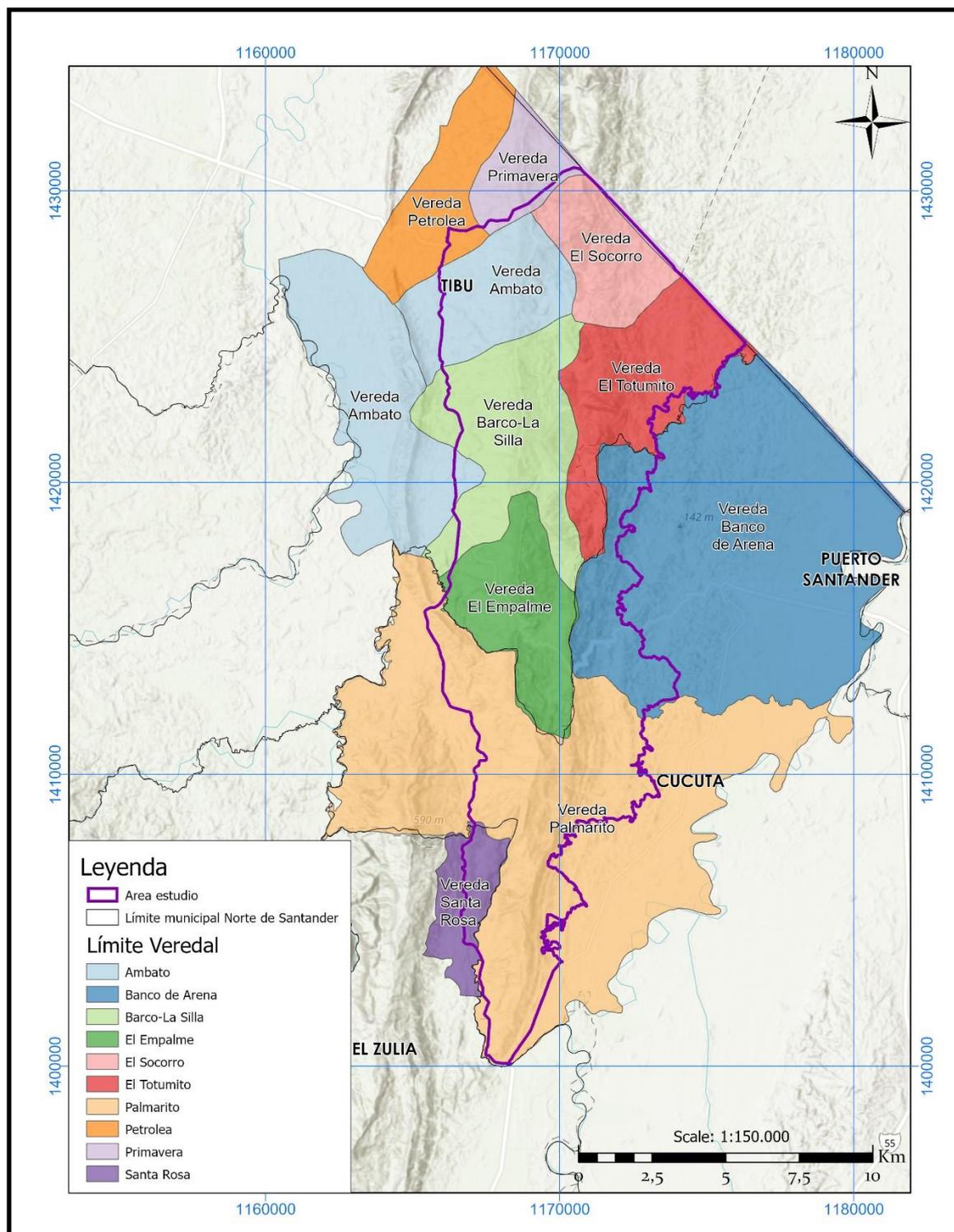


Figura 9. Mapa de Veredas en el Área de Estudio

5.1.2 Hidrología

El área de estudio se encuentra entre las subzonas hidrográficas del Río Zulia y el Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú), (IDEAM, 2013).

Tabla 10. Subzonas hidrográficas en el Área de Estudio

Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica
1 - Caribe	16 - Catatumbo	1603 - Río Nuevo Presidente - Tres Bocas (Sardinata, Tibú)
1 - Caribe	17 - Catatumbo	1602 - Río Zulia

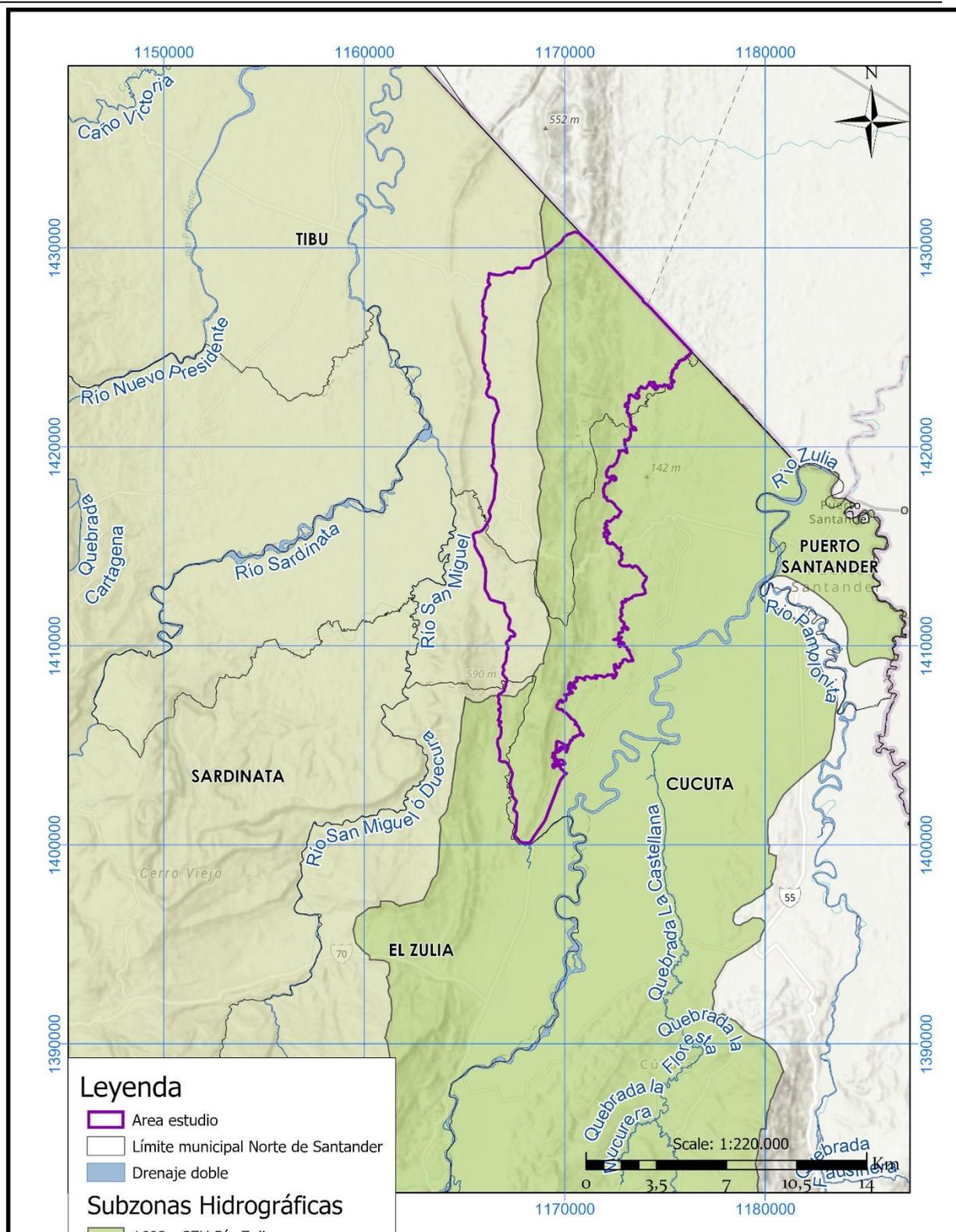


Figura 10. Mapa de Subzonas Hidrográficas – Fuente Shape de Subzonas Hidrográficas del IDEAM

5.1.3 Clima

El clima en el área de estudio es de acuerdo a la clasificación climática de Köppen de tipo Tropical lluvioso de selva-ecuatorial, y del tipo Tropical lluvioso de sabana con veranos secos (IDEAM, 2011).

La temperatura en el área de estudio se encuentra entre los 25,1 °C y los 27,8 °C con una temperatura promedio de 26,9 °C.

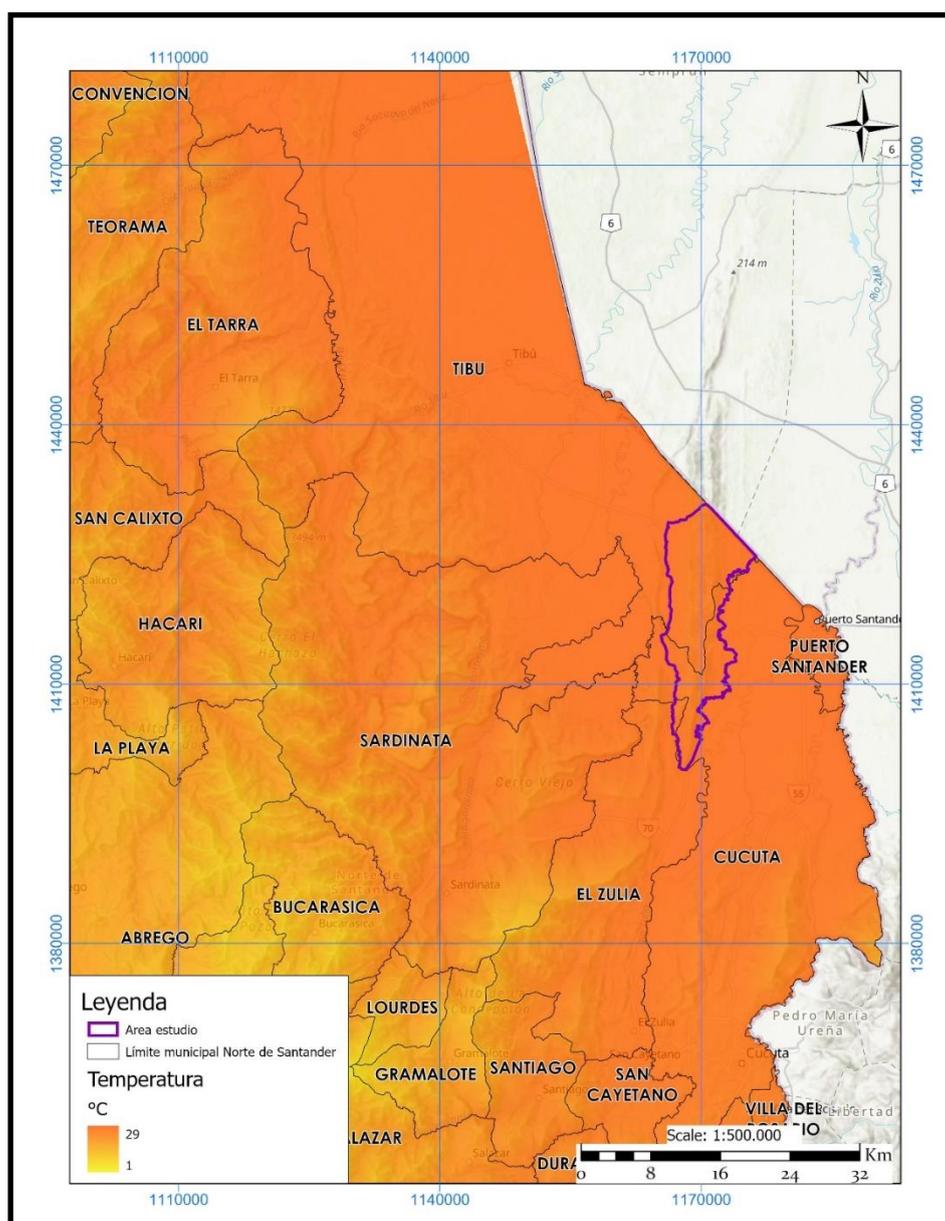


Figura 11. Temperatura en el área de estudio - Fuente Mapa de Temperatura de Norte de Santander de CORPONOR

La precipitación en el área se encuentra entre los 1953 mm a los 3034 mm, con un promedio de 2689 mm, el área se distingue por su ciclo bimodal, es decir con dos temporadas

de lluvia (Zulia, 2017), siendo esta zona una de las que tiene mayores precipitaciones en el departamento.

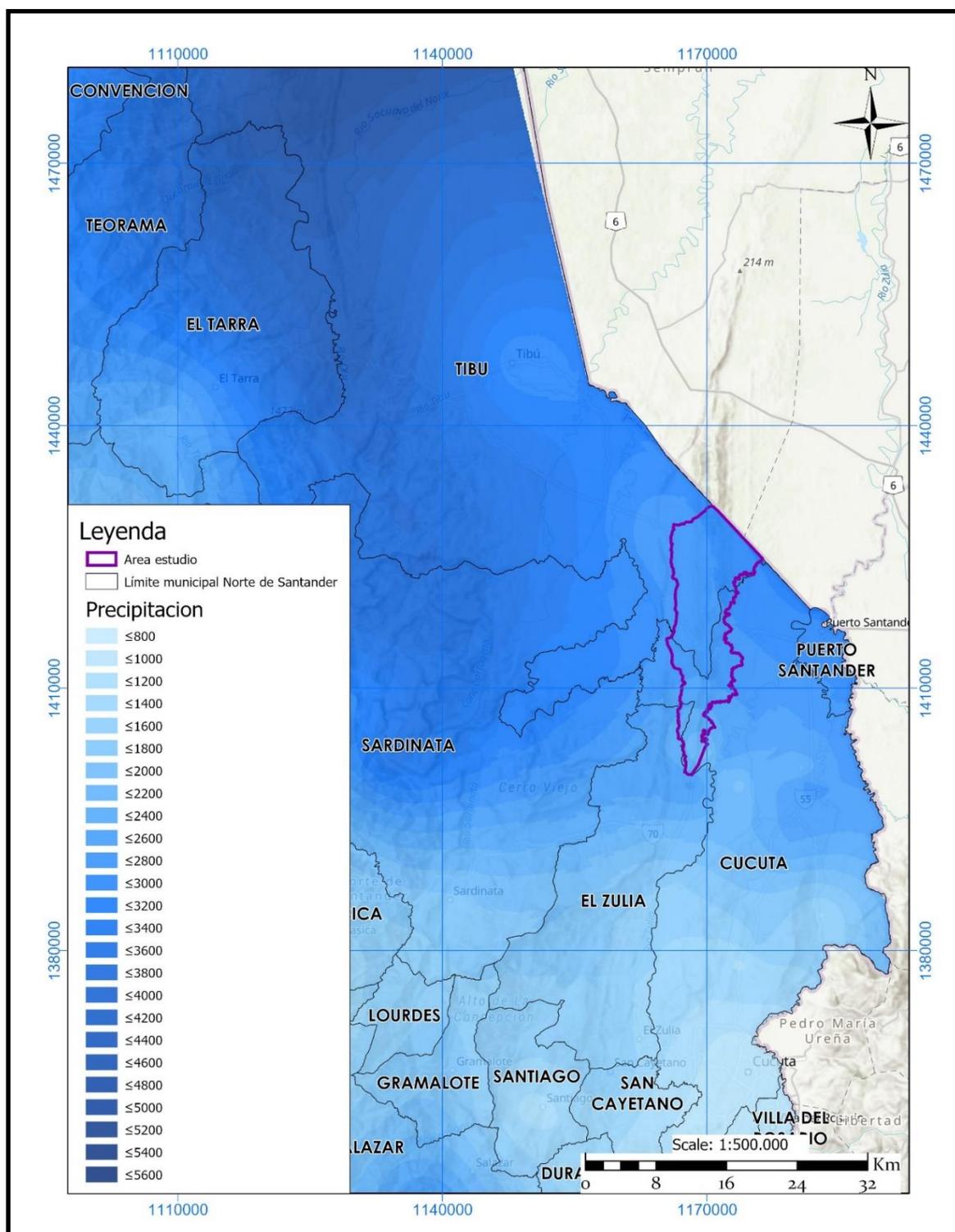


Figura 12. Mapa de Precipitación - Fuente Mapa de Precipitación de Norte de Santander de CORPONOR

5.1.4 Geología

El área de estudio afloran litologías cuyas edades se encuentran entre Cretácico, Terciario y Cuaternario, se caracterizan en el área por ser rocas sedimentarias que han sido

estructurada debido a la acumulación de sedimentos en periodos prolongados de tiempo lo que proviene de otras rocas o restos orgánicos (Zulia, 2017), debido a la acción de los drenajes que se originan en las zonas altas y arrastran sedimentos hacia las zonas más bajas como es donde se encuentra nuestra área de estudio.

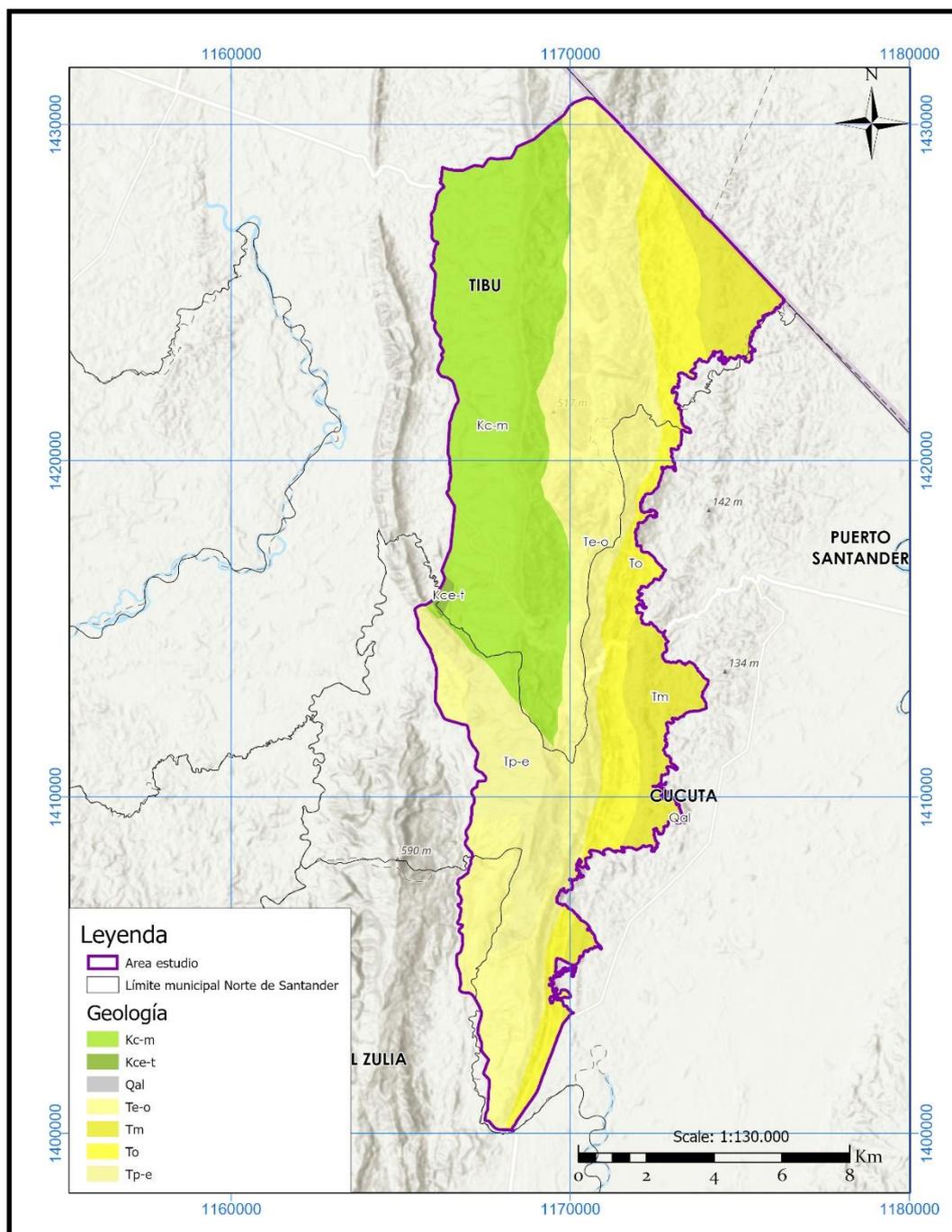


Figura 13. Mapa de Geología en el Área de estudio - Fuente Servicio Geológico Colombiano

5.1.5 Geomorfología

En la zona de Palmarito se encuentran geoformas donde predomina el ambiente fluvial, con subunidades principales: Abanicos aluviales, terrazas aluviales, meandros abandonados, barras de arena, y complejo de orillares, entre otras geoformas. Con presencia de lomeríos disectados, lóbulos de movimiento en masa, montículos y ondulaciones de origen Denudacional (Zulia, 2017).

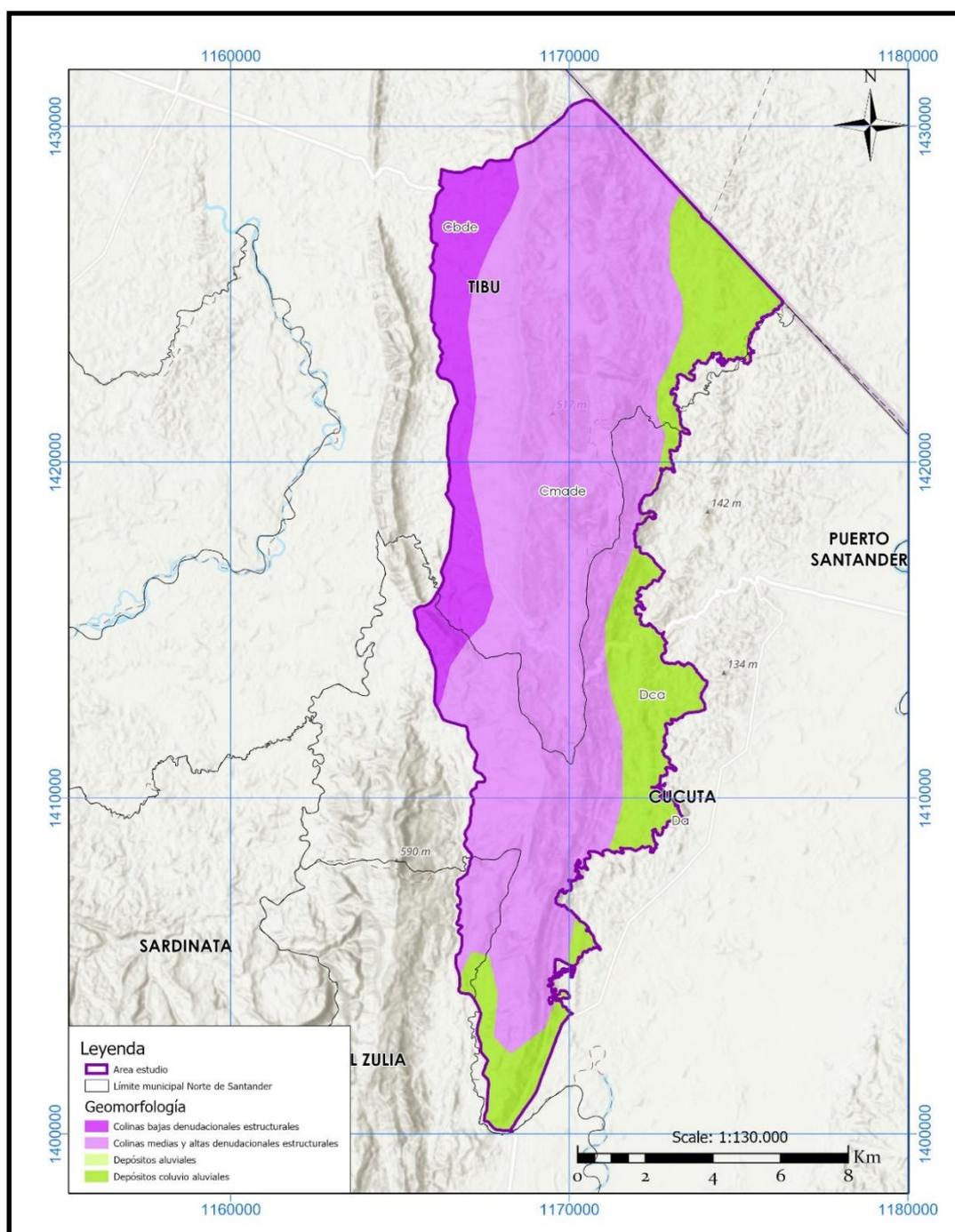


Figura 14. Mapa Geomorfológico del Área de Estudio - Fuente Servicio Geológico Colombiano

5.1.6 Suelos

En el área se encuentran principalmente dos tipos de paisaje el de Valle el cual es una extensión de terreno alargado donde predominan los materiales de origen deposicional aluvial, originando sedimentos en los cauces despendiendo en gran parte de la dinámica de los cuerpos hídricos, al ser nuestra área cercana a la confluencia de los ríos Pamplonita y Zulia. El paisaje de Lomerío se caracteriza porque presenta una repetición de colinas o lomas de alturas variables, cimas variables que divergen en varias direcciones, configurando así una superficie quebrada (Zulia, 2017).

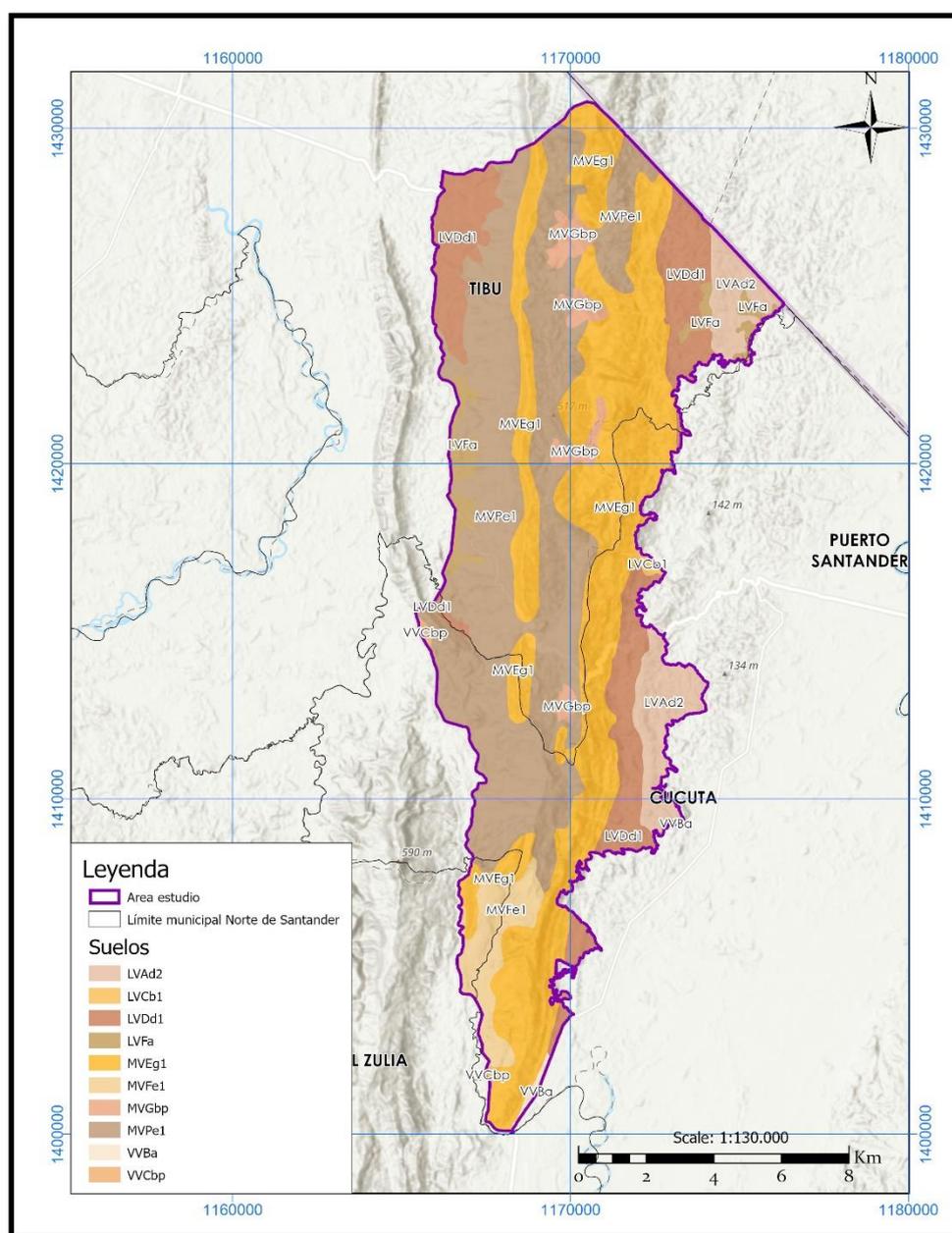


Figura 15. Mapa de Suelos del Área de estudio - Fuente IGAC

5.2 Antecedentes

El 93% de la deforestación en Norte de Santander fue generada por actividades de expansión de la frontera agropecuaria, donde la ganadería bovina extensiva, los cultivos agrícolas (palma de aceite, cacao, café, arroz, cítricos), el cultivo ilícito de coca, el aprovechamiento ilegal de madera y la minería de carbón subterránea, provocaron fuertes cambios de uso del suelo de bosques a cultivos y/o pastos, y degradación de bosques para aprovechamiento de palanca de madera para mina (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2016).

Estas actividades se vienen desarrollando en zonas de gran importancia ecológica para la provisión de servicios ecosistémicos a comunidades rurales y urbanas, como son los bosques montanos y húmedos tropicales en el municipio de Tibú y Corregimiento de Palmarito. Esta zona concentra aproximadamente el 20% de la deforestación del departamento de Norte de Santander, entre el 2000 y 2012 fueron deforestadas 19.948 ha (1.627 ha/año) (GIZ & CORPONOR, 2017).

Los principales agentes de deforestación en orden de importancia son el pequeño agricultor, la ganadería de pequeña y mediana escala, el aprovechamiento de madera, el agricultor con expansión de sus terrenos de aprovechamiento, los cultivos de coca y la minería. Entre el 2000 y 2012, el corregimiento de Palmarito, presentó una deforestación acumulada de 1.227 ha (144 ha / año)(GIZ & CORPONOR, 2017). Esto evidencia que los municipios de Tibú y el Corregimiento de Palmarito, presentan altas cifras de deforestación en los últimos años, lo que ha generado la pérdida de los bosques y nacientes. Con el propósito de mitigar los procesos de afectación al territorio se implementó el “Proyecto de Cambio” cuyo propósito fue fortalecer a la administración del municipio, dotando a sus funcionarios de información y de herramientas tecnológicas y legales que faciliten ejercer el control y un trabajo articulado con los diferentes actores.

Uno de los componentes del Proyecto de Cambio fue el análisis de la cobertura de la tierra de dos periodos se tomaron los años 2010 y 2016, cuyo objetivo fue generar un análisis multitemporal que permitiera identificar las pérdidas de bosque en esta transición temporal ,para esto se utilizó una imagen del sensor ALOS AVNIR con resolución espacial de 10 metros para la identificación de las coberturas del año 2010, como se observa en la Figura 16, con cada cobertura y sus áreas en la Tabla 11. Coberturas de la Tierra Año 2010

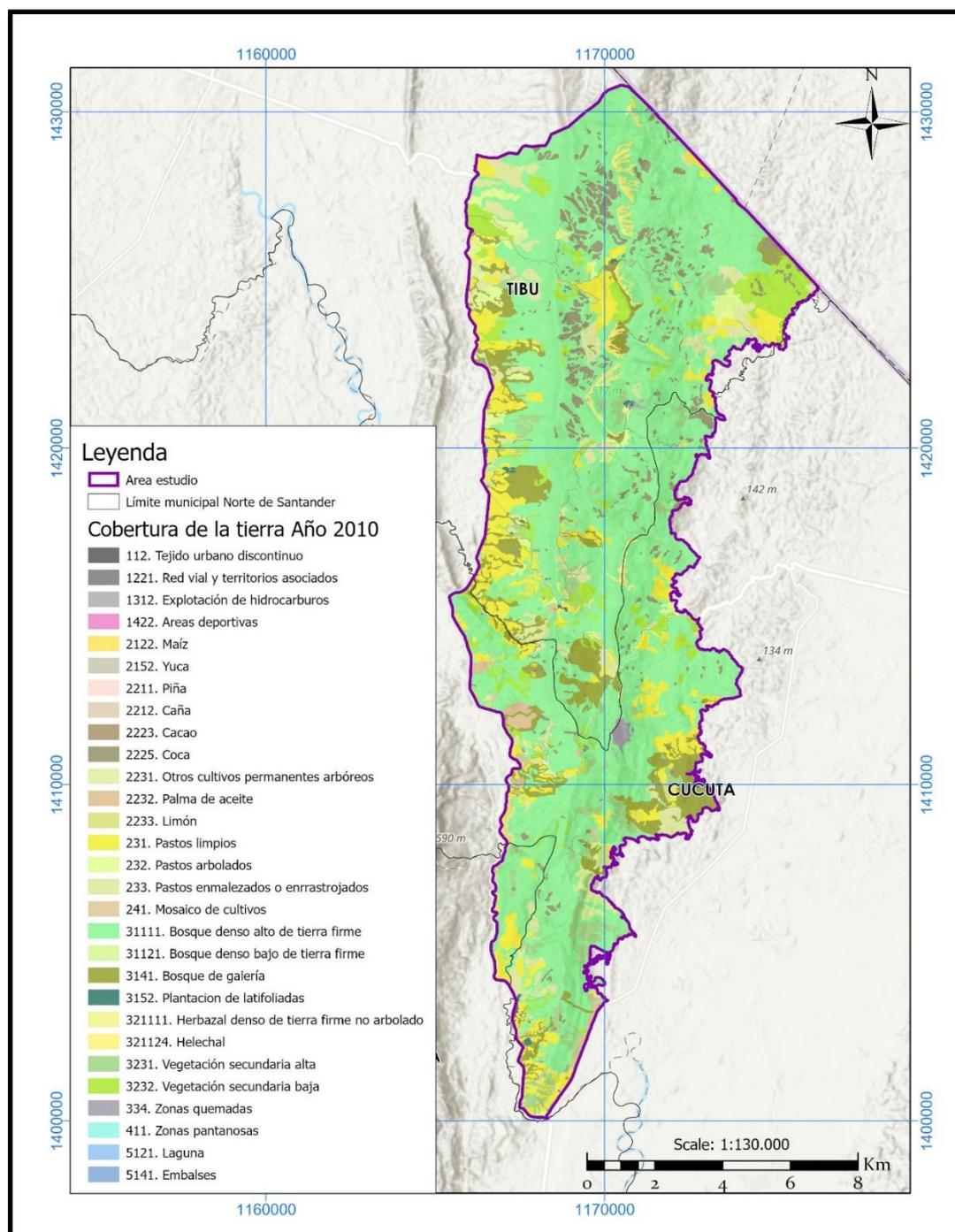


Figura 16. Mapa de Cobertura de la tierra en el Área de estudio Año 2010 – Fuente “Proyecto Cambio” – GIZ

Tabla 11. Coberturas de la Tierra Año 2010

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	ÁREA (Ha)	% ÁREA
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.2. Tejido urbano discontinuo				11,8	0,07%
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados			123,2	0,72%
	1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	1.3.1. Zonas de extracción minera	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos			8,7	0,05%
	1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.2. Instalaciones recreativas	1.4.2.2. Áreas deportivas			1,4	0,01%
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.1. Cultivos transitorios	2.1.2. Cereales	2.1.2.2. Maiz			3,4	0,02%
		2.1.5. Tubérculos	2.1.5.2. Yuca			5,6	0,03%
		2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	2.2.1.1.1. Piña		0,4	0,002%
			2.2.1.2. Caña			0,4	0,003%
	2.2. Cultivos permanentes	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2.2.2.3. Cacao			6,6	0,04%
			2.2.2.5. Coca			728,6	4,27%
			2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos			26,1	0,15%
		2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3.2. Palma de aceite			125,2	0,73%
			2.2.3.3. Citricos			30,6	0,18%
		2.3.1. Pastos limpios	2.3.1. Pastos limpios			1654,3	9,69%
	2.3.2. Pastos arbolados	2.3.2. Pastos arbolados			341,1	2,00%	
2.3. Pastos	2.3.3. Pastos enmalezados o enrastrajados	2.3.3. Pastos enmalezados o enrastrajados			859,4	5,03%	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de cultivos			12,2	0,07%	
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso	3.1.1.1. Bosque denso alto	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme		10012,6	58,66%
			3.1.1.2. Bosque denso bajo	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo		109,2	0,64%

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	ÁREA (Ha)	% ÁREA
				de tierra firme			
		3.1.4. Bosque de galéria y ripario	3.1.4.1. Bosque de galeria			1267,2	7,42%
		3.1.5. Plantacion forestal	3.1.5.2. Plantacion de latífoliadas			17,1	0,10%
			3.2.1.1. Herbazal denso	3.2.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	63,8	0,37%
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1. Herbazal	3.2.1.1. Herbazal denso		3.2.1.1.2.4. Helechal	121,3	0,71%
		3.2.3. Vegetacion secundaria o en transción	3.2.3.1. Vegetacion secundaria alta			571,1	3,35%
			3.2.3.2. Vegetacion secundaria baja			916,9	5,37%
		3.3.4. Zonas quemadas				46,3	0,27%
4. AREAS HÚMEDAS	4.1 Áreas húmedas continentales	4.1.1. Zonas Pantanosas				2,4	0,01%
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Laguna, lagos y ciénagas naturales	5.1.2.1. Laguna			0,5	0,003%
		5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	5.1.4.1. Embalses			0,4	0,003%
TOTAL						17068,87	100,00%

Fuente – Proyecto Cambio – GIZ

Para la identificación de coberturas de la tierra del Año 2016 de utilizo una imagen del sensor Sentinel 2 con una resolución espacial de 10m, se observa en la. El proceso de captura de información se realizó mediante la digitalización de cada una de las imágenes en el Software QGis, como paso previo a la verificación en campo, la cual se realizó por parte de técnicos del SENA que habitan en el corregimiento de Palmarito.

Posterior a esto se identificaron los cambios en la cobertura debido a lo que se observó en campo para así tener el resultado final de la cobertura de la tierra para los años 2010 y 2016.

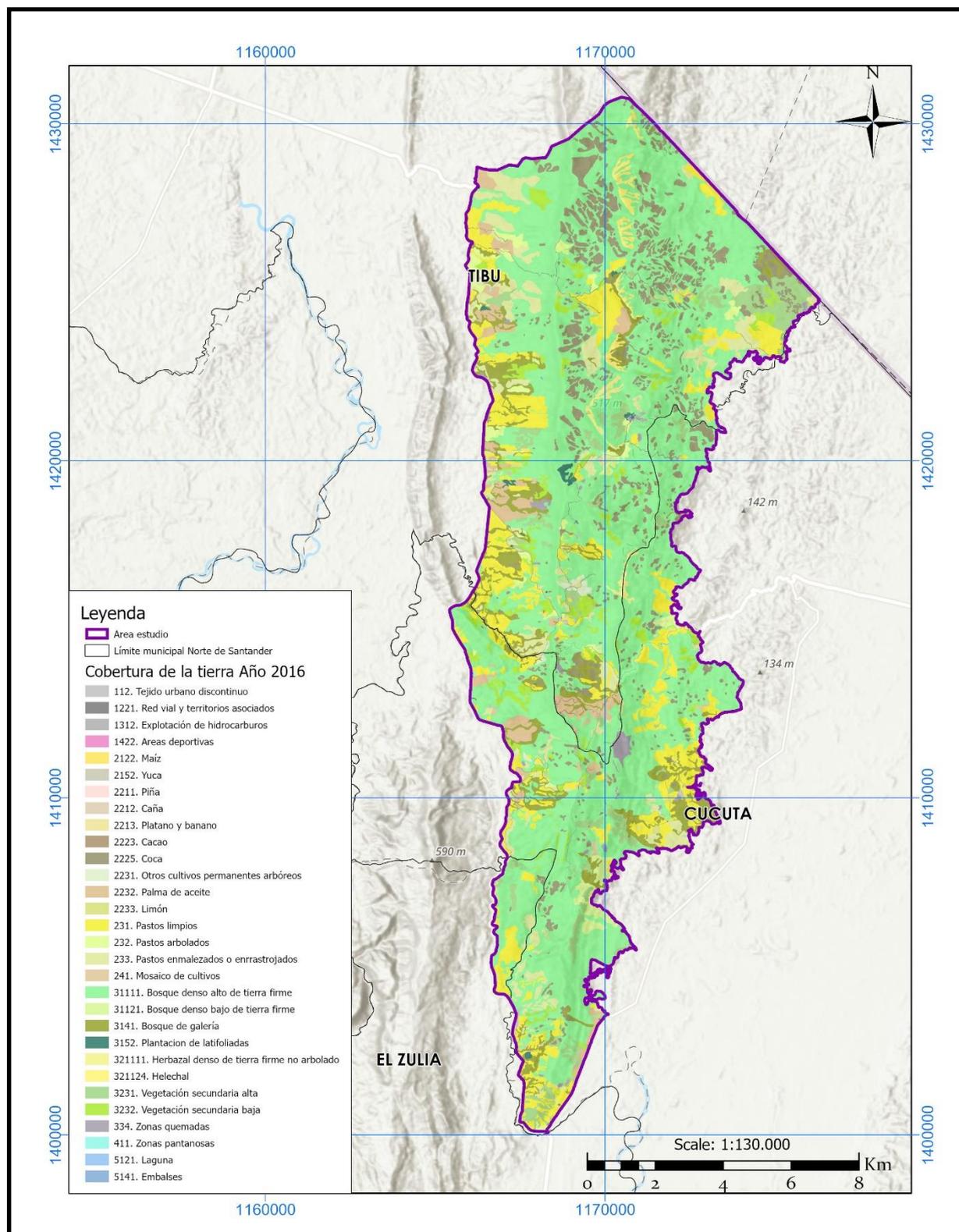


Figura 17. Mapa de Cobertura de la tierra en el Área de estudio Año 2016 – Fuente “Proyecto Cambio” – GIZ

Tabla 12. Coberturas de la Tierra Año 2016

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	ÁREA (Ha)	ÁREA %	
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.2. Tejido urbano discontinuo				11,8	0,07%	
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados			126,9	0,74%	
	1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	1.3.1. Zonas de extracción minera	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos			8,7	0,05%	
	1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.2. Instalaciones recreativas	1.4.2.2. Áreas deportivas			1,4	0,01%	
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.1. Cultivos transitorios	2.1.2. Cereales	2.1.2.2. Maiz			6,8	0,04%	
		2.1.5. Tubérculos	2.1.5.2. Yuca			11,4	0,07%	
	2.2. Cultivos permanentes	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	2.2.2.1.1.1. Piña			0,4	0,002%
				2.2.1.2. Caña			1,4	0,01%
			2.2.1.3. Plátano y banano			0,7	0,004%	
		2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2.2.2.3. Cacao			6,6	0,04%	
		2.2.2.5. Coca			1284,4	7,52%		
		2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	2.2.3.2. Palma de aceite			459,1	2,69%
				2.2.3.3. Citricos			36,7	0,22%
			2.3. Pastos	2.3.1. Pastos limpios			1901,8	11,14%
	2.3.2. Pastos arbolados			233,3	1,37%			
	2.3.3. Pastos enmalezados o enrastrajados			868,8	5,09%			
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de cultivos			20,0	0,12%			

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	ÁREA (Ha)	ÁREA %	
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso	3.1.1.1. Bosque denso alto	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme		9380,4	54,96%	
			3.1.1.2. Bosque denso bajo	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme		109,3	0,64%	
		3.1.4. Bosque de galéria y ripario	3.1.4.1. Bosque de galeria			1001,8	5,87%	
		3.1.5. Plantacion forestal	3.1.5.2. Plantacion de latífoliadas			37,4	0,22%	
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1. Herbazal	3.2.1.1. Herbazal denso	3.2.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado		63,9	0,37%
				3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	3.2.1.1.2.4. Helechal		121,4	0,71%
		3.2.3. Vegetacion secundaria o en transición	3.2.3.1. Vegetacion secundaria alta			673,8	3,95%	
		3.2.3. Vegetacion secundaria o en transición	3.2.3.2. Vegetacion secundaria baja			575,6	3,37%	
		3.3. Áreas abiertas sin o con poca vegetación	3.3.4. Zonas quemadas				86,2	0,50%
	4. AREAS HÚMEDAS	4.1 Áreas húmedas continentales	4.1.1. Zonas Pantanosas				2,4	0,01%
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Laguna, lagos y ciénagas naturales	5.1.2.1. Laguna			0,5	0,003%	
		5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	5.1.4.1. Embalses			0,8	0,005%	
TOTAL						17068,9	100,00%	

Fuente – Proyecto Cambio - GIZ

Una vez se hace el registro se inicia sesión.

Figura 20. Inicio de sesión

5.3.1.2 Selección del área de búsqueda

Una vez se inicie sesión se realiza la búsqueda de nuestra área de interés, en nuestro caso sería la parte sur de Municipio de Tibú y la zona norte del Municipio de Cúcuta.

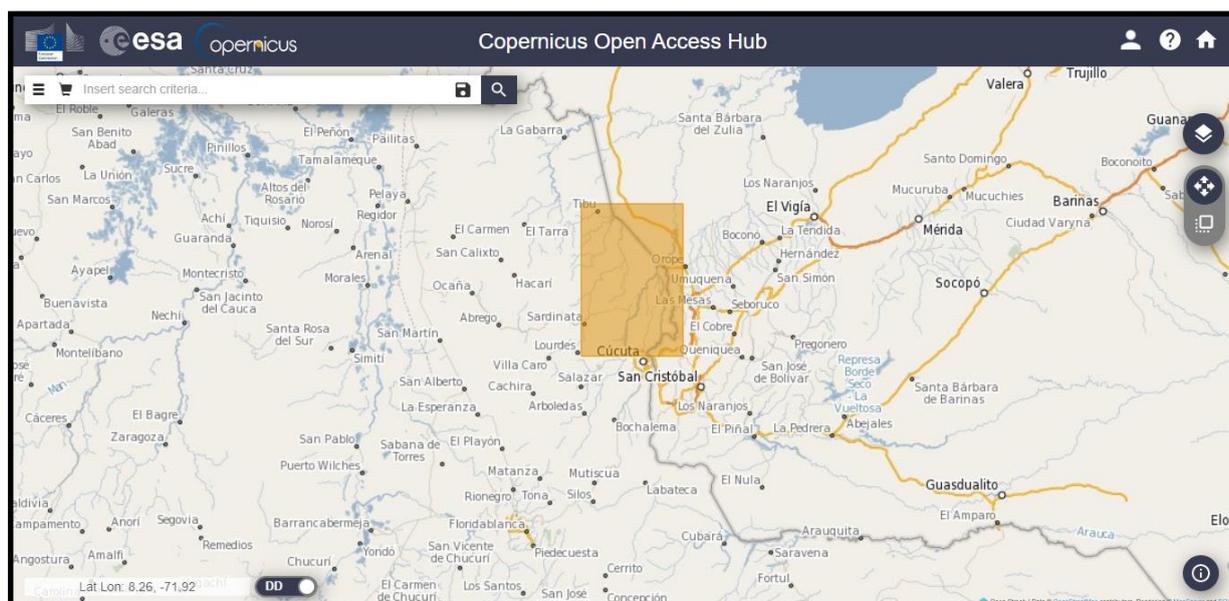


Figura 21. Área seleccionada

5.3.1.3 Filtro de búsqueda

Dentro del portal de búsqueda en la parte superior izquierda se encuentra la pestaña que abre la ventana para realizar la búsqueda específica, en la ventana de se encuentra la opción para la descarga de las imágenes de las misiones Sentinel 1, Sentinel 2 y Sentinel 3.

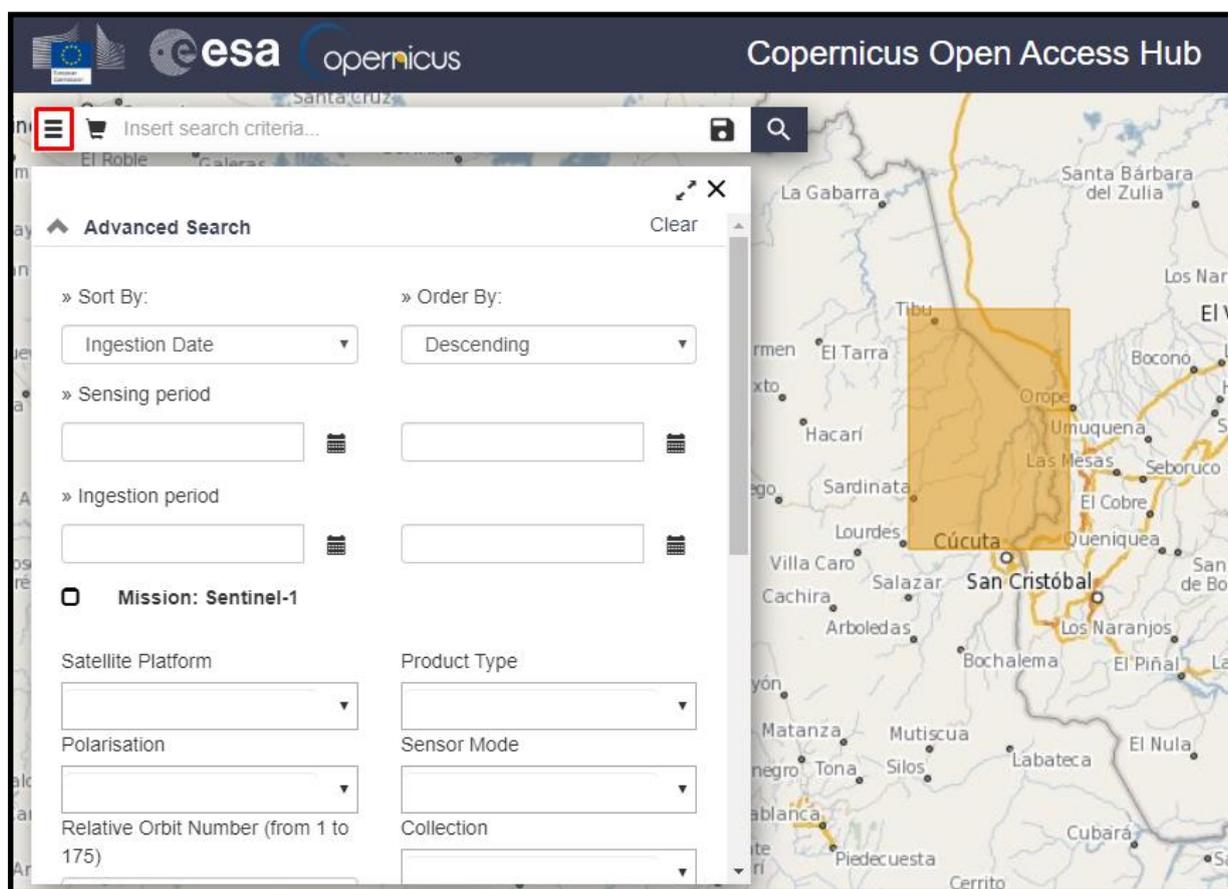


Figura 22. Filtros de búsqueda

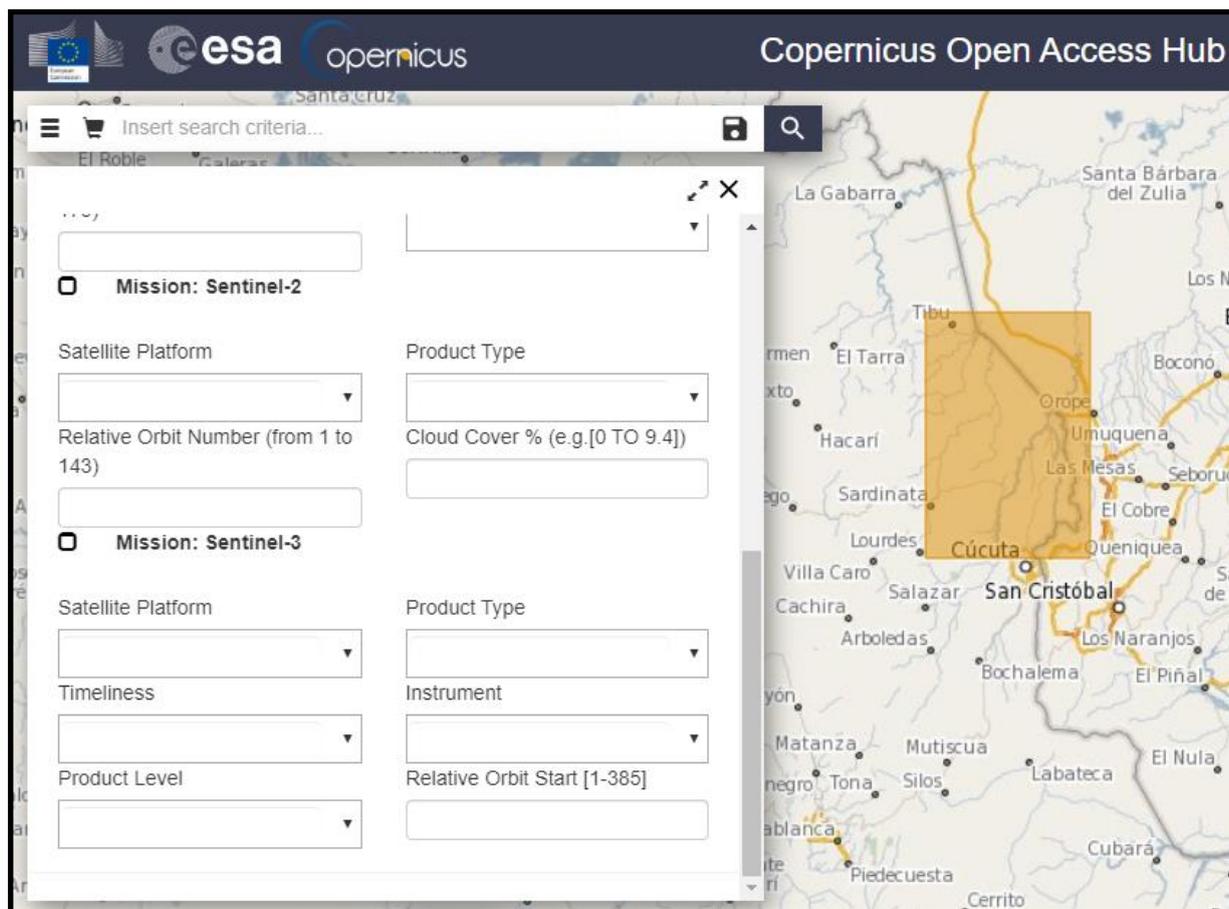


Figura 23. Filtros de búsqueda

Para nuestro caso de estudio se requieren imágenes de la Misión Sentinel 2, de la plataforma de satélite 2^a, la fecha de adquisición de las imágenes la más actual que es la que obtenemos por defecto y descende en el tiempo hasta el año 2015, se necesita una imagen del año 2020. Para iniciar la búsqueda se da clic en la lupa que se encuentra en la parte superior derecha de la ventana como se observa en la Figura 24.

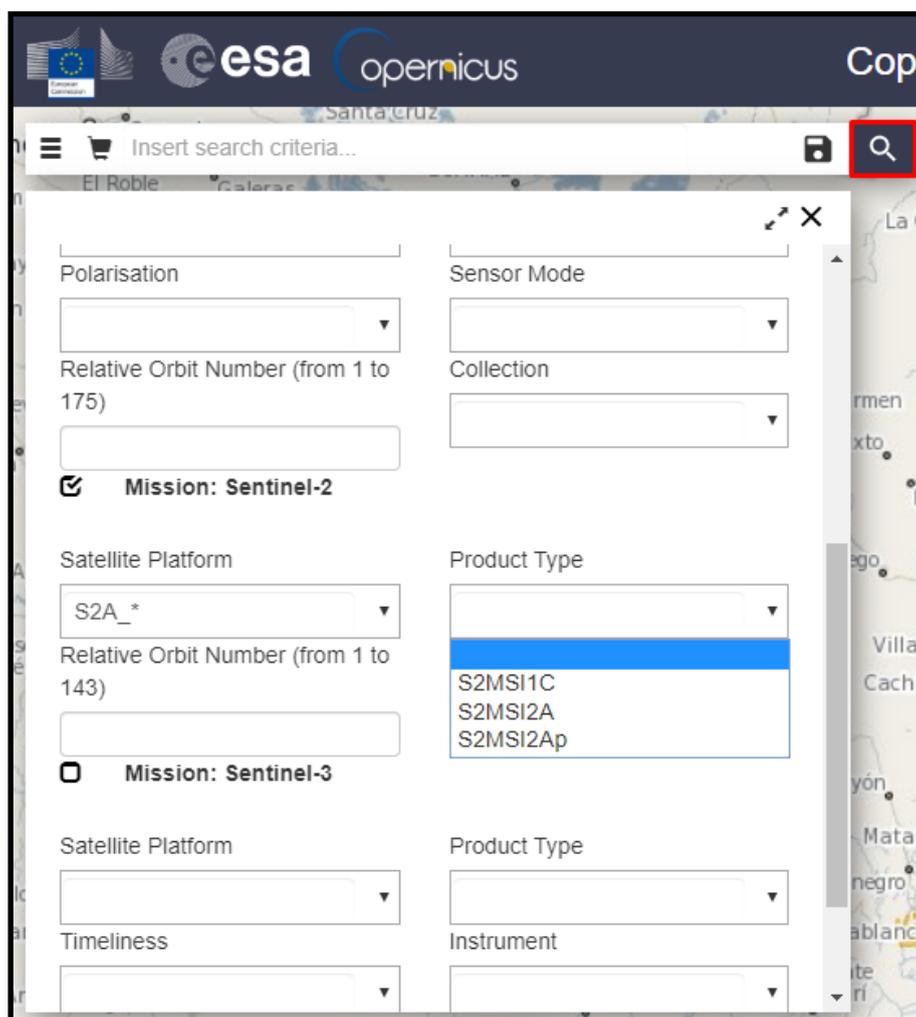


Figura 24. Filtro de búsqueda seleccionado

5.3.1.4 Pre visualización y Descarga de imágenes

Como se observa en la figura Sentinel 2 cuenta con dos productos el 1C cuya reflectancia está en el tope de la atmosfera y el 2A cuya reflectancia sobre la superficie terrestre, es mucho mejor descargar imágenes de tipo 2A, ya que estas ya cuentan con una corrección atmosférica el cual es un proceso con el propósito de eliminar el efecto de los aerosoles y la radiancia que se introduce en el sensor y se ve reflejado en la imagen, como producto de la interacción del sensor con la atmósfera. (User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online, n.d.) La corrección atmosférica logra mejorar la calidad visual de la imagen al eliminar la capa intrusiva de la atmósfera (Chuvieco, 2009).

Una vez se inicia la búsqueda se observa la siguiente ventana la que muestra las posibles imágenes que se pueden descargar para nuestra área de estudio.

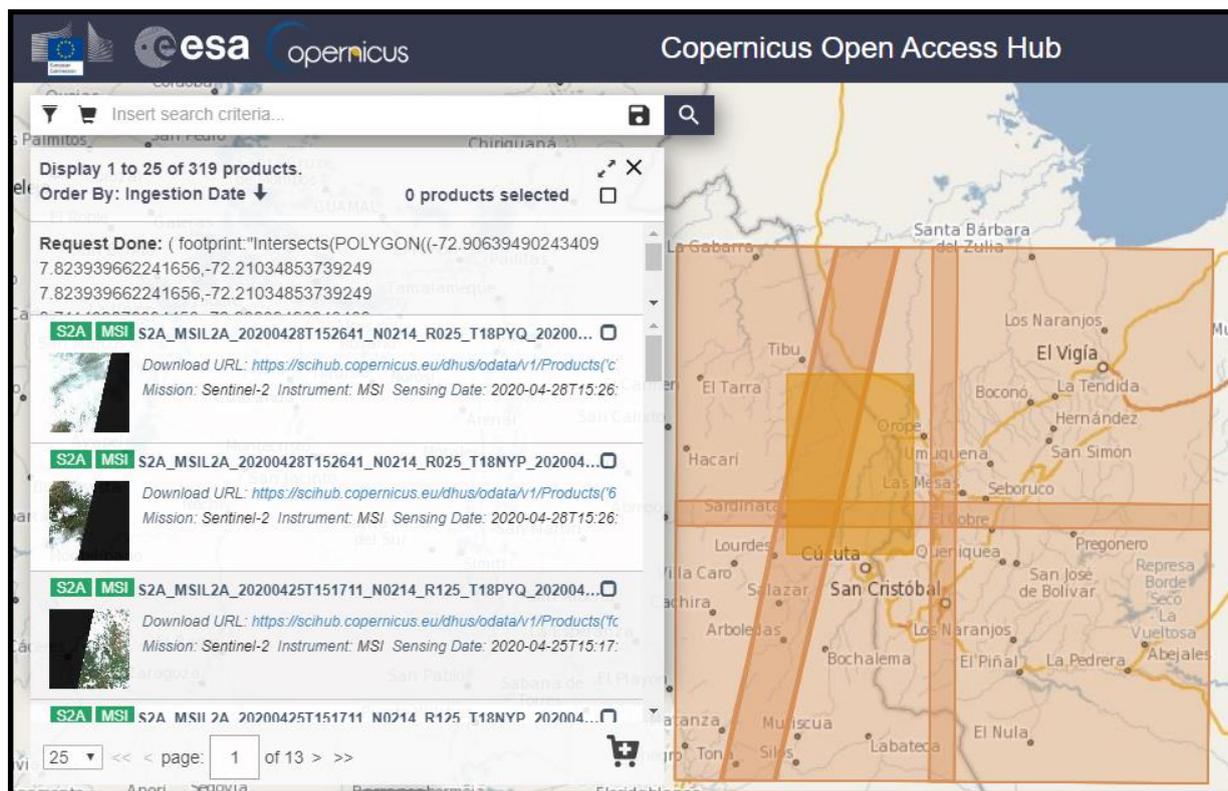


Figura 25. Opciones de selección para descarga

Una vez se tengan las opciones para la descarga se procede a seleccionar la imagen para procesar, para esto se cuenta con dos herramientas la primera, es el zoom el cual nos genera una vista directa a nuestra área seleccionada para la descarga.

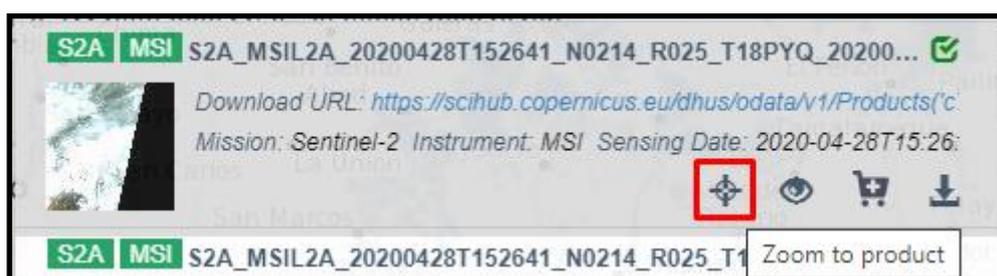


Figura 26. Zoom del área de descarga

La segunda herramienta es la de pre visualización de los detalles de la imagen que se descargará.

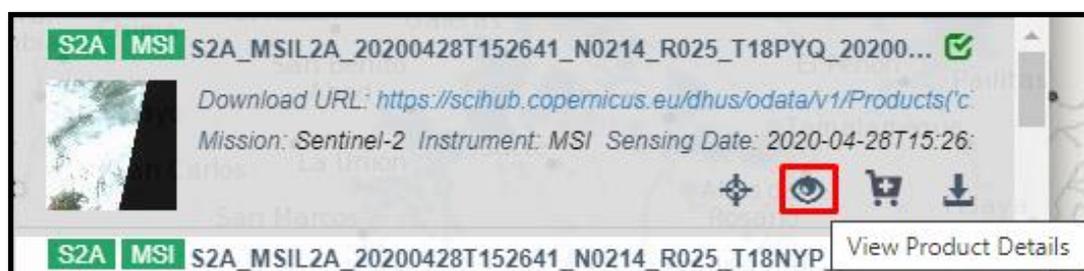


Figura 27. Icono de pre visualización de detalles

Al dar clic sobre este icono nos abre una ventana que contiene todo el metadato de la imagen y se pueden analizar unas características cruciales para su descarga, la cuales se mencionan a continuación.

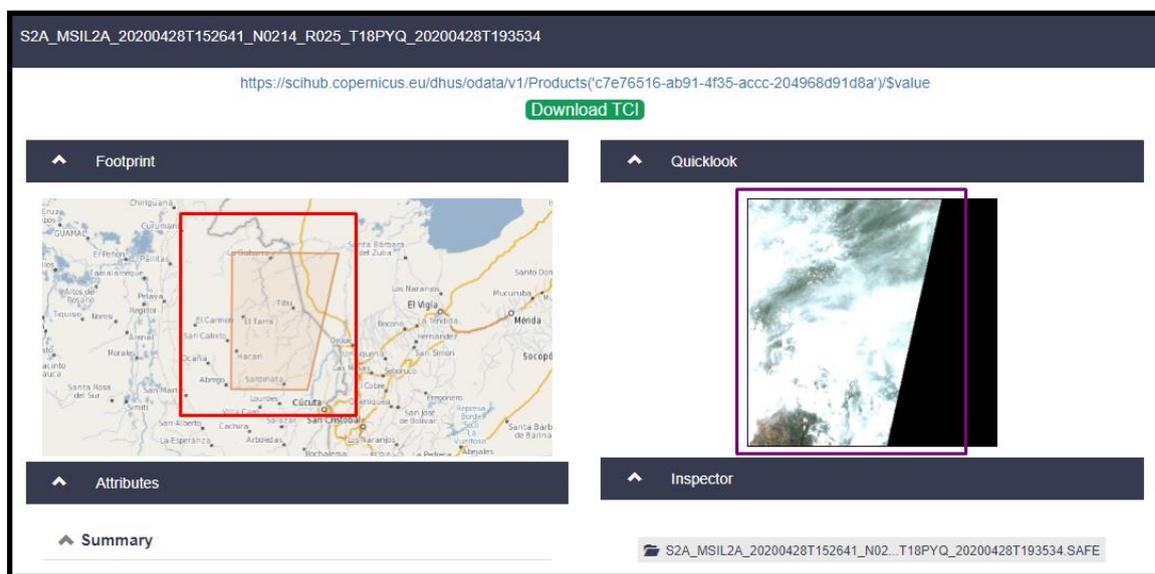


Figura 28. Ventana de pre visualización

En la Figura 28, se observa primero la parte derecha de Footprint, que en el recuadro rojo nos remarca cual es el área que esta fotografiada en la imagen satelital Sentinel, al evaluar los criterios de selección en la imagen se observa que para nuestra área de análisis no cubre un área de la parte norte del Municipio de Cúcuta, en la sección Quicklook podemos determinar que hay un área sin pixeles, en la imagen se observan grandes áreas cubiertas por nubes lo cual hace que rechacemos la misma para el ejercicio.

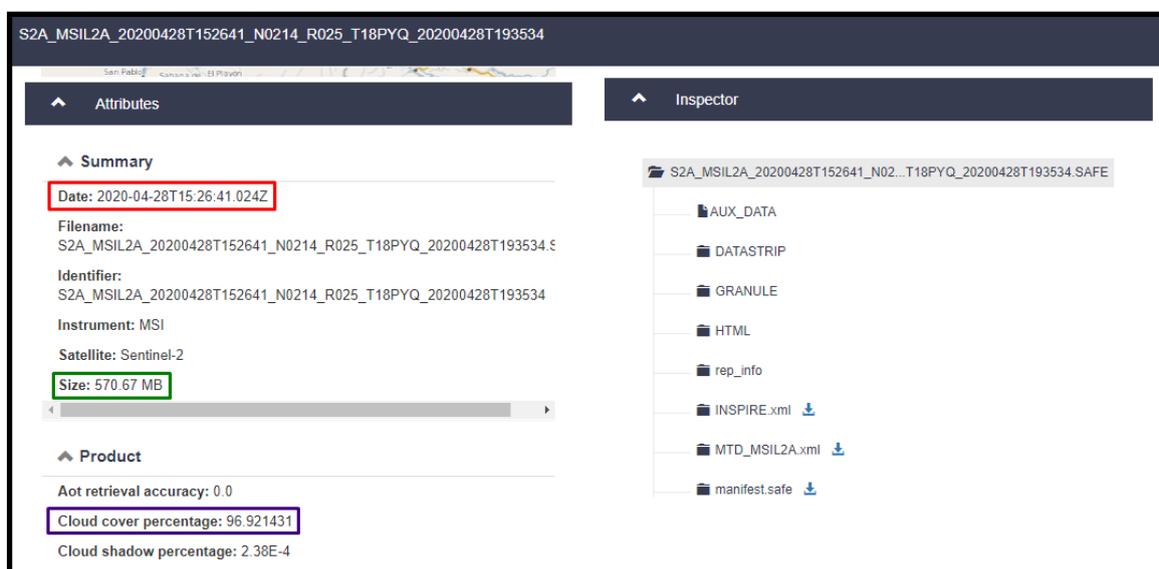


Figura 29. Ventana de pre visualización

En la Figura 29 se observa la segunda parte de nuestra ventana la que en su parte derecha Attributes muestra tres datos de importancia, el primero subrayado en el cuadro rojo es la fecha en que se adquirió la imagen la cual está establecida en Año-Mes-Día, en el caso del ejemplo la fecha es 28 de abril de 2020, el segundo datos subrayado en el cuadro verde es el tamaño de la imagen expresado en Megabites (MB), y el tercer dato subrayado en el cuadro violeta es el porcentaje de nubosidad que tiene la imagen, lo ideal en este caso es que este porcentaje no exceda el 30%.

Una vez se realizó la búsqueda se encontró una imagen del 6 de marzo del 2020 que está en buenas condiciones para trabajar y tiene un porcentaje de nubosidad del 2% y se procede a ejecutar la descarga el cual se puede realizar desde la ventana de pre visualización desde un ícono que se encuentra en la parte inferior izquierda de la ventana, se observa en la

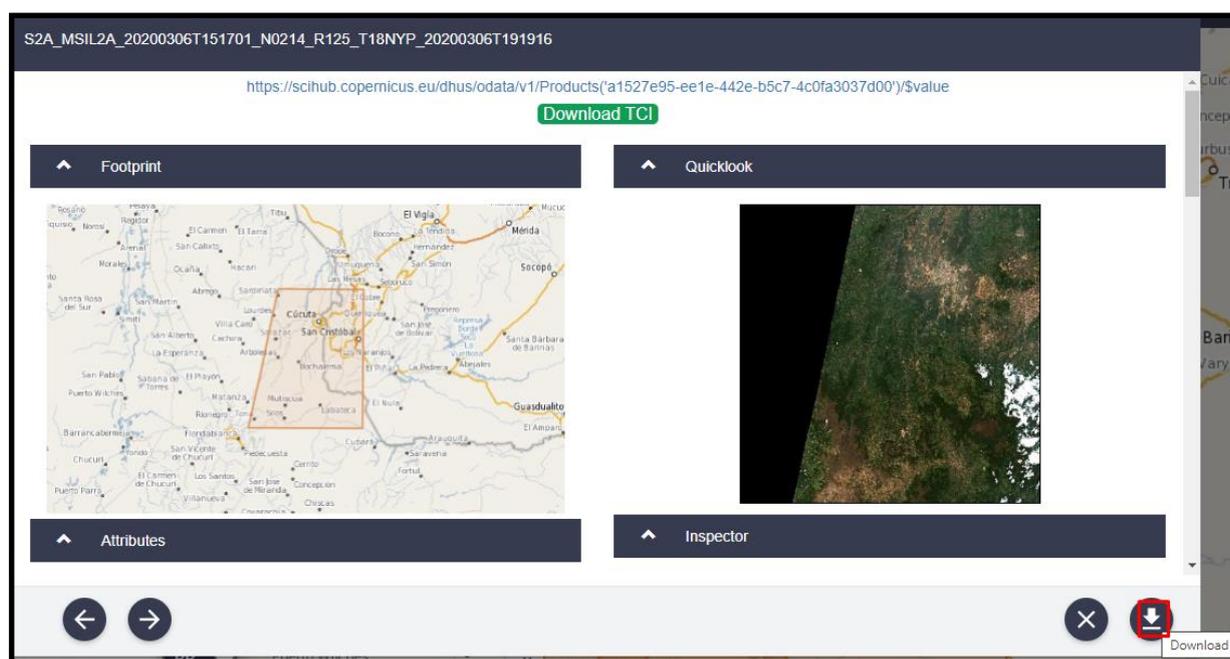


Figura 30. Icono de descarga

5.4 Descarga de imágenes Landsat 8

5.4.1 Descarga de imágenes Landsat 8

La imagen Landsat han tenido gran demanda en el mercado mundial por lo que múltiples sitios web permiten su descarga, dentro de ellos tenemos:

 Earth Explorer <https://earthexplorer.usgs.gov/>

- ✚ Glovis <https://glovis.usgs.gov/>
- ✚ Landsatlook Viewer <https://landsatlook.usgs.gov/viewer.html>
- ✚ Earth Data Search <https://search.asf.alaska.edu/#/>
- ✚ Land Viewer <https://eos.com/landviewer/?lat=4.64930&lng=-74.06170&z=11>
- ✚ Open Aerial Map
https://map.openaerialmap.org/#/13.0078125,27.68352808378776,2?_k=ksgtre
- ✚ Libra <https://libra.developmentseed.org/>

Para el ejemplo práctico de descarga accederemos al link de Earth Explorer

5.4.1.1 Registro

Para el acceso a la información debemos hacer un registro la primera vez y tener acceso al correo electrónico personal debido a que se exige una corroboración de la identidad, luego de esto podremos acceder desde LOGIN dar clic en la parte superior derecha de la página(*EarthExplorer - Home*, n.d.).

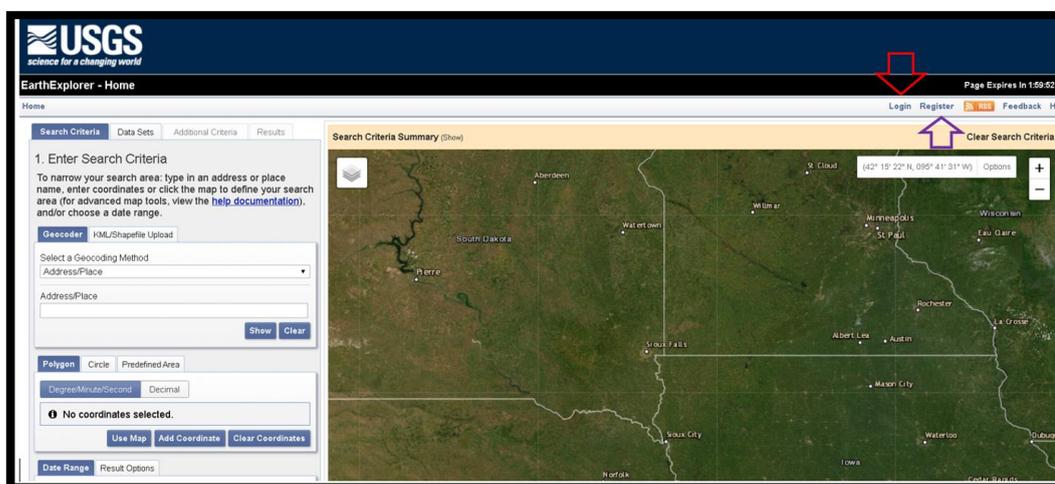


Figura 31. Portal de Acceso y Descarga de información Earth Explorer.

Se desplegará una ventana de acceso con usuario y contraseña, debemos seleccionar nuevo registro

USGS
science for a changing world

EROS Registration System (ERS)

ERS consolidates user profile and authentication for all EROS web services into a single independent application.

Sign In

sign in with your existing USGS registered username and password

Registered USGS Username

Registered USGS Password

[forgot password?](#)

Sign In

Don't have an account?

Create New Account

OMB number 1028-0119
OMB expiration date 08/31/2021

Privacy and Paperwork Reduction Act statements: 16 U.S.C. 1a7 authorized collection of this information. This information will be used by the U.S. Geological Survey to better serve the public. The time required to complete this information collection is estimated to average 2 minutes per response. We will not distribute responses associated with you as an individual. We ask you for some basic organizational and contact information to help us interpret the results and, if needed, to contact you for clarification. Comments on this collection should be sent to custserv@usgs.gov.

Figura 32. Ventana de Registro Earth Explorer

En la nueva ventana aparecerán preguntas de información del usuario demográfica, ocupación y finalidad de uso del contenido además de asignación de usuario y contraseña.

andbeltran81@uan.edu.co Cancelar

registro de usuario

Credenciales de usuario Contacto demográfico Información del contacto Registro completo

Se requieren credenciales de registro e inicio de sesión para acceder a todas las funciones del sistema y descargar datos de los servicios web USGS EROS. Para garantizar la privacidad y la seguridad, ERS utiliza el Protocolo de transferencia de hipertexto con capa de sockets seguros (HTTPS) para cifrar la autenticación del usuario.

Para registrarse, cree un nombre de usuario y contraseña. La información recopilada del proceso de registro no se distribuye a otras organizaciones y solo se usa para determinar las tendencias en el uso de datos. Revise las [políticas de privacidad de USGS](#).

El botón Cancelar se puede usar para salir del proceso de registro en cualquier momento y se perderá la información ingresada.

Nombre de usuario
andbeltran81@uan.edu.co

Nueva contraseña

Confirmar nueva contraseña

No soy un robot  reCAPTCHA
Privacidad - Condiciones

Seguir

Requisitos de nombre de usuario

- Debe tener entre 4 y 30 caracteres.
- Puede contener caracteres alfabéticos y numéricos.
- Solo puede contener los siguientes caracteres especiales
 - punto "."
 - a la señal "@"
 - guion bajo "_"
 - guión "-"

Requisitos de contraseña

- Debe tener entre 12 y 24 caracteres.
- Debe contener al menos un carácter alfabético
- Debe contener al menos un carácter numérico
- Solo puede contener los siguientes caracteres especiales
 - coma ","
 - guión "-"
 - punto "."
 - tubería "|"
 - libra "#"

Figura 33. Ventana de diligenciamiento de datos para nuevo usuario en Earth Explorer

Una vez se hace el registro se inicia sesión.

Figura 34. Inicio de sesión en Earth Explorer

5.4.1.2 Selección del área y fecha de búsqueda

Una vez se inicia sesión, se realiza la búsqueda de nuestra área de interés, en nuestro caso sería la parte sur de Municipio de Tibú y la zona norte del Municipio de Cúcuta.

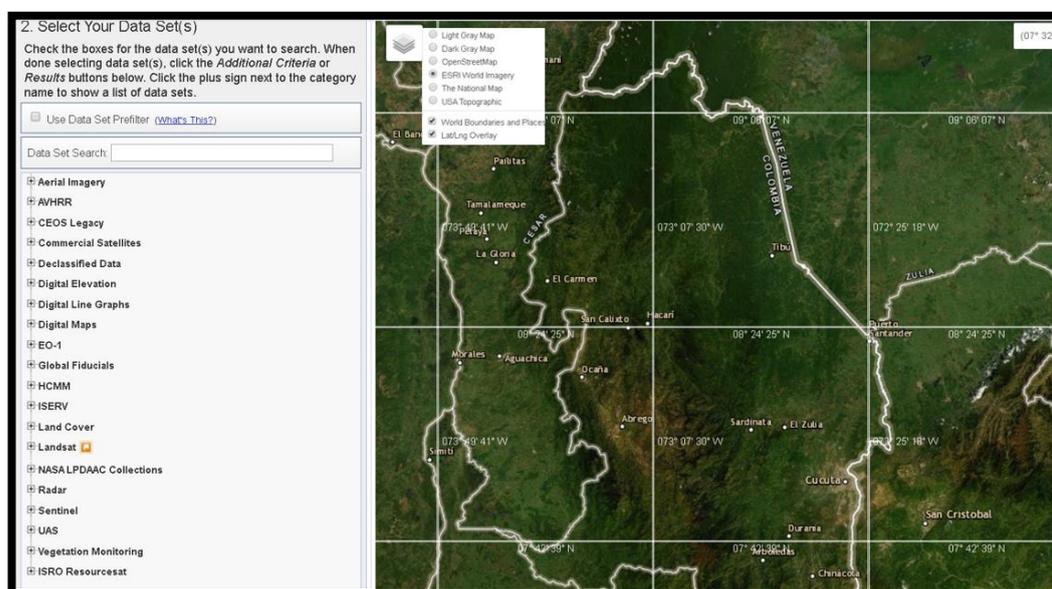


Figura 35. Área seleccionada Municipio de Tibú y la zona norte del Municipio de Cúcuta.

Ya establecida el área en la grilla procedemos a enmarcar el polígono de interés con las herramientas del menú Search Criteria en la parte izquierda, cliqueando en los vértices de la cuadrícula o donde corresponda el lugar evaluado, otra entrada de datos por parte del usuario posteriormente se da ingreso al rango de fechas que se quieren evaluar.

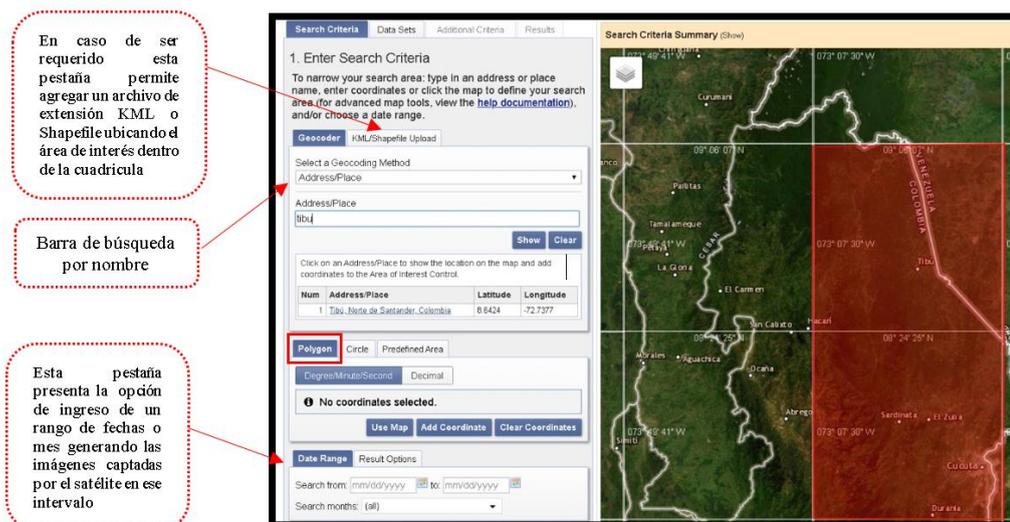


Figura 36. Área seleccionada Municipio de Tibú y la zona norte del Municipio de Cúcuta.

Luego de establecer los parámetros de fechas y polígono se establecerá un marco de datos como el presentado en la imagen daremos clic en Data Sets Search Criteria

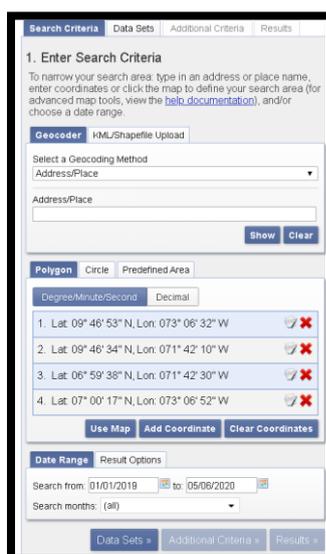


Figura 37. Ejemplo de selección de datos y fechas en Earth Explorer menú

5.4.1.3 Filtro de búsqueda de imágenes Landsat 8 OLI/TIRS

A pesar de que el menú izquierdo (Data Sets) nos presenta imágenes de diferentes fuentes solo contemplaremos la descarga de las imágenes Landsat Collection seleccionando los recuadros que hacen referencia a landsat 8 OLI/TIRS.

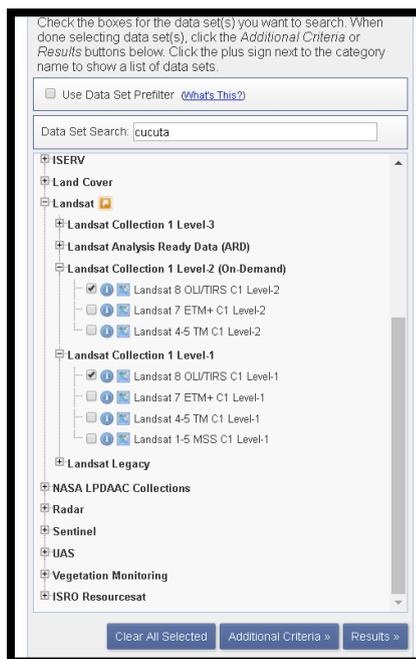


Figura 38. Selección de imágenes Landsat 8 OLI/TIRS en Earth Explorer

En la parte inferior del recuadro se observa la pestaña Additional Criteria que presenta un filtro de características de la imagen que reducen los resultados a visualizar y permiten escoger el mejor producto (Franco, 2017), dentro de las más destacadas tenemos:

- ✚ Identificador De La Imagen: Si el usuario conoce el código de identificación agilizará su búsqueda y descarga
- ✚ Path-Row Específico O Serie Path-Rows Permite elegir el tipo de sensor Landsat 8 presenta: TIRS (Thermal Infrared Sensor), OLI (Operational Land Imager), OLI_TIRS (Operational Land Imager) y
- ✚ Nivel De Procesamiento: Dentro de los niveles presentados están Level 1GT (calibración radiométrica, correcciones geométricas sistemáticas y uso de DEM sin puntos de control sobre el terreno), Level 1T (calibración radiométrica y ortorectificadas con puntos de control sobre terreno y corrección de desplazamiento por relieve con (DEM)), L1GS (Siendo más reciente que las anteriores según la USGS se ha establecido un nivel de procesamiento con calibración radiométrica y correcciones geométricas sistemáticas acopladas a datos de las variaciones sufridas por el satélite).

- ✚ Land Cloud Cover referente a la Cubierta de nubes terrestres herramienta fundamental ya que permite minimizar la búsqueda de imágenes apta para trabajo en un porcentaje de nubes sobre los píxeles terrestres de una escena
- ✚ Scene Cloud Cover referente a escena cubierta de nubes calcula y discrimina el porcentaje de cobertura de las nubes sobre el total de píxeles de la imagen Landsat

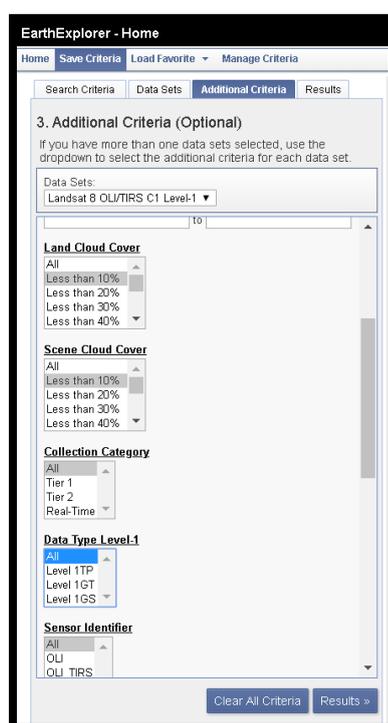


Figura 39. Selección de criterio de nubosidad en la búsqueda de la imagen Landsat 8

Una vez segregadas las características de interés nos dirigimos a la pestaña Results eligiendo la imagen que más se adecue al estudio, estas imágenes tendrán una extensión de 185 por 180 km pero en ocasiones se requiere de la descarga de varias de ellas debido a que no se ajustan con precisión al área de estudio (EarthExplorer, 2013), en cada imagen se presentan unas herramientas de acceso rápido de utilidad para el usuario dentro de estas tenemos:

Show Footprint

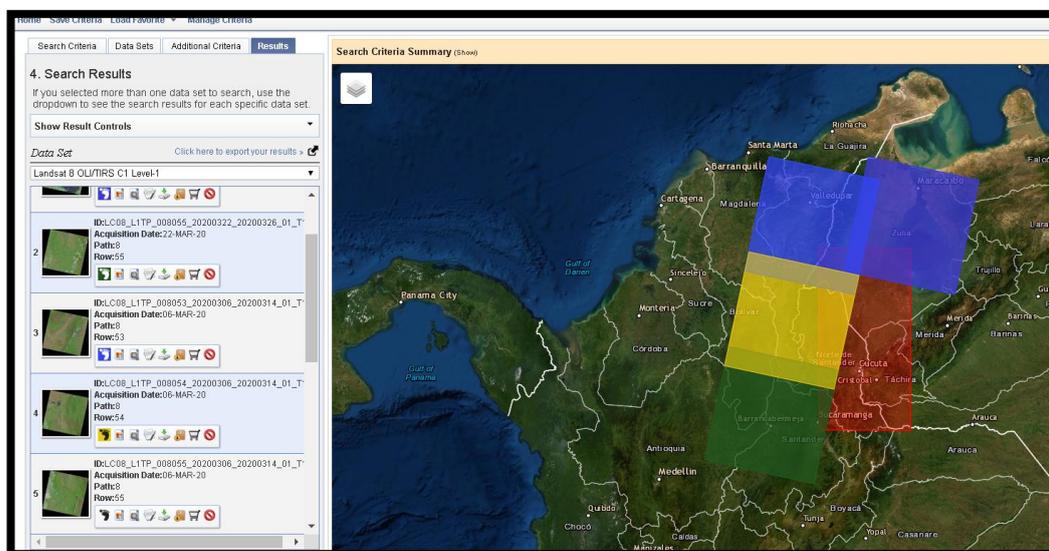


Figura 40. Visualización de la herramienta Show Footprint sobre el mapa Earth Explorer

Mostrar La Superposición De Navegación

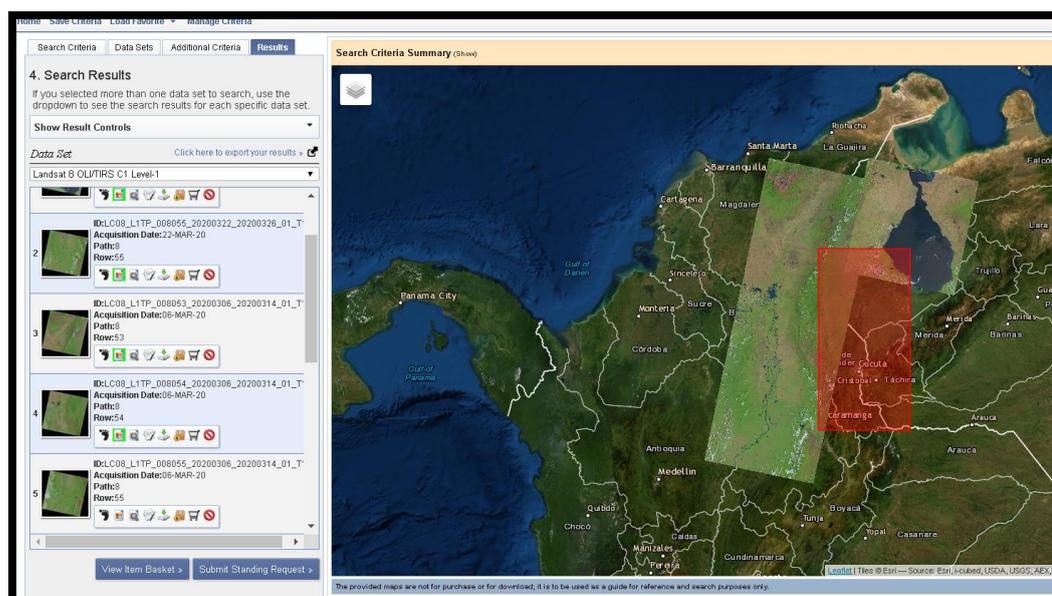


Figura 41. Visualización de la herramienta superposición sobre el mapa Earth Explorer

Metadatos

Full Display of LC08_L1TP_007053_20200416_20200423_01_T1

Click image to view in another window
LandsatLook Natural Color Preview Image



Data Set Attribute	Attribute Value
Landsat Product Identifier	LC08_L1TP_007053_20200416_20200423_01_T1
Landsat Scene Identifier	LC80070532020107LG-N00
Acquisition Date	2020/04/16
Collection Category	T1
Collection Number	1
WRS Path	007
WRS Row	053
Target WRS Path	007
Target WRS Row	053
Nadir/Off Nadir	NADIR
Roll Angle	-.001
Date L-1 Generated	2020/04/23
Start Time	2020:107:16:04:17.8771870

Figura 42. Presentación de los Metadatos en Earth Explorer de la imagen de interés

Opciones De Descarga

Download Options

- Download LandsatLook Natural Color Image (5.6 MB)
- Download LandsatLook Thermal Image (2.1 MB)
- Download LandsatLook Quality Image (1.2 MB)
- Download LandsatLook Images with Geographic Reference (8.8 MB)
- Download Level-1 GeoTIFF Data Product (905.3 MB)

Figura 43. Presentación de los Metadatos en Earth Explorer de la imagen de interés

Luego de elegir la imagen con las mejores características lo cual es recomendable evaluado de la mano de los metadatos, siendo estos un catálogo minucioso y descriptivo de la imagen (Prado Ortega, Elena & Jimenez Michavila, n.d.)o simplemente desde la previsualización procedemos a la descarga, esto se hace escogiendo el archivo con la extensión definida como GeoTIFF que contiene todas las bandas Landsat 8 generando un archivo de casi

1 GB(Franco, 2017),la descarga se presentara en un archivo comprimido que podemos abrir mediante el uso del software Winrar o WinZip según las preferencias del usuario.

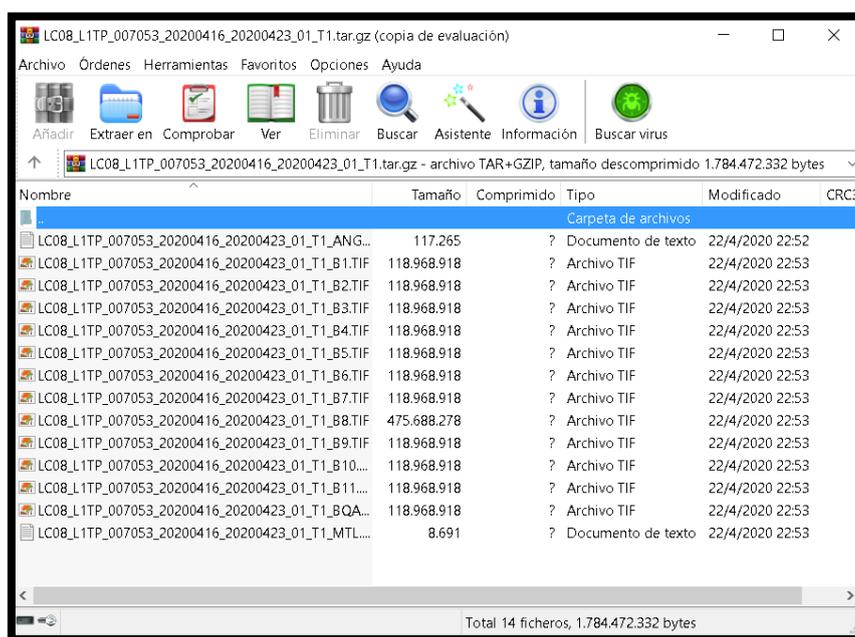


Figura 44. Descompresión de la imagen descargada con software WinRAR

5.5 Aplicación del Software QGis para Apilar las bandas de la imagen Sentinel

5.5.1 Descompresión del Fichero

Luego de adquirir el fichero de imagen se descomprime el fichero Zip para poder visualizar los archivos. Para este paso es necesario contar con el programa 7zip, el cual se descarga en la página <https://www.7-zip.org/download.html>, este programa también nos servirá para descomprimir los ficheros de la imagen Landsat 8. En este paso se localizan las diferentes carpetas y subcarpetas con información como se muestra en la Figura 45 y la Figura 46 , se descargó una imagen del nivel 2A utiliza la misma estructura de mosaico y codificación que la imagen de nivel 1C (User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online, n.d.), la cual contiene.

- Archivo de metadato (XML File)
- Una imagen de vista previa en formato JPEG2000
- Archivos de mosaicos con archivo de datos de imagen de reflectancias BOA (GML / JPEG2000) para cada mosaico
- Archivos de datos

- Datos auxiliares

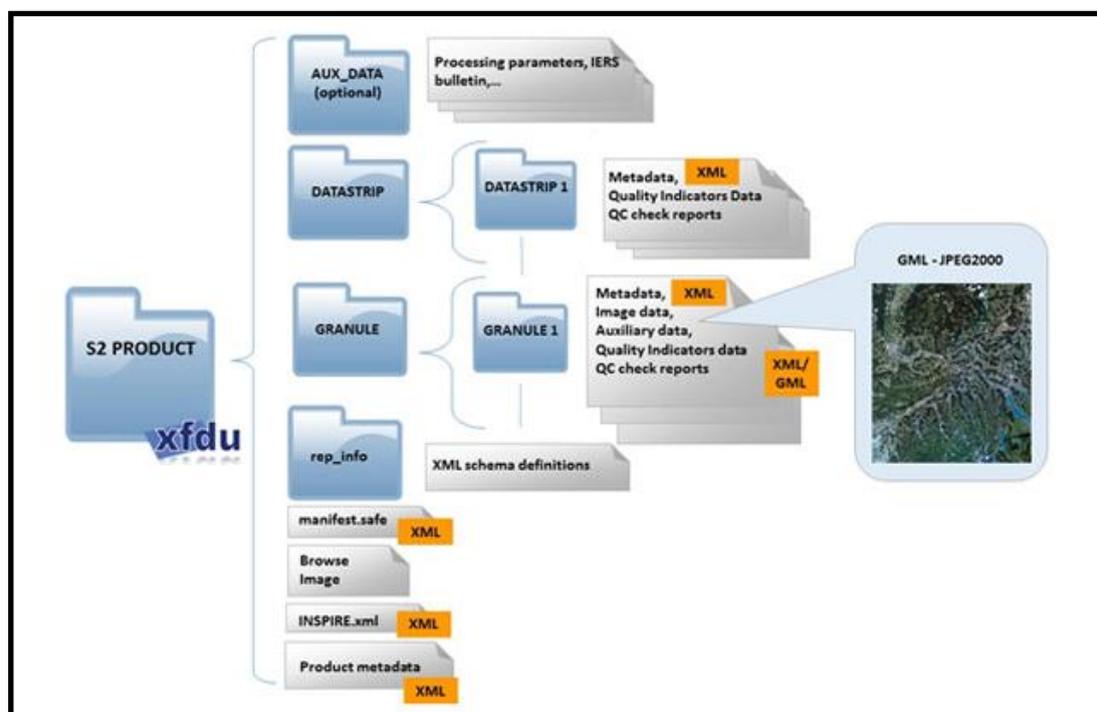


Figura 45. Estructura de datos Imagen Sentinel nivel 2A (User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online, n.d.)

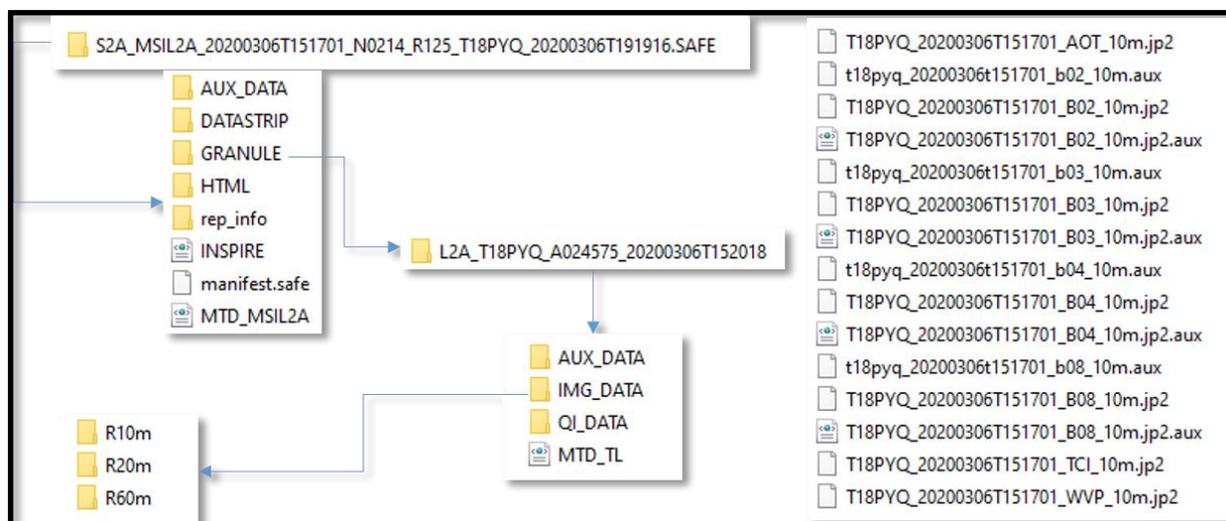


Figura 46. Contenido de Archivos, Imagen Sentinel Nivel 2A

5.5.2 Manipulación de formato JPG2000

Los archivos de Sentinel se encuentran en el formato JPEG 2000, un estándar de compresión y codificación digital de imágenes utilizado por la ESA, este formato es una solución para comprimir imágenes de multibanda de gran tamaño. Las imágenes Sentinel 2 se componen por trece diferentes bandas, cada una representa un segmento diferente del rango electromagnético, para trabajar con la combinación bandas Sentinel 2, primero se necesita

conocer las especificaciones de cada banda como se especifica en la Tabla 6. Para esta guía se hará una composición de bandas en el software QGIS con el color real, usando las siguientes Bandas:

- Banda 2: Azul (490 nm)
- Banda 3: Verde (560 nm)
- Banda 4: Rojo (665 nm)

Cada banda es un archivo de imagen con una resolución espacial de 10 metros, las que como muestra la Figura 46, están en la carpeta GRANULE, posteriormente IMG_DATA y por último en la Carpeta R10m.

5.5.3 Composición de Bandas en el Software QGIS

El proceso de esta guía se realizará mediante el uso del software libre QGIS el que se puede descargar en su página oficial <https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>, se encuentra en versión para 32 bits y 64 bits, se recomienda descargar la versión más estable, en este caso es la Versión 3.10 - A Coruña.



Figura 47. Instalador de QGIS

Una vez se instala el programa, para efectuar la composición de bandas se deben agregar cada una de las bandas al software mediante el siguiente procedimiento.

5.5.3.1 Añadir las imágenes a la ventana

En la página principal del QGIS en un proyecto nuevo, vamos a la parte superior derecha y se da clic sobre << Capa >>, se despliega una ventana donde damos clic en << Añadir >>, por último se da clic << Añadir capa ráster >>, allí se despliega la ventana en la que se seleccionan las bandas dando clic en << [...] >>, se abrirá otra ventana, allí se busca la carpeta que contiene las bandas (Figura 46), y se da clic en abrir, como se observa en la Figura 48

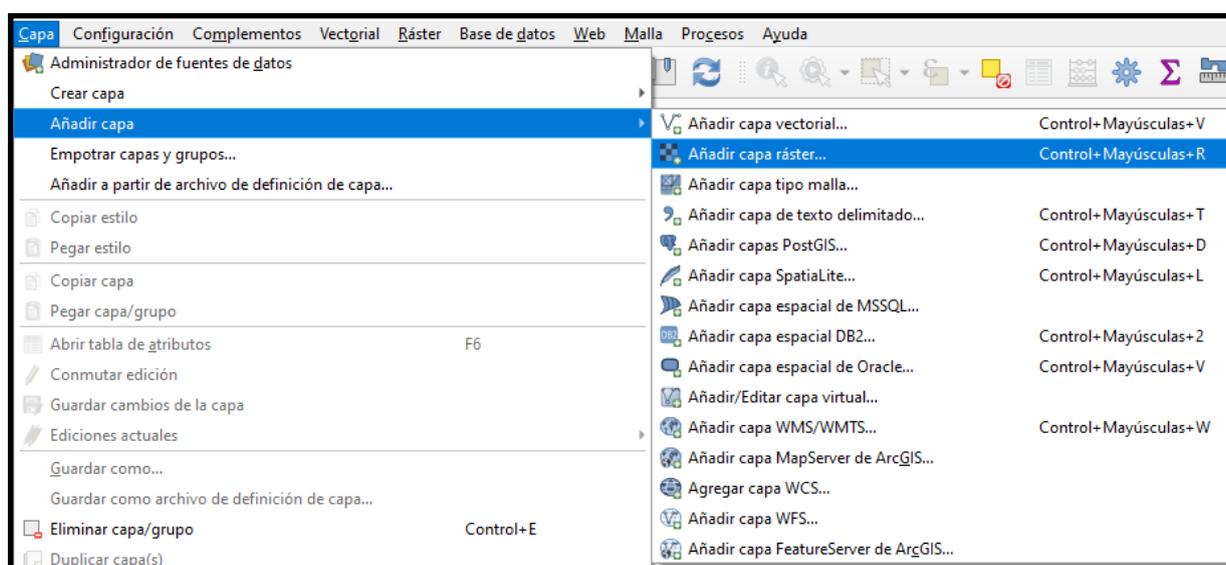


Figura 48. Procedimiento Añadir capa en QGIS

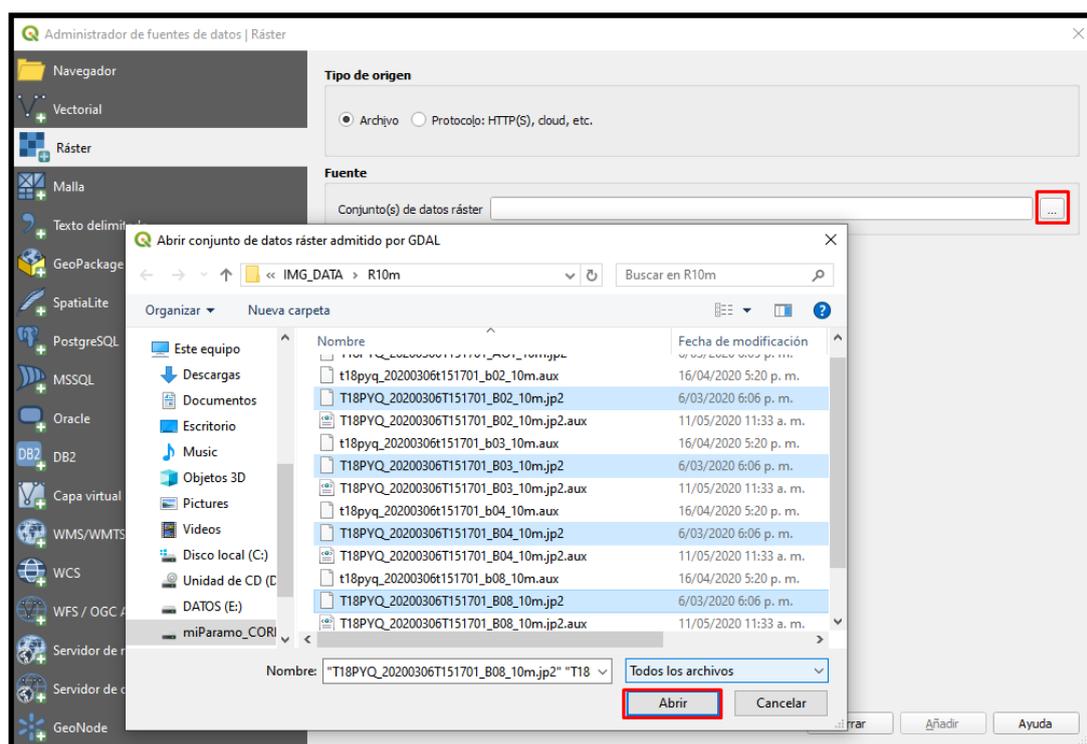


Figura 49. Abrir conjunto de datos Raster

Al abrir los datos Raster se da clic en << Añadir >>, Figura 50.

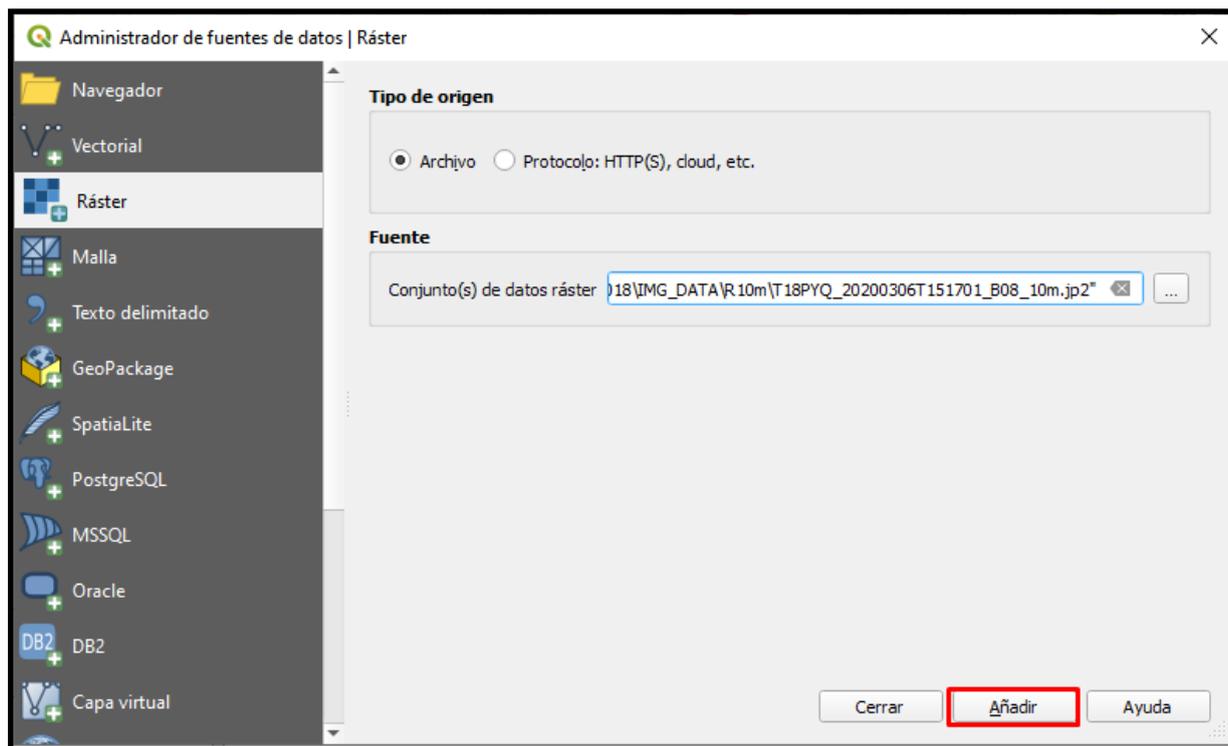


Figura 50. Administrador de fuentes de datos

En la parte inferior izquierda de la ventana QGIS se observan las imágenes de cada una de las bandas que se acaban de subir, Banda 2, Banda 3, Banda 4 y Banda 8.

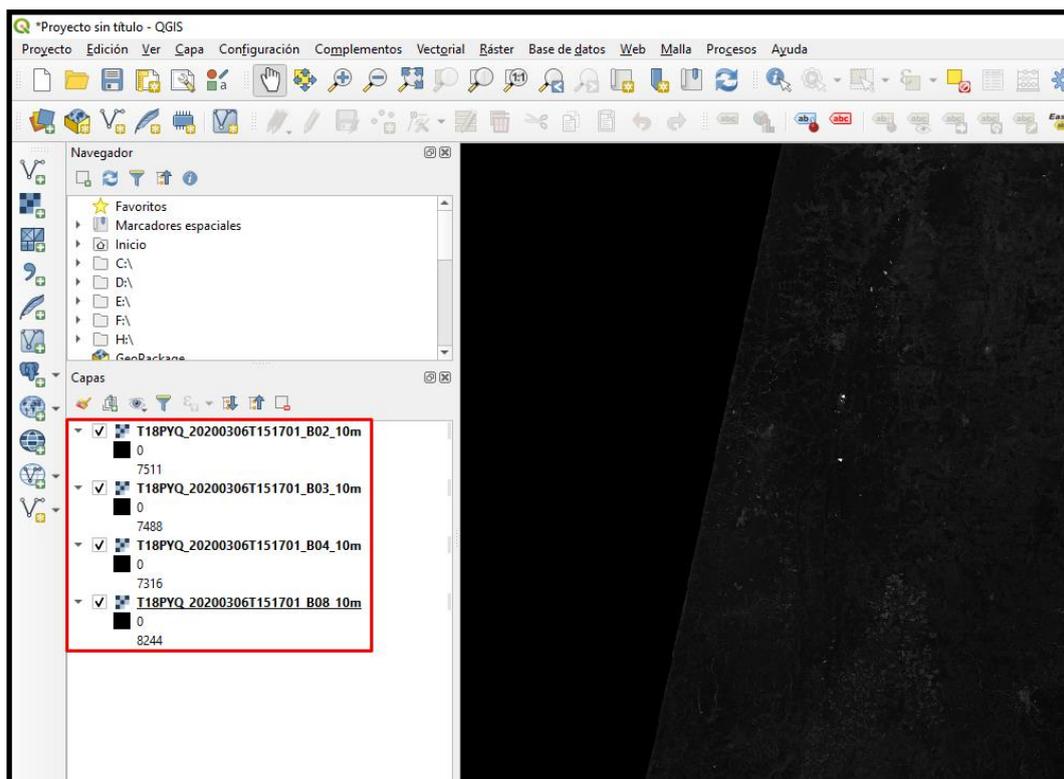


Figura 51. Bandas adjuntadas

5.5.3.2 Instalar el Plugin Semiautomatic Classification

Para compilar las bandas se debe instalar un Plugin, que es igualmente es de libre acceso, para su descarga vamos a la parte de arriba de la ventana y damos clic en << Complementos >>, allí damos clic nuevamente sobre << Administrar e instalar complementos >>, se despliega la siguiente ventana Figura 52.

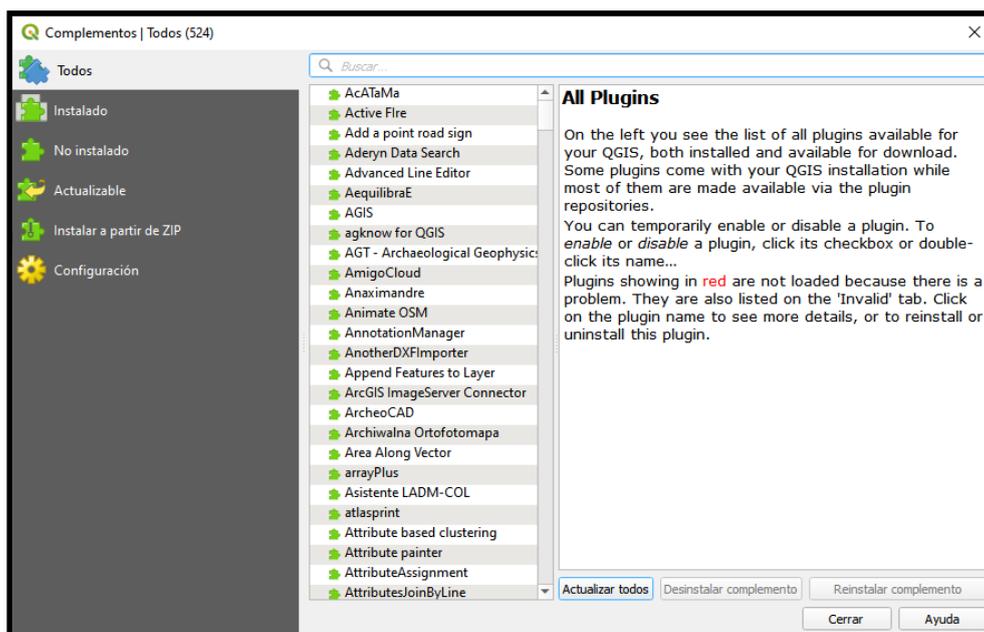


Figura 52. Complementos

En la pestaña Buscar se escribe SCP, posteriormente se da clic en << Instalar complemento>>, Figura 53.

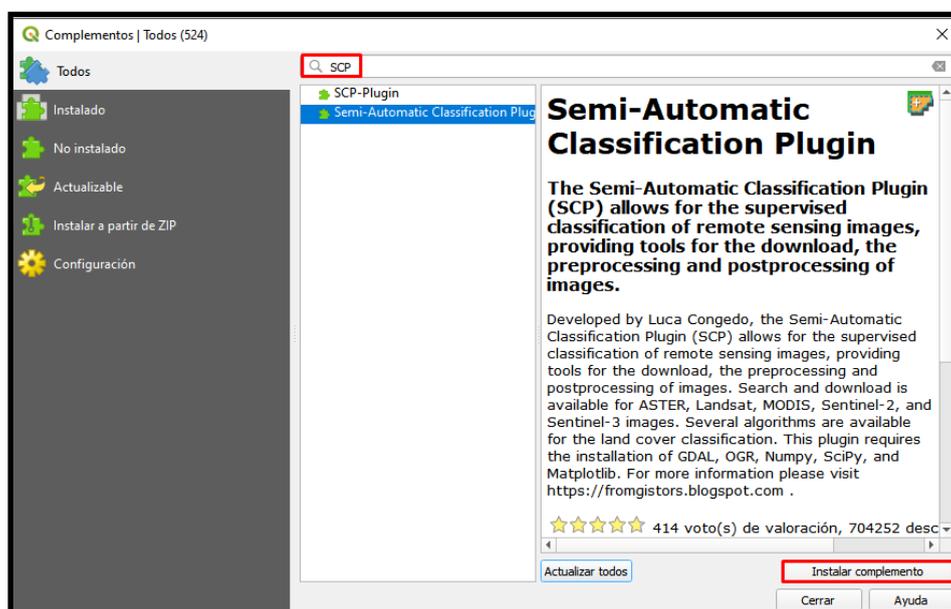


Figura 53. Instalar SCP Plugin

Al instalar el complemento inmediatamente se muestra una nueva barra de tareas en la ventana principal del QGIS, Figura 54.



Figura 54. Barra de Tareas SCP

El plugin instalado se presenta de la siguiente manera,

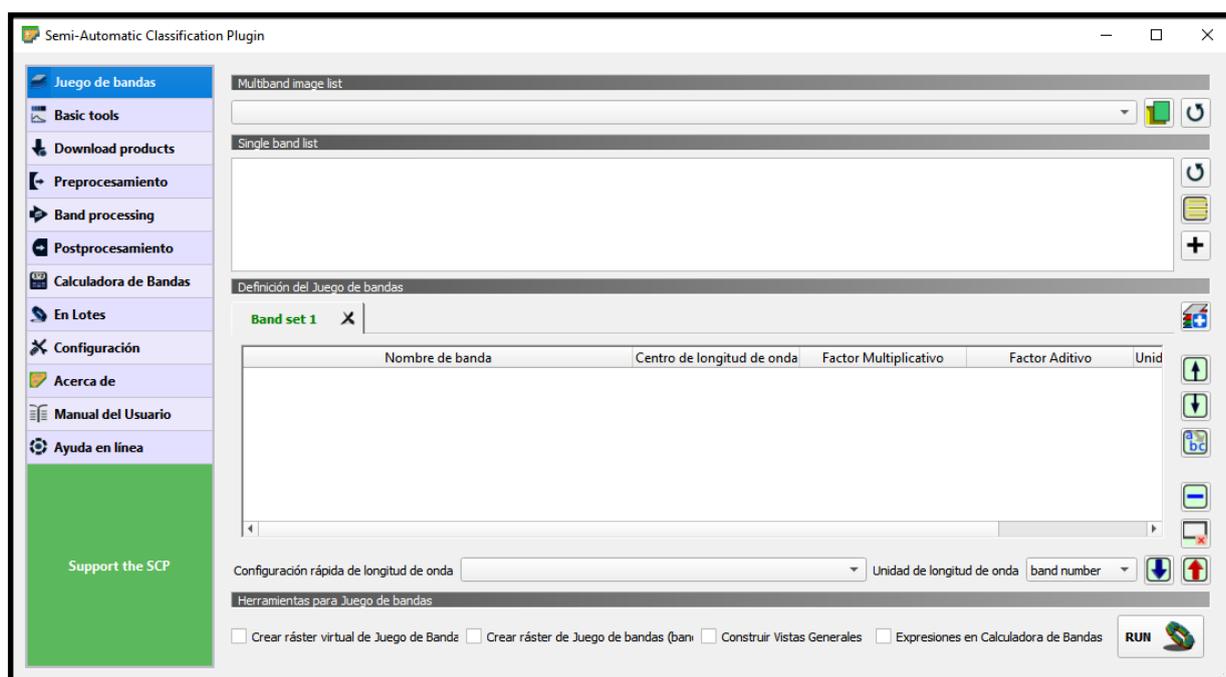


Figura 55. Ventana Semi-Automatic Classification Plugin

5.5.3.3 Procesamiento de las Bandas en el Plugin SCP

En la parte superior derecha se encuentra el << Juego de Bandas >>, esta será la función que se utilizará para unir las bandas, anteriormente se habían cargado las bandas a la ventana principal (Figura 51), al abrir la aplicación las bandas se cargan automáticamente, para adjuntarlas al Band set, se selecciona las bandas que generan el color real, en este caso serían las Bandas 2, 3 y 4, y damos clic en << [+] >>, Figura 56.

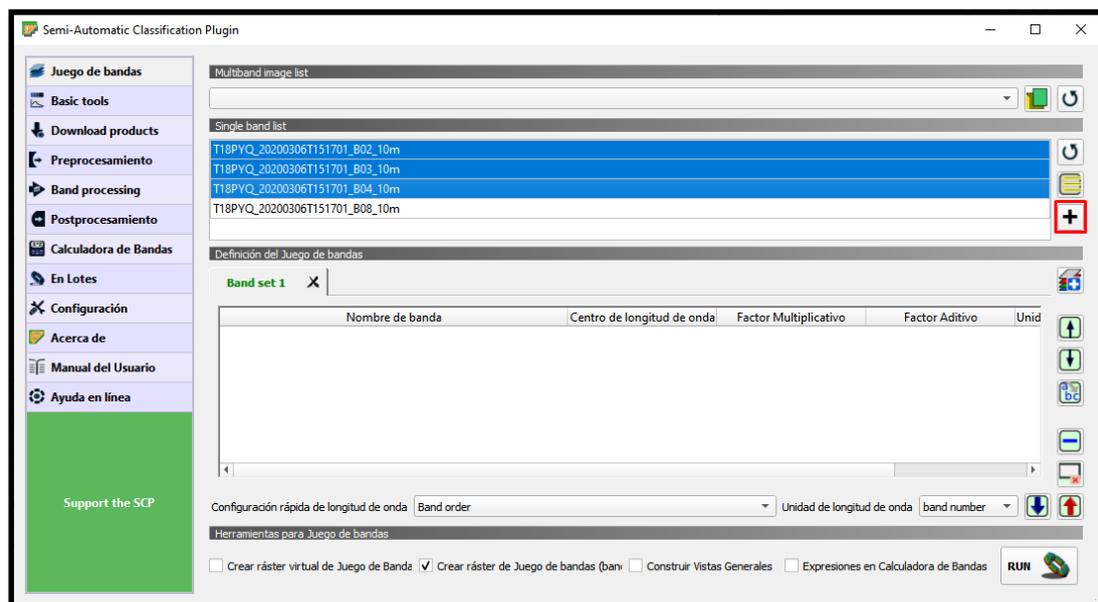


Figura 56. Adjuntar Bandas a Band Set

Al adjuntar las bandas al Band Set, en la parte inferior de la ventana se encuentra la Configuración rápida de longitud de onda, en esta se debe seleccionar << Sentinel-2 [bands 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8A, 11, 12] >>, también se debe seleccionar la pestaña Crear Raster de juego de bandas, para que al correr la función se cree un nuevo Raster en la carpeta a seleccionar. Las Bandas se deben ordenar en la combinación Banda 4, Banda 3, Banda 2, asignando a cada una su verdadero color, así se genera una combinación que aproxima a los colores naturales de la escena. Figura 57.

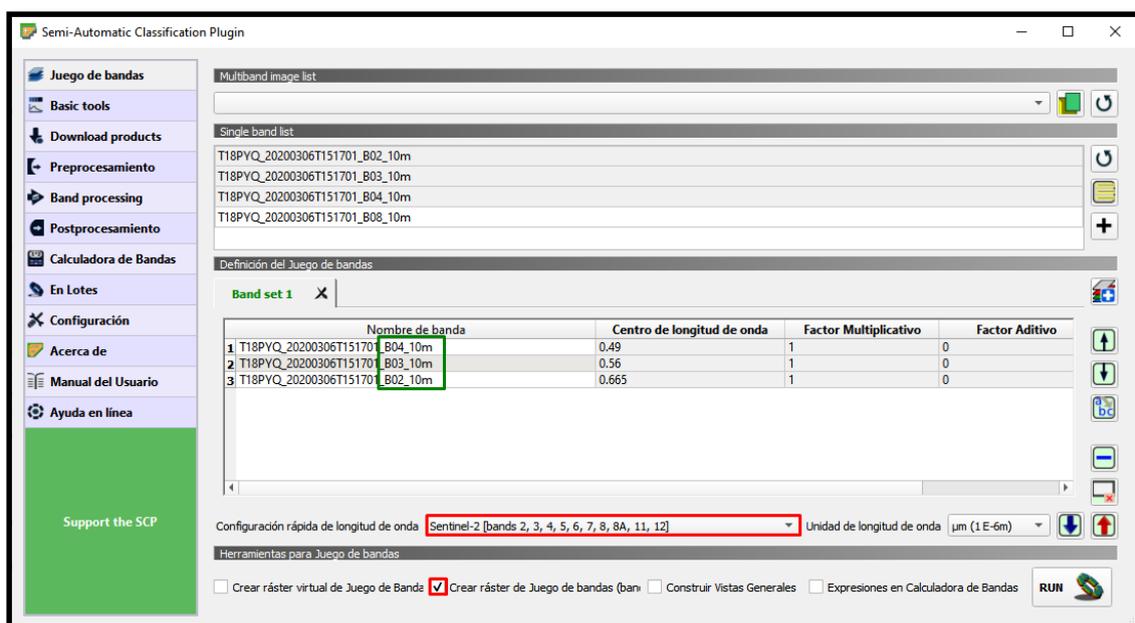


Figura 57. Ajuste de Bandas en el Band Set, Combinación Bandas 4, 3, 2.

Por ultimo damos clic en el << Run >>, este nos despliega una ventana en el cual se selecciona una carpeta en donde se guardará la imagen resultante, Figura 58, al seleccionar la carpeta se inicia el proceso de combinar las bandas, al finalizar ya se observa en la ventana principal el resultado generado, Figura 59.

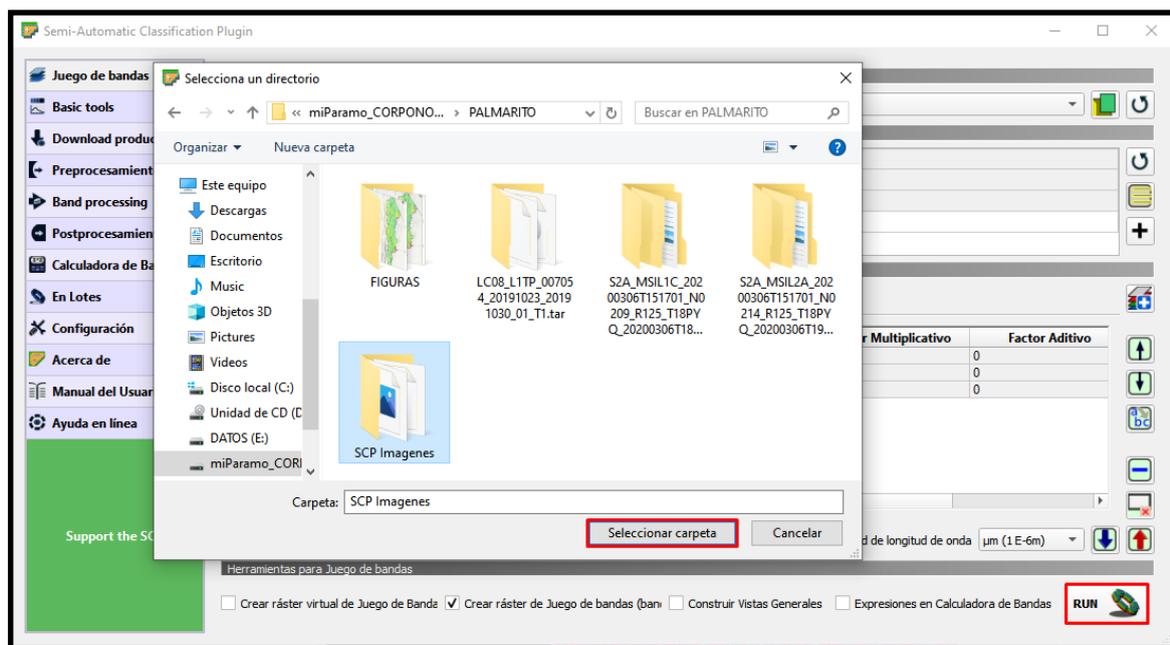


Figura 58. Selección de carpeta en la que se almacena la imagen.

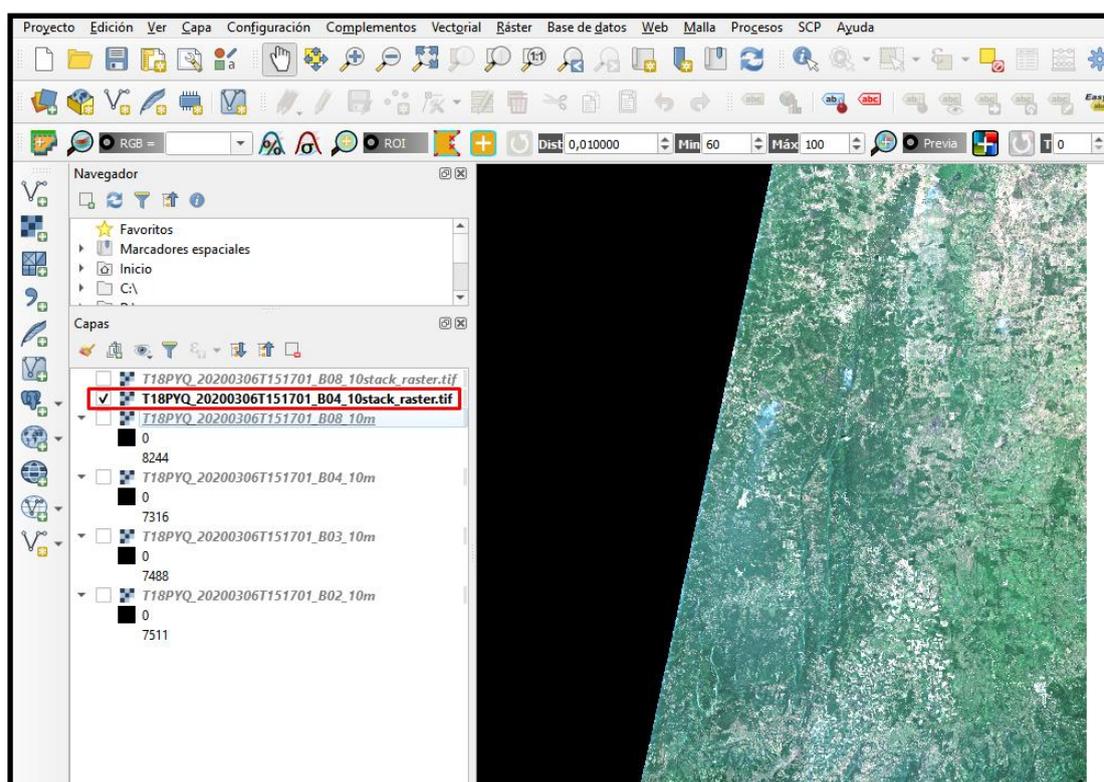


Figura 59. Raster resultante en color real, producto de la combinación de las Bandas 4, 3, 2.

El proceso se repitió para generar otro Raster con color infrarrojo el cual tiene adecuada sensibilidad a la vegetación verde (la cual se representa en una tonalidad roja), en consecuencia de la alta reflectividad del infrarrojo y la baja en el visible; Representando de manera más enfática caminos y masas de agua ,muestra bosques altos con un rojo más intenso mientras que los bosques bajos con un rojo más claro (Skrypnychuk Untilov, 2015), se genera combinando las Banda 8, Banda 4 y Banda 3, en este orden, Figura 60. Como resultado se muestra una imagen en tonalidades rojas como se muestra en la Figura 61(Maschinen et al., n.d.)

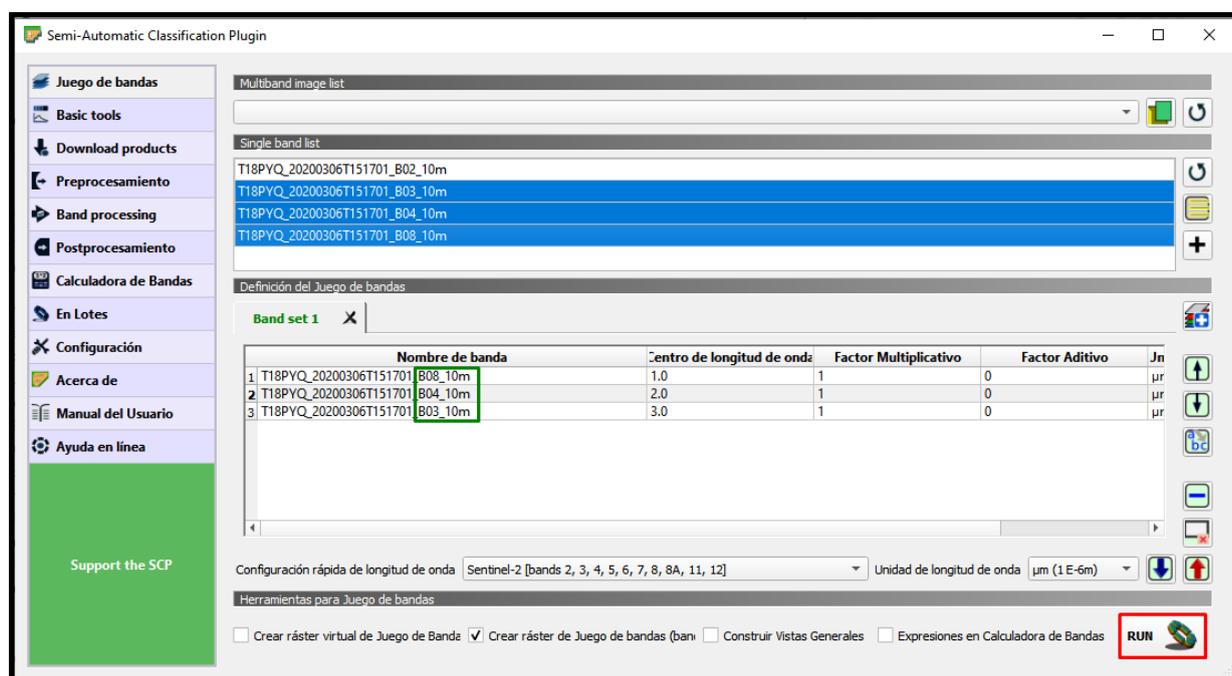


Figura 60. Ajuste de Bandas en el Band Set, Combinación Bandas 8, 4, 3.

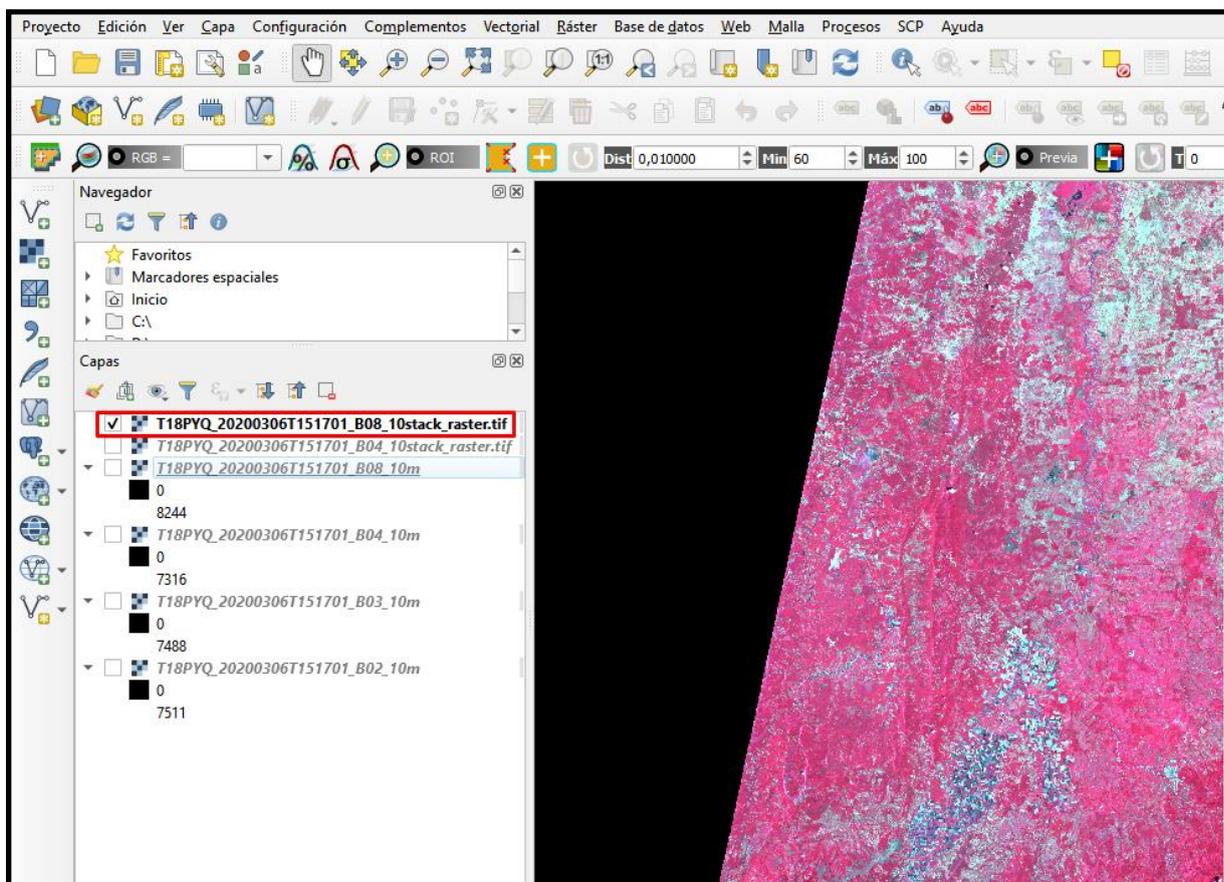


Figura 61, Raster resultante en color infrarrojo, producto de la combinación de las Bandas 8, 4, 3.

5.5.4 Clasificación supervisada de imágenes satelitales en el Software QGis

Para esta etapa se seguirá utilizando el Plugin Semi-Automatic Classification, el primer paso es cargar la imagen con las bandas combinadas a la ventana del QGis, Figura 48 - Figura 49, el segundo paso es cargar la imagen al << Juego de Bandas >>, con el propósito de que la aplicación la reconozca, Figura 62.

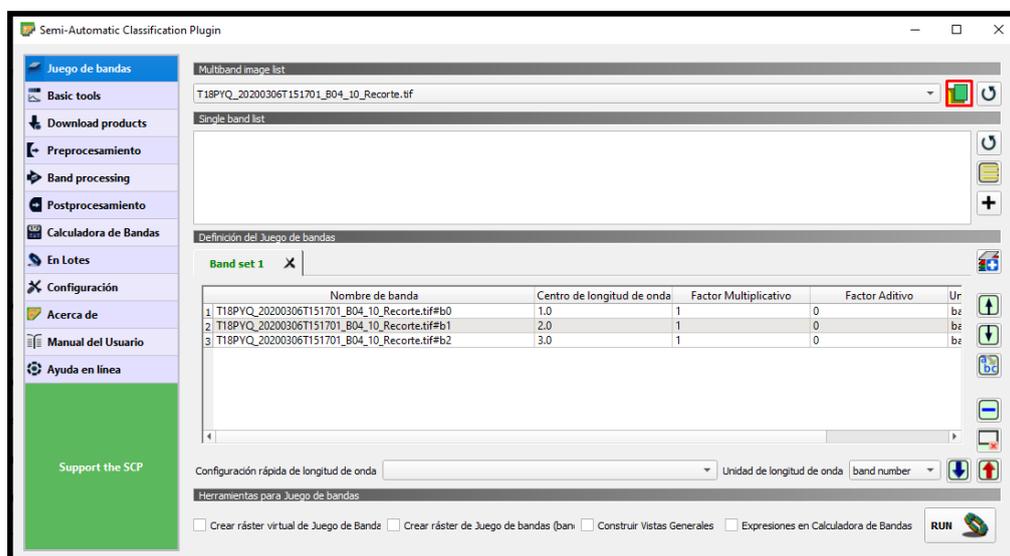


Figura 62. Imagen con las bandas combinadas en la aplicación SCP

Una vez se encuentre la imagen en la aplicación se debe minimizar, para efectuar la clasificación supervisada se usará la barra de tareas SCP & Dock, ubicado en la parte inferior derecha de la ventana del QGis, Figura 63.

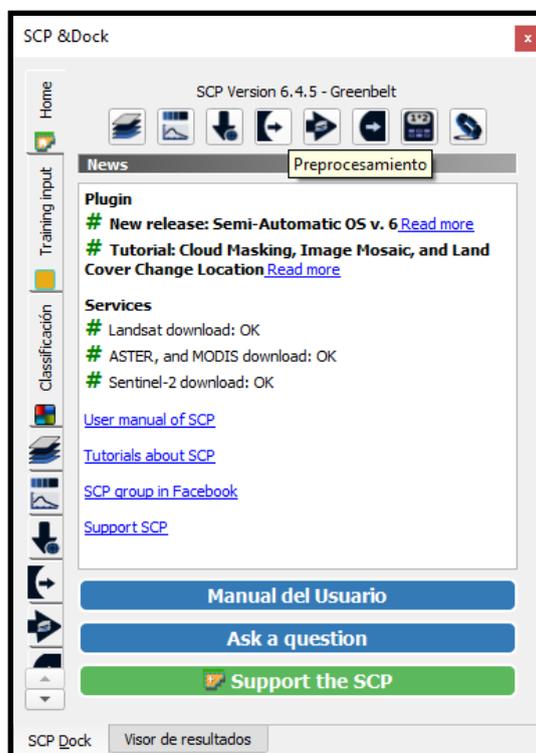


Figura 63. Barra de tareas SCP & Dock

Para iniciar la clasificación supervisada se debe crear un archivo tipo .scp, para crearlo se debe dar clic en la pestaña <<Training input >>, la que despliega una nueva ventana dentro de la barra de tareas, en el Training input se da clic sobre el icono << Crear nuevo entrenamiento de entrada  >>, encontrado en el marco superior derecho de la ventana, una vez se cliquee este se abre una nueva ventana en la que se busca una carpeta en la que se guardará el archivo .scp y se le da nombre al mismo el cual contendrá las características de nuestra clasificación supervisada, Figura 64.

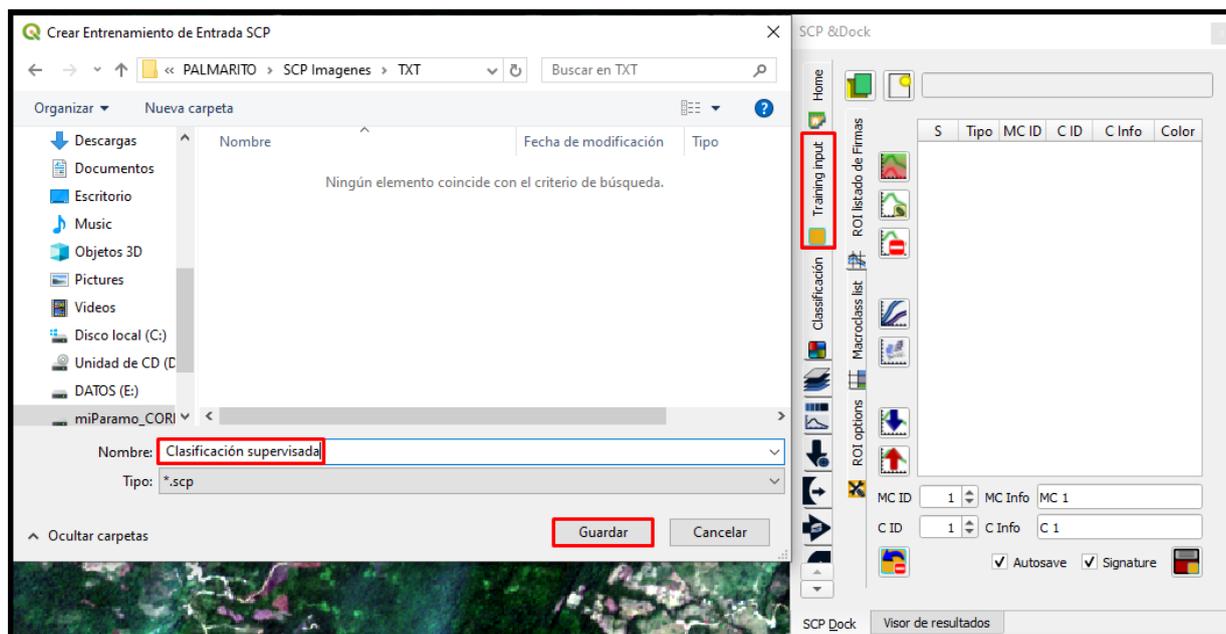


Figura 64. Creación del archivo .SCP

Al crear el archivo .scp, se debe comprobar que este haya cargado en la barra de tareas, como lo muestra la Figura 65.



Figura 65. Archivo .SCP en la barra de tareas SCP & Dock

Ahora se crean los polígonos que determinan el valor de los píxeles que tiene cada una de las coberturas a analizar, estos se digitalizan en la ventana principal, primero vamos al menú principal y se da clic sobre el icono << Crear ROI de polígono 

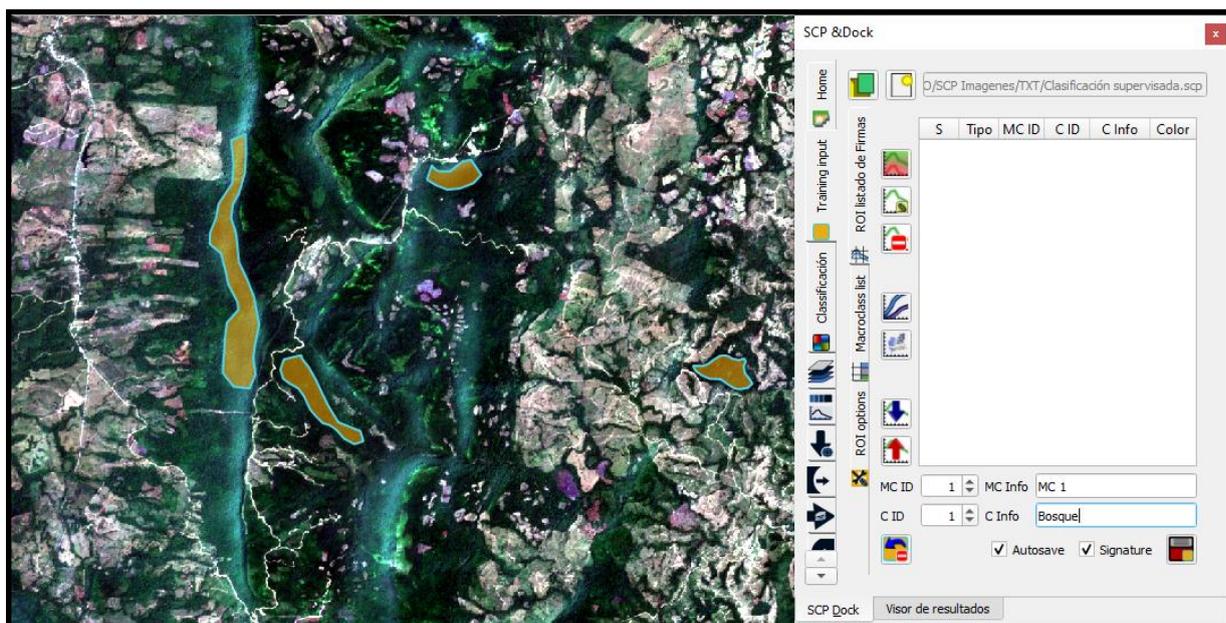


Figura 66. Polígonos seleccionados para identificar una cobertura

Seguido a la selección, en la Barra SCP & Dock en la celda C Info le damos nombre a la cobertura, en este caso es cobertura de Bosque, posteriormente se da clic en << Guardar el ROI temporal  >>, al dar clic debe aparecer en la tabla la primera cobertura identificada como lo muestra la Figura 67.

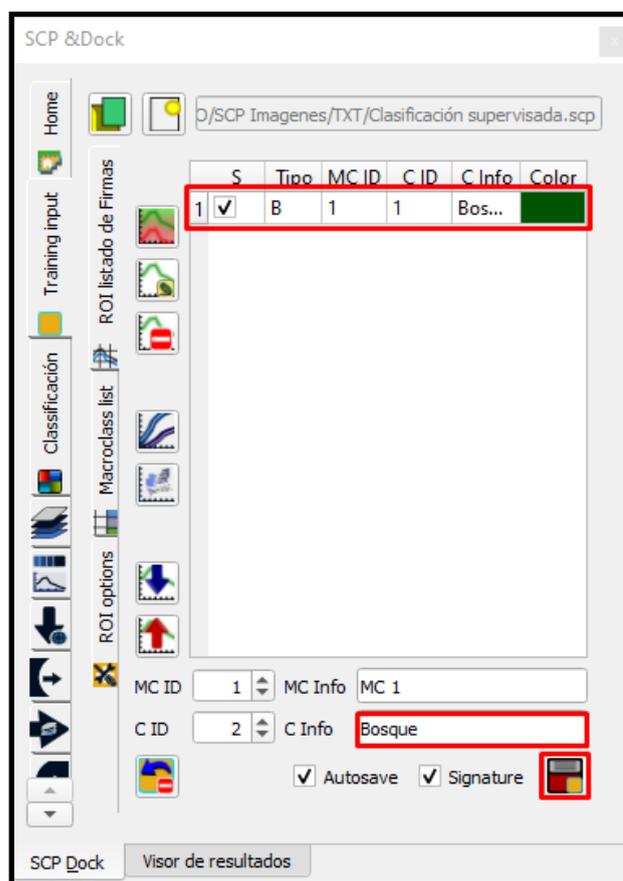


Figura 67. Muestra de cobertura detectada

Se seleccionan las coberturas que se consideran necesarias para obtener una clasificación que se ajuste a la realidad, Figura 68.

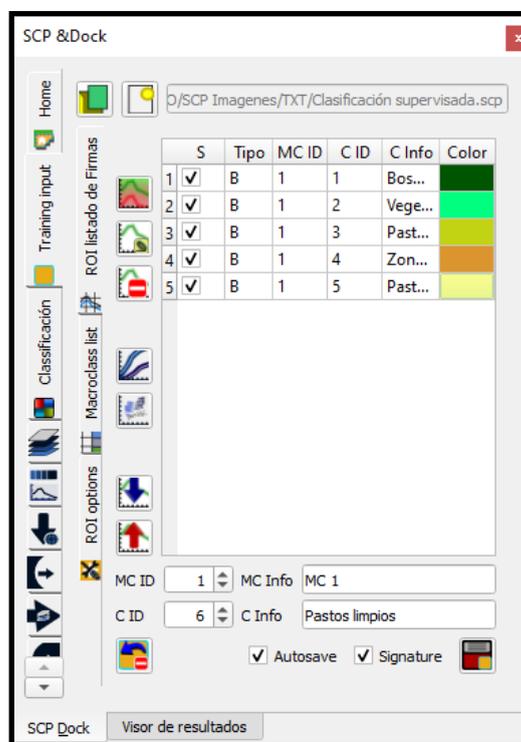


Figura 68. Muestra de coberturas detectadas

Una vez se tengan todas las clases se procede a generar el Raster reclasificado con cada una de las coberturas, se da clic en la pestaña << Clasificación >> la cual muestra una nueva ventana dentro de la barra de tareas, allí solo tenemos que revisar que este activo el C ID, que es la columna con la que la clasificación hace el Join con la tabla del Training input, al revisar lo anterior se cliquee en << RUN >>, se abre una nueva ventana en la que se da nombre a el nuevo Raster y se selecciona la carpeta en donde se va a guardar, Figura 69 automáticamente al dar clic en guardar se inicia el proceso, al terminar aparece el nuevo Raster en la ventana principal de QGis y en la barra de capas,

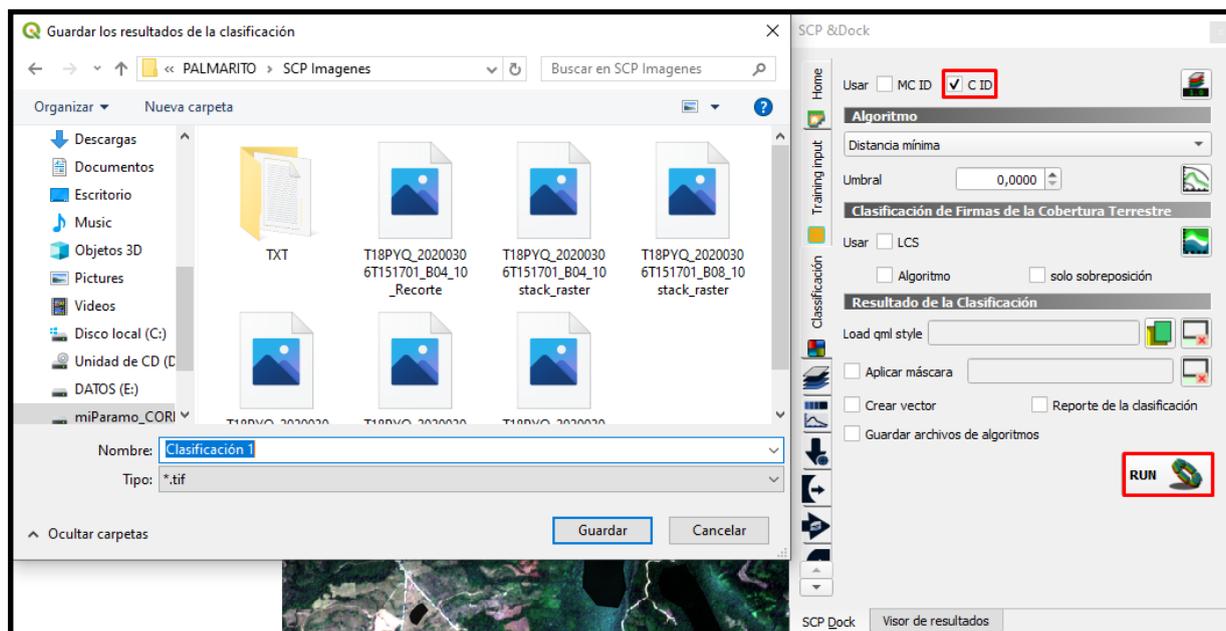


Figura 69. Ventana de guardado de la clasificación supervisada

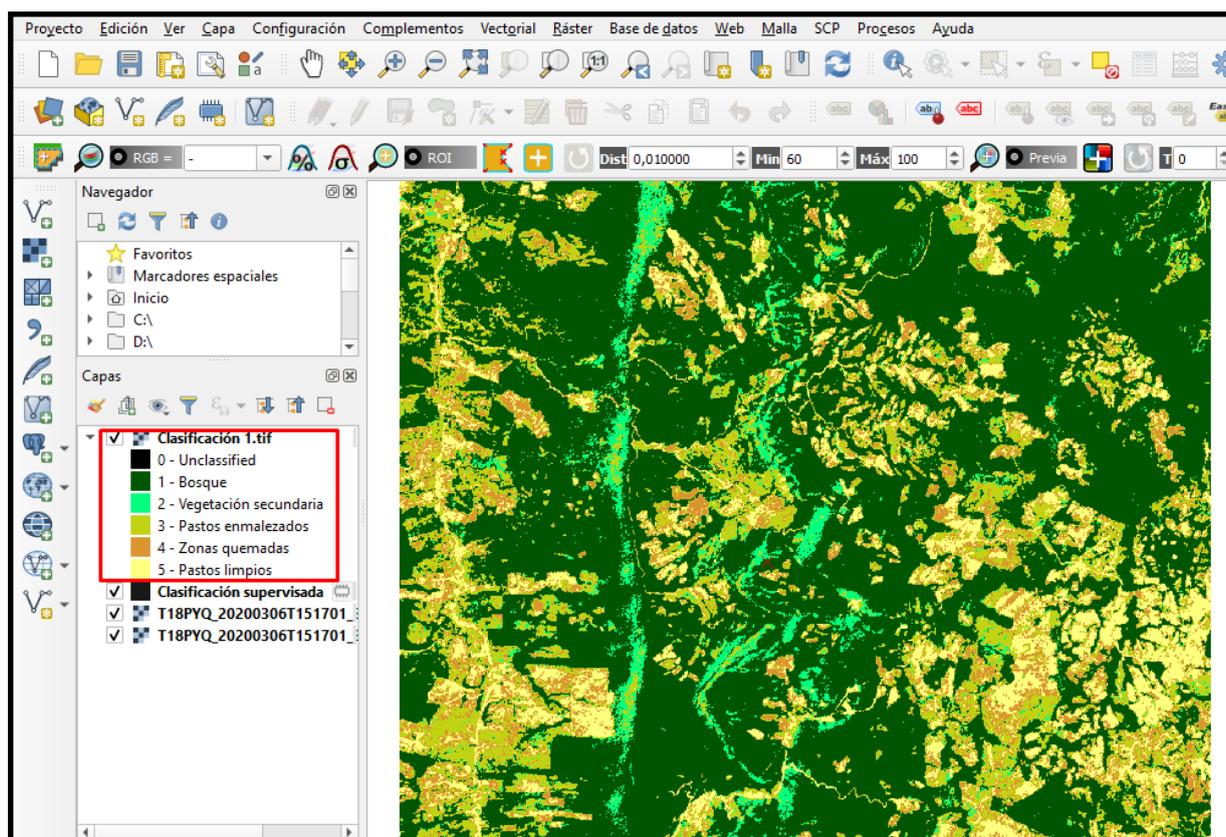


Figura 70. Raster resultado de la clasificación supervisada

5.6 Aplicación del Software QGis para Apilar las bandas de la imagen Landsat 8

Al referir la calidad de los datos en Landsat 8 se resaltan entre otros:

-  Landsat 8 recoge 400 escenas al día cargándolas en los servidores de la USGS con disponibilidad de descarga al término de las 24 horas posteriores al sondeo.

- ✚ La buena relación de la señal en contraste con el ruido de los instrumentos del satélite
- ✚ El sensor OLI presenta una resolución radiométrica de 12 bits haciendo referencia al número de niveles digitales incorporados en los datos recogidos por el sensor.
- ✚ El sensor TIRS o sensor infrarrojo térmico brinda la capacidad de detección y clasificación de las coberturas de la superficie terrestre, en especial de la vegetación en las áreas de estudio(Lara et al., 2016).
- ✚ La entrega de datos se da en archivo comprimido.Tar.gz y de libre descarga a través de la web
- ✚ El Tamaño de archivo aproximado es de 2 GB sin comprimir y 1 GB comprimido
- ✚ Según el Centro de investigación y desarrollo CIAF las características de los datos para Landsat 8 entre otros son una presentación de datos en formato de datos GeoTIFF, Norte arriba (MAP) de orientación, proyección cartográfica Universal Transversal Mercator (UTM), Datum al Sistema Geodésico Mundial WGS 84, 12 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para OLI, 90% de confianza exactitud global para TIRS, 41 metros de error circular, valores de píxel está en 16 bits (Lara et al., 2016)
- ✚ Las escenas presentan un tamaño aproximado de 183 kilómetros en dirección este a oeste y 170 km en dirección norte-sur.

El nivel de detalle o resolución espacial presenta una de las principales características a evaluar en las imágenes satelitales, complementario a esta característica los cambios de energía por irradiación reflejada por los materiales detectados en la superficie terrestre de la zona de estudio formulan un insumo valioso en la identificación de patrones en la clasificación de imágenes. En la tabla LDCM se presentan las bandas y su respuesta espectral relativa (RSR), cada ancho de banda interpreta datos específicos según el comportamiento de la curva encontrando por ejemplo el color real en las primeras bandas 4 (rojo), 3(verde) y 2(azul) (Lara et al., 2016) contrastando con el rango infrarrojo(SWIR) siendo este indetectable para el ser humano. .

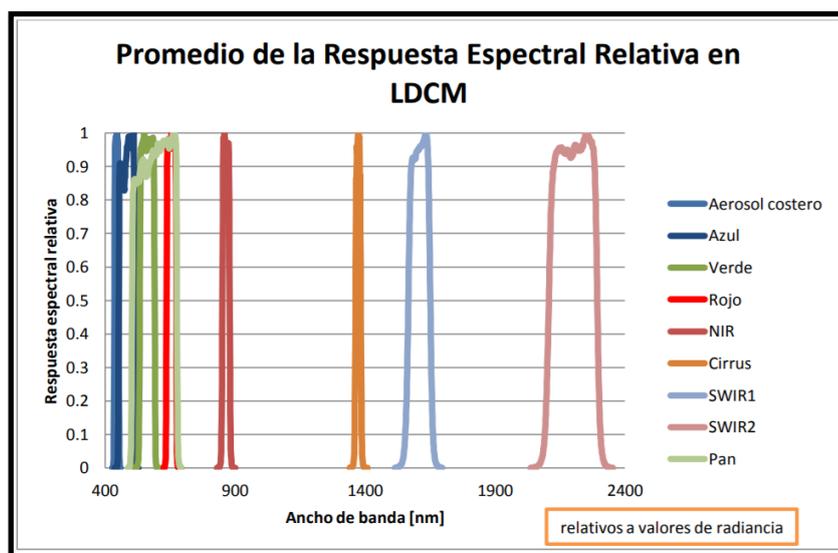


Figura 71. Productos LDCM - Landsat 8.

Fuente : (Lara et al., 2016)

5.6.1 Entrega Luego De La Descarga

La entrega de los productos Landsat se desarrolla en un archivo con extensión tar.gz. comprimidos con gzip. Esta modalidad facilita la descarga debido al tamaño elevado del archivo y garantiza la descarga total de todas las bandas, contenido que no se perderán o descargarán parcialmente gracias a esta forma de descarga. El nombre del archivo y de sus contenidos presenta características asociadas a los caracteres relacionados en la tabla de nomenclatura a continuación veremos la descripción de los mismos.

Tabla 13. Nomenclatura En Productos De Archivos Comprimidos Landsat

IDENTIFICADOR	DESCRIPCIÓN
L	Nombre de misión: Landsat
S	Tipo de Sensor
8	Numero de misión Landsat
ppp	Localización de la órbita satelital path: System-2 (WRS-2)
Rrr	Localización de la órbita satelital row: System-2 (WRS-2)
YYYY	Año de adquisición de la imagen
DDD	Día de adquisición
GGG	ID de la estación terrena
VV	Versión
_FT	Tipo de archivo
.ext	Extensión del archivo

Fuente (Lara et al., 2016)

Los archivos descomprimidos corresponden a las 11 bandas de la imagen cada una con extensión GeoTIFF (ver figura Archivos de descarga descomprimidos) compuestas por un modelo de metadatos necesaria para su georreferenciación incluyendo la proyección del sistema de coordenadas, datum y elipsoide para brindar el posicionamiento en el momento del despliegue, además de estas bandas encontramos la banda de control la Calidad QA o QB caracterizada por la condición de que cada píxel de la misma contiene un valor decimal que cuantifica los bits de relleno sondeados de la superficie, las condiciones de sensores, y la atmósfera o cualquier otro item relevante para la evaluación del pixel (Lara et al., 2016), por último se encuentra un archivo de texto que contiene todos los metadatos de las bandas que componen el archivo.

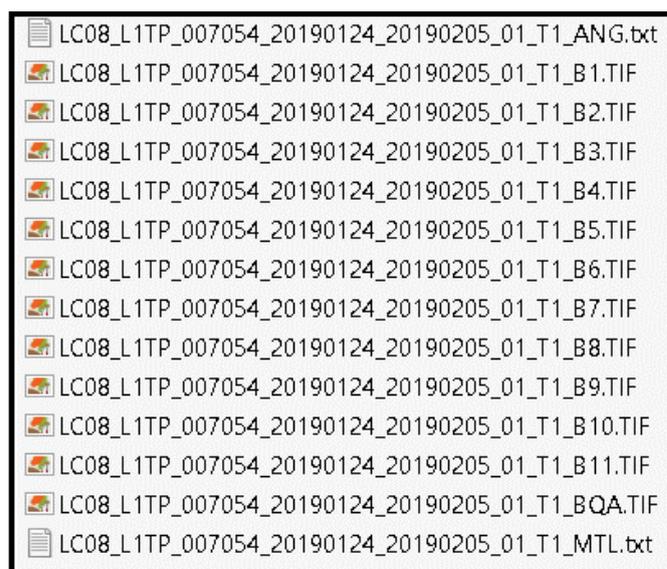


Figura 72. Archivos de descarga descomprimidos.

5.6.2 Procesamiento de las Bandas con en Plugin SCP y Clasificación supervisada de imágenes satelitales Landsat en el Software QGis

La administración de imágenes satelitales Landsat y Sentinel presenta similitud en el ingreso de bandas y manejo de las mismas en el software QGis, para seguir el paso a paso de procesamiento y clasificación de las imágenes Landsat remitirse a los numerales 5.5.3.1, 5.5.3.2 y 5.5.3.3 (Antes de iniciar la clasificación se requiere un ajuste en el nivel de resolución espacial descrito en el en numeral 5.6.3), a continuación, se presentarán algunos resultados de las combinaciones de bandas bajo la metodología relacionada en esta guía .

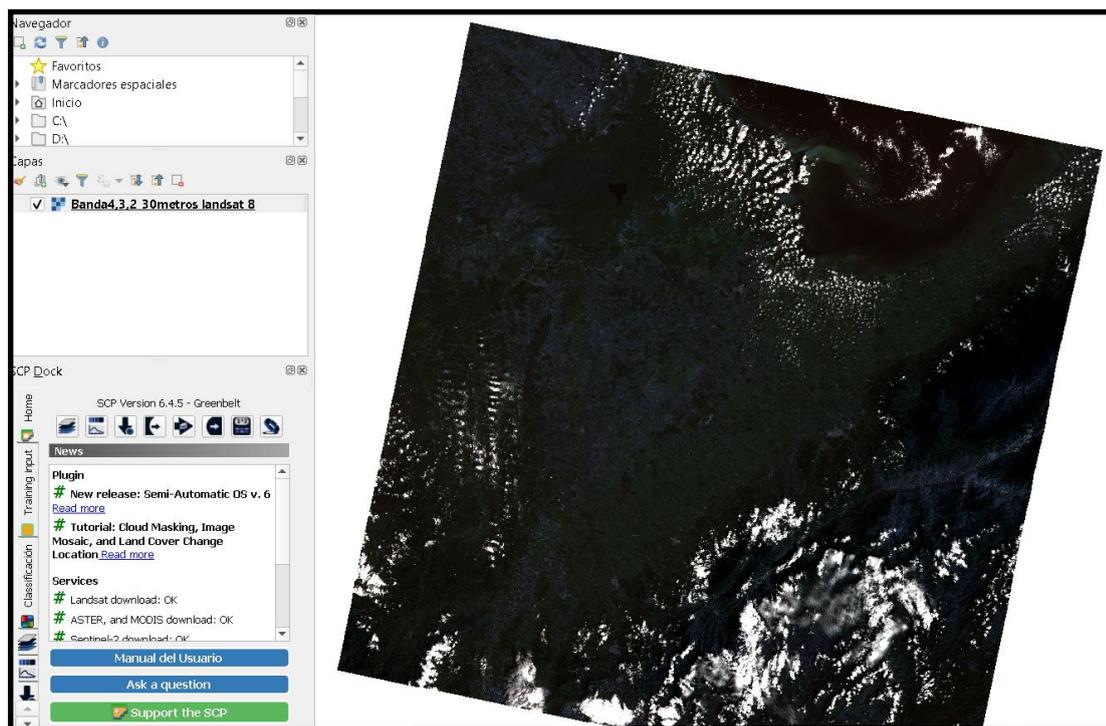


Figura 73, Raster resultante en Color Natural, producto de la combinación de las Bandas 4, 3, 2.

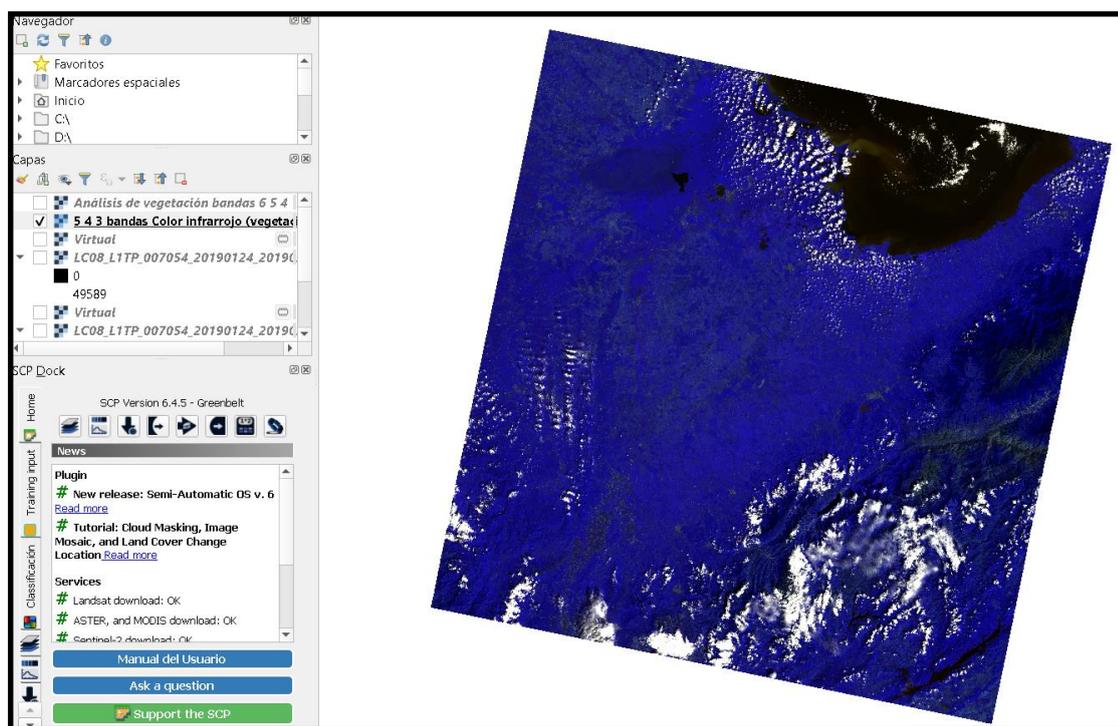


Figura 74, Raster para análisis de vegetación, producto de la combinación de las Bandas 6, 5, 4.

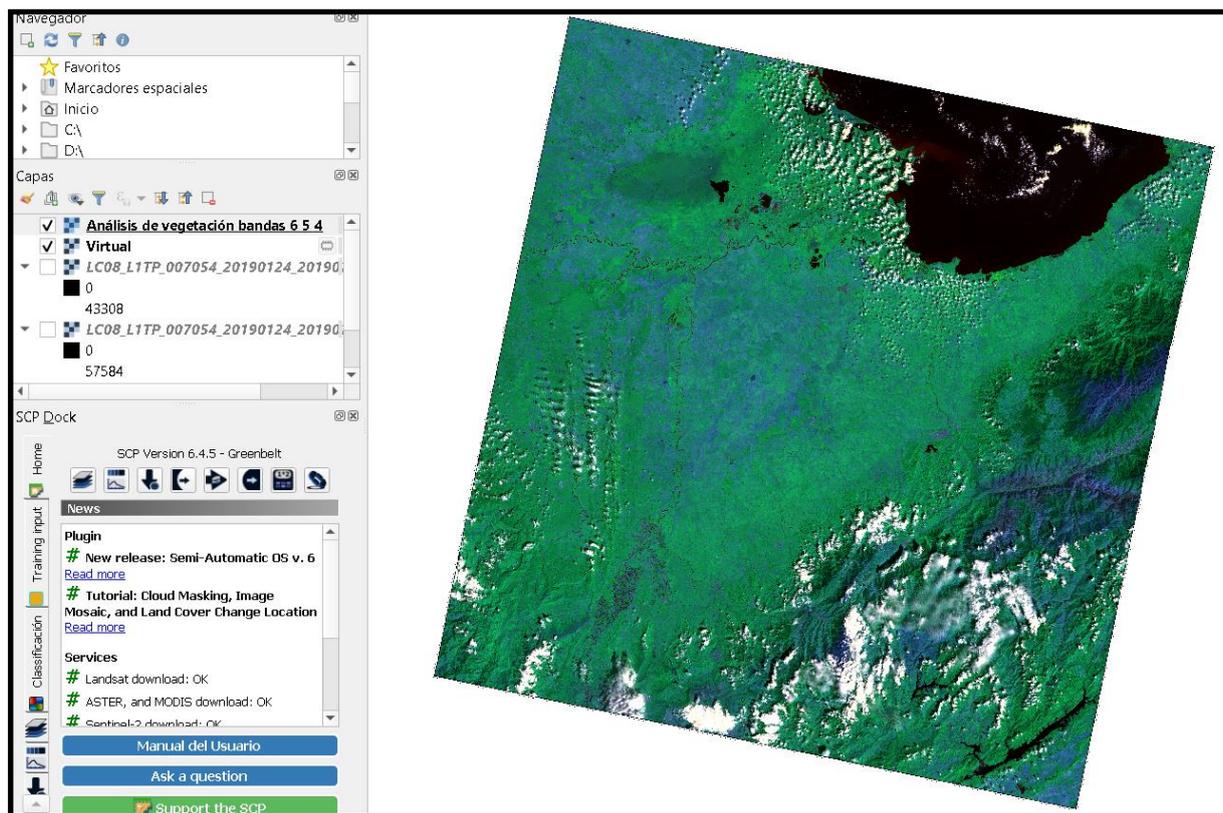


Figura 75, Raster resultante en color infrarrojo, producto de la combinación de las Bandas 5, 4, 3.

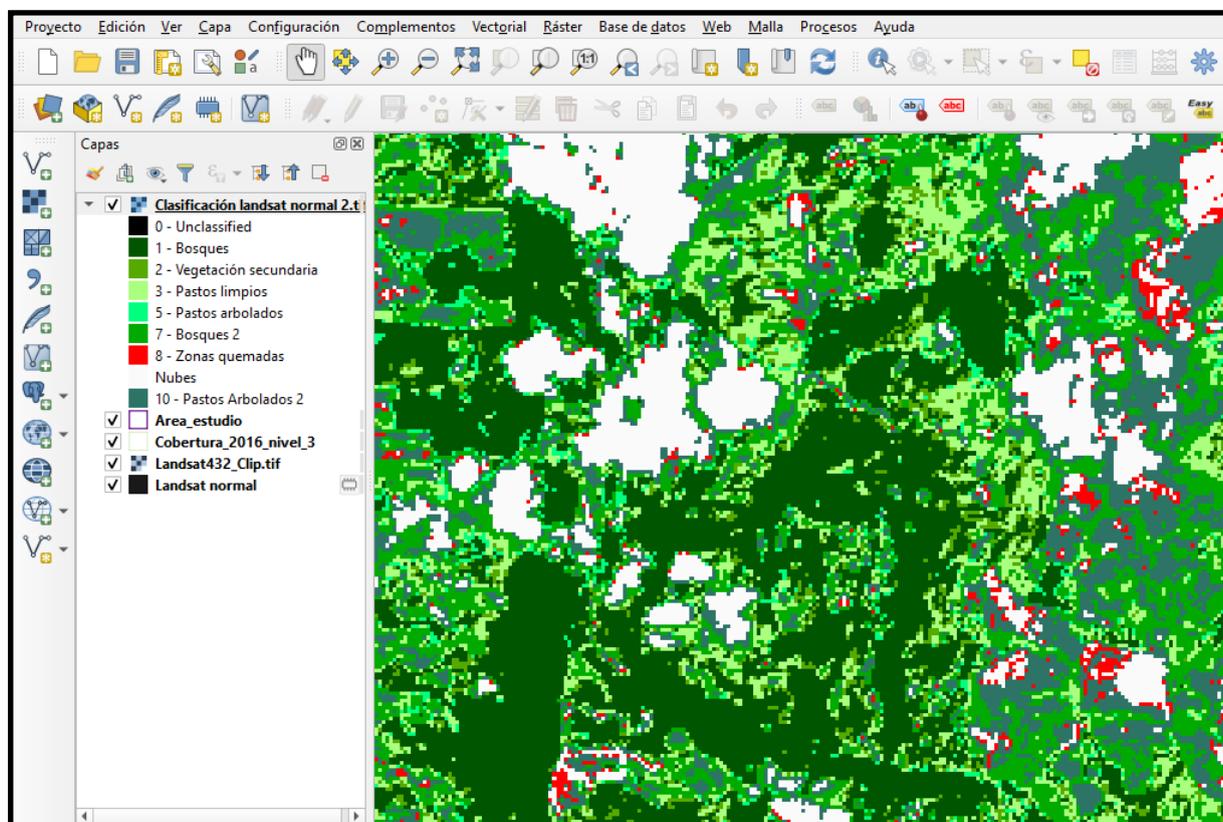


Figura 76. Raster resultado de la clasificación supervisada

5.6.3 Pan-Sharpening para Landsat 8 en QGIS

La técnica de Pan-sharpening es una de las herramientas más aplicadas para transferir en una misma escena la resolución de la banda pancromáticas a las bandas multiespectrales, es una operación muy sencilla con la aplicación de un software SIG. Esta guía aplicara esta técnica mediante el uso del software gratuito QGIS, por sus versatilidades y gracias a la cualidad de las imágenes Landsat 8 de poseer la banda 8 o Pancromática permite redimensionar los píxeles de las bandas multiespectrales para el caso de estudio las bandas 4,3,2 o de rango visibles de 30 metros a 15 metros con una mayor resolución espacial cercana a la de Sentinel de 10 metros(D'Allestro et al., 2016).

5.6.3.1 Procedimiento de PanSharpening

Luego de unificar las bandas con resolución de 30 metros (característica que se puede validar dando clic derecho sobre la capa ráster en la opción propiedades), procedemos a agregar la banda numero 8 o pancromática.

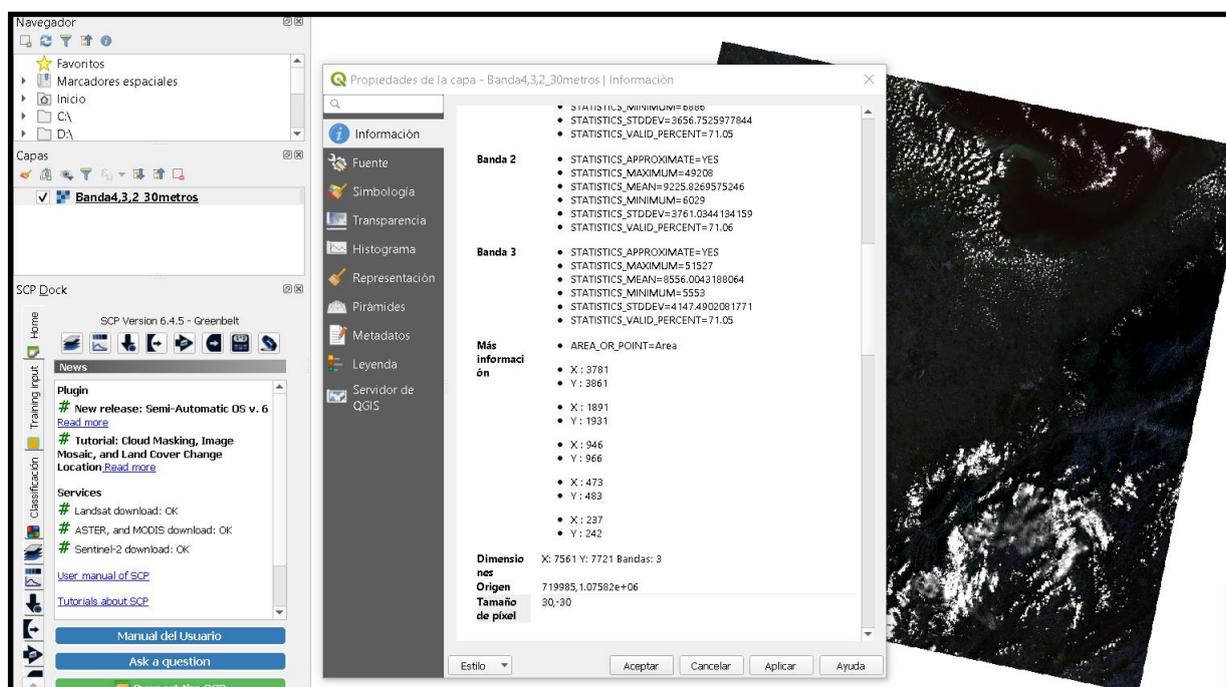


Figura 77, Raster resultante en Color Natural, producto de la combinación de las Bandas 4, 3, 2 .

- Dirigirse a la barra de búsqueda de Qgis y digitar la palabra Pansharpening, luego al desplegarse las dos opciones dar doble clic sobre la segunda

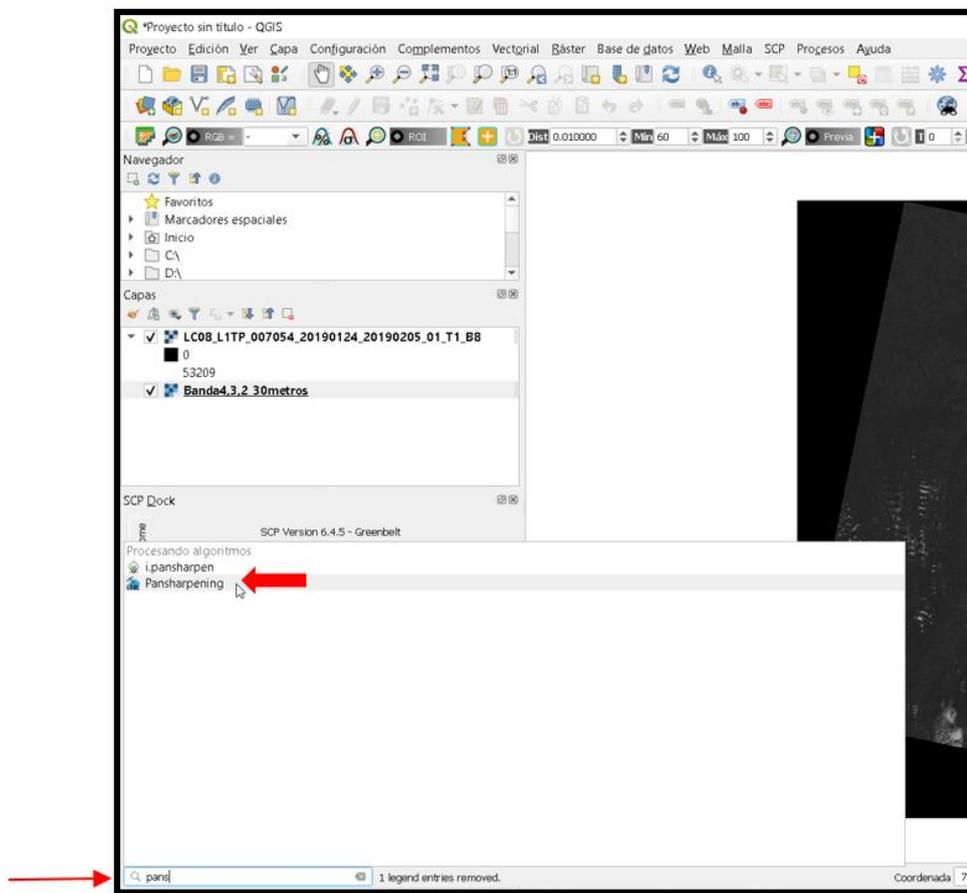


Figura 78, procedimiento de ejecución de la herramienta Pansharpening.

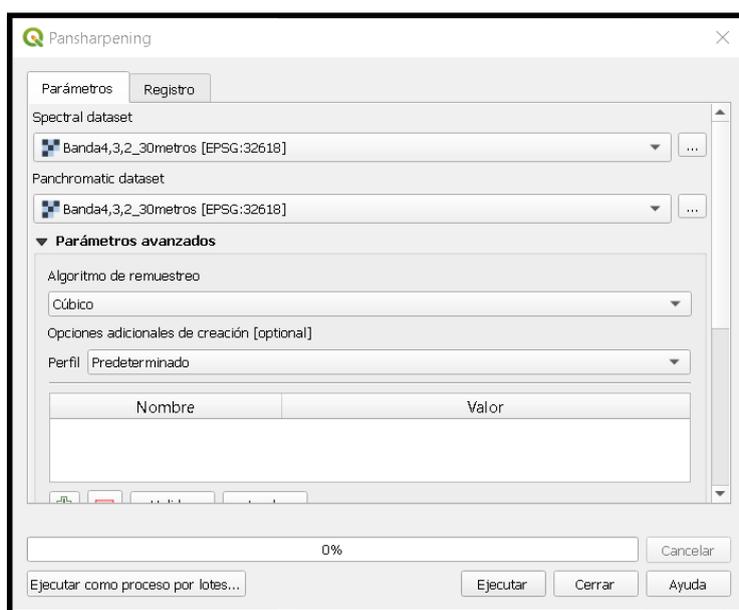


Figura 79, Ventana – Pansharpening

✚ Seguir en secuencia los siguientes pasos:

1. Escoger la banda fusionada 4,3,2_30metros en la barra de despliegue
2. En la segunda barra escoger la banda 8 o Pancromática
3. En la opción de algoritmo de muestreo escoger la opción Cubico
4. El perfil debe ser Predeterminado
5. Dar la opción Ejecutar
6. Se creará una nueva capa llamada salida con la resolución de 15 metros
7. Cerrar la ventana Pansharpening

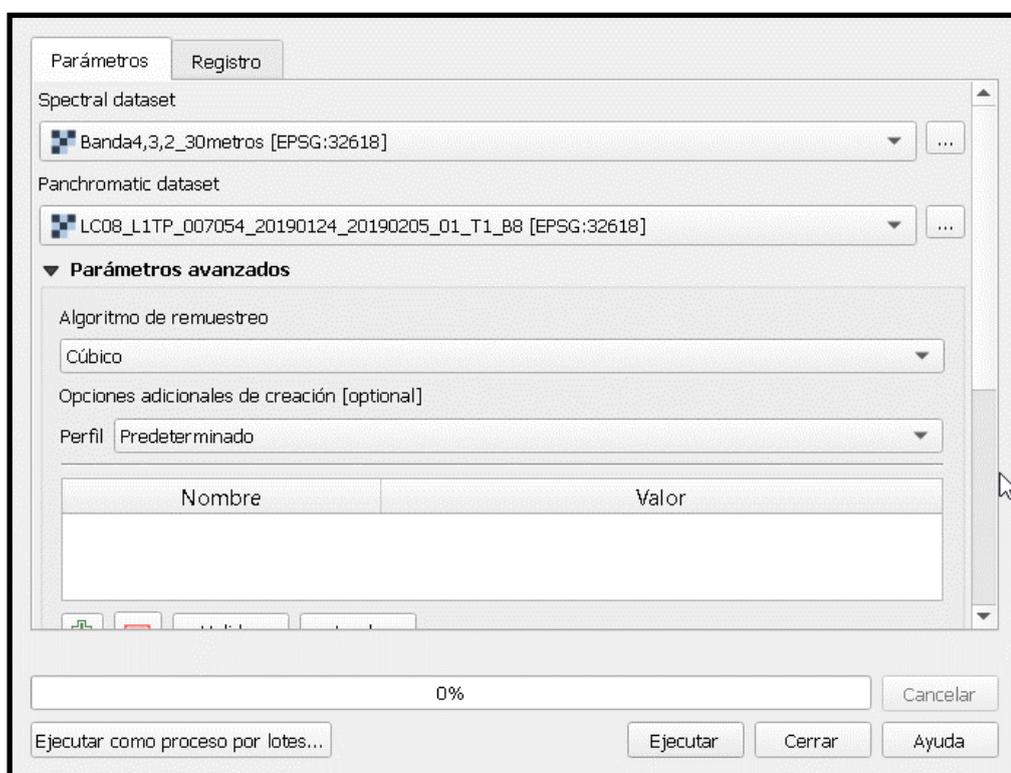


Figura 80, Configuración de opciones en la Ventana Pansharpening

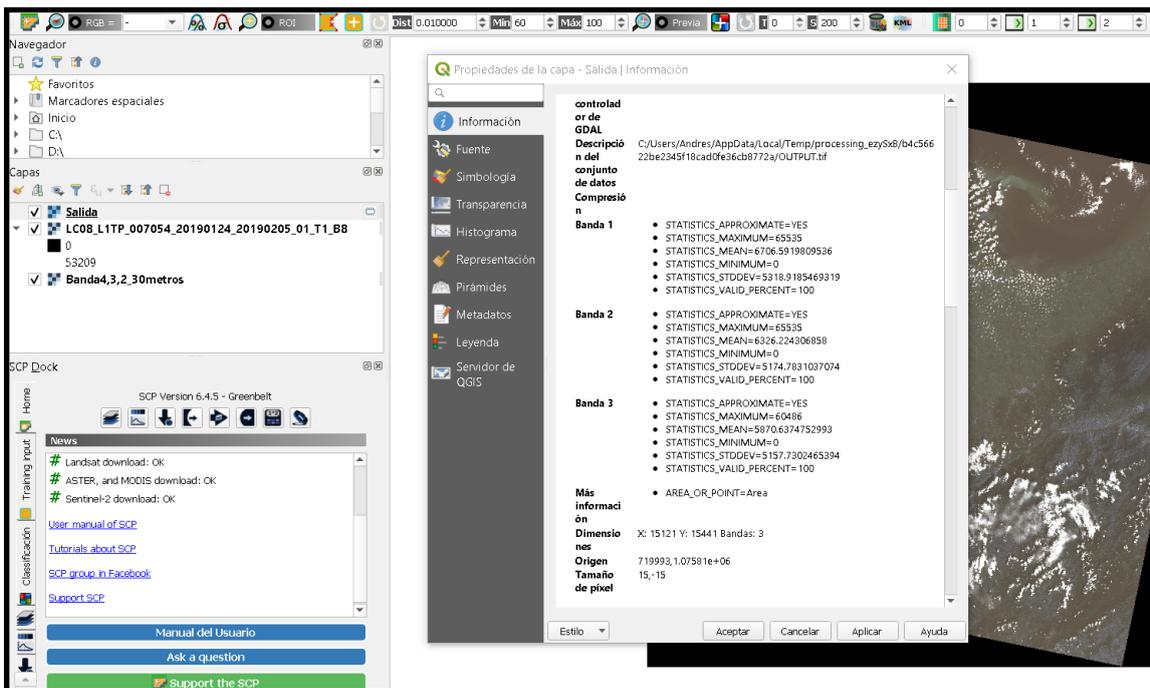


Figura 81, Resultados en la nueva capa llamada salida

Para guardar la nueva capa en el lugar deseado dar clic derecho sobre la misma y escoger la opción Guardar como Pansharpning_15metros, en la opción explorar ubicaremos la carpeta de destino

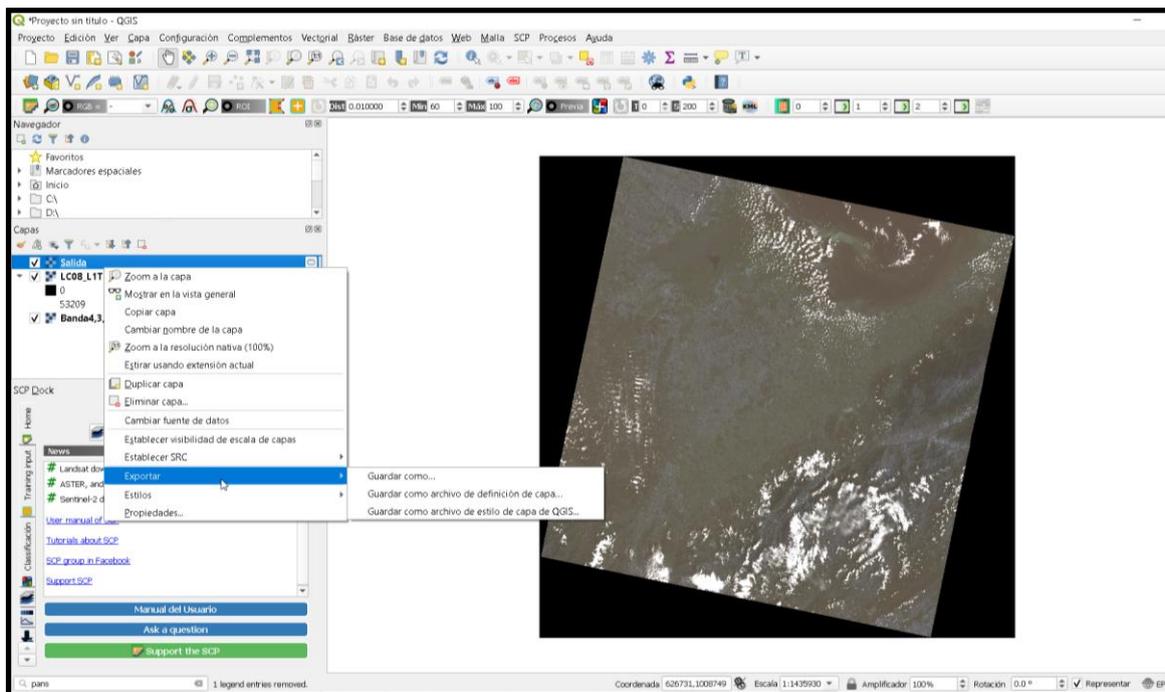


Figura 82, Procedimiento De Guardado De Capas

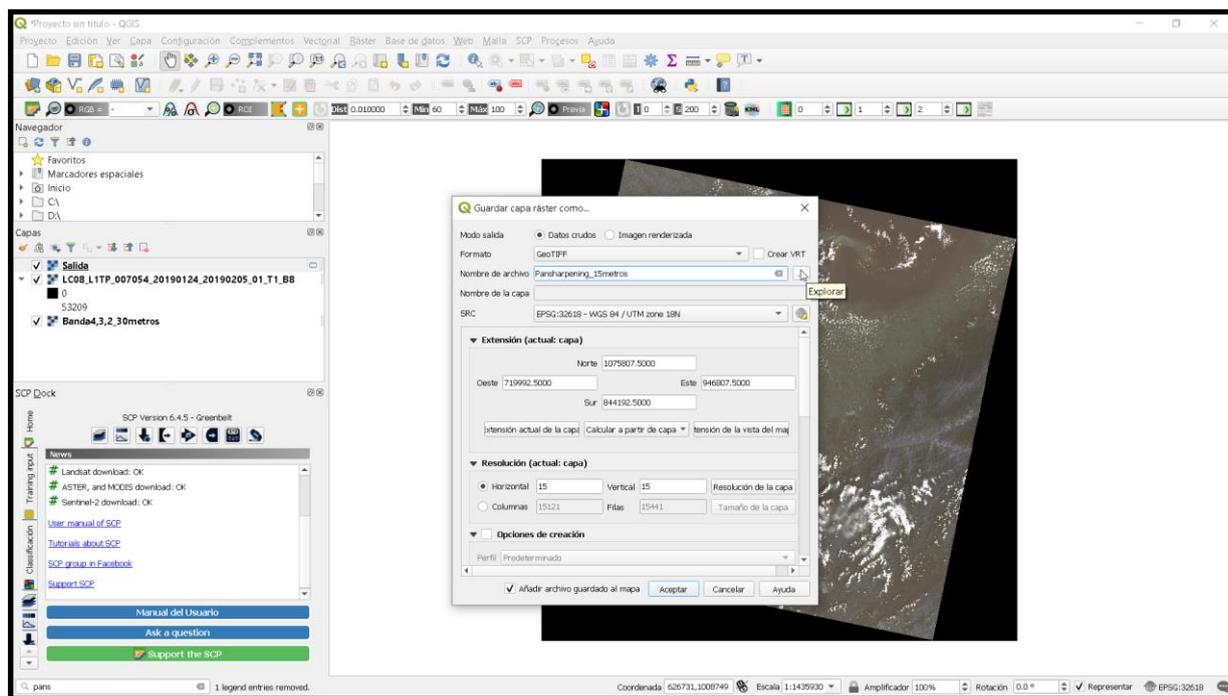


Figura 83, Ventana de Guardado De Capas y selección de Carpeta De Destino

➦ Luego de estos pasos remitirse al numeral 5.5.4 de esta guía para continuar con la clasificación supervisada.

6. RESULTADOS

Se entrega como resultado los mapas de cobertura de la tierra producto de la clasificación supervisada realizada en el software QGIS, se realizó una cobertura con base a la imagen de satélite Sentinel 2, de calidad 2A tomada el día 06 de marzo de 2020, la que da como resultado la cobertura que se muestra en la Tabla 14, Figura 85.

Tabla 14. Coberturas de la tierra identificada con la imagen Sentinel 2

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	ID Corine	Área (Ha)
	Cultivos permanentes		-	22
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos limpios	231	529,45
		Pastos arbolados	232	237,58
		Pastos enmalezados	233	2086,33
Bosques y Áreas Seminaturales	Bosques	Bosque denso	311	11329,75
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación en transición	323	1782,52
		Áreas sin o con poca vegetación	Zonas quemadas	334
Área de estudio				17068,87

Fuente - Autores

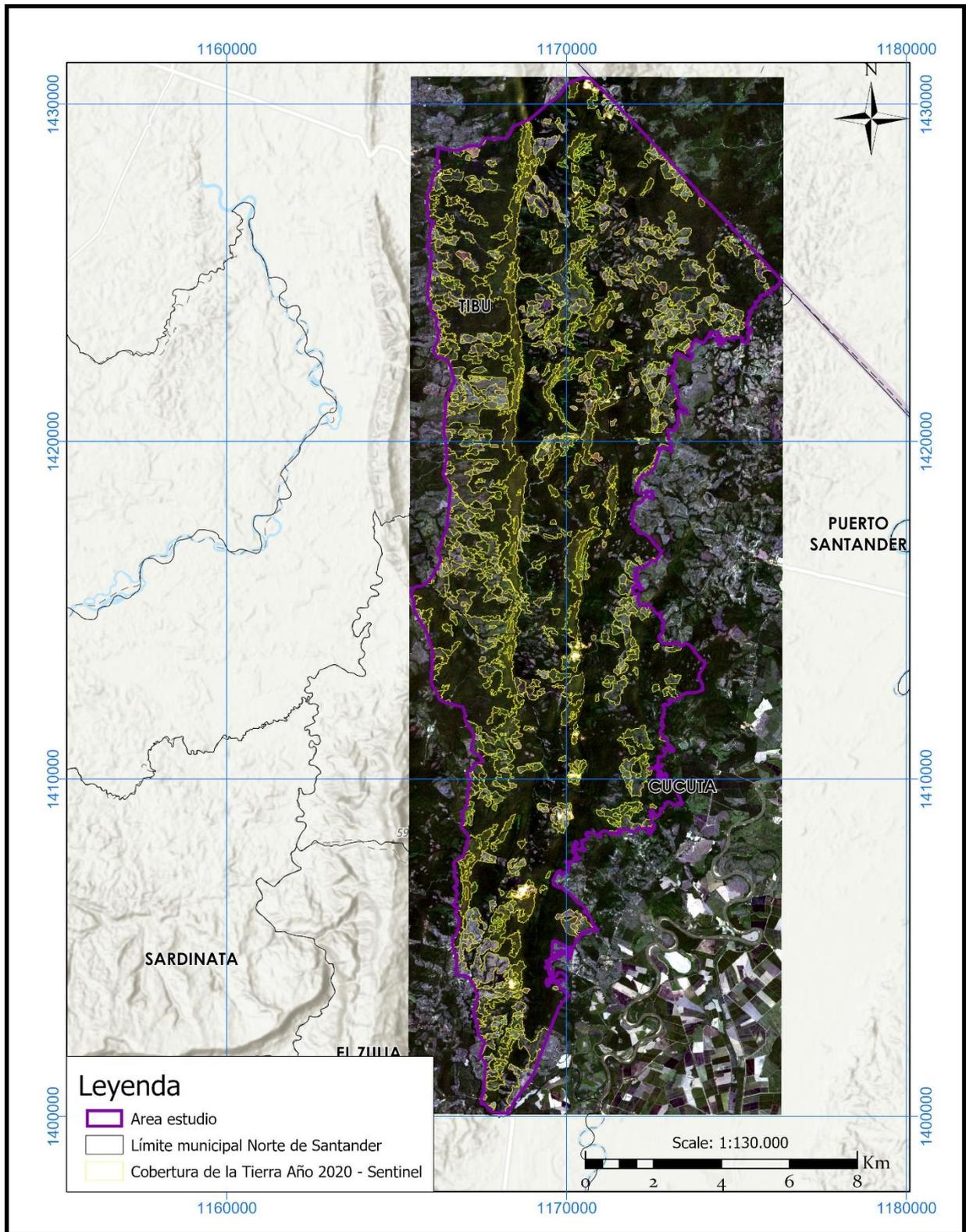


Figura 84. Imagen Sentinel 2 en el Área de estudio - Fuente - Autores

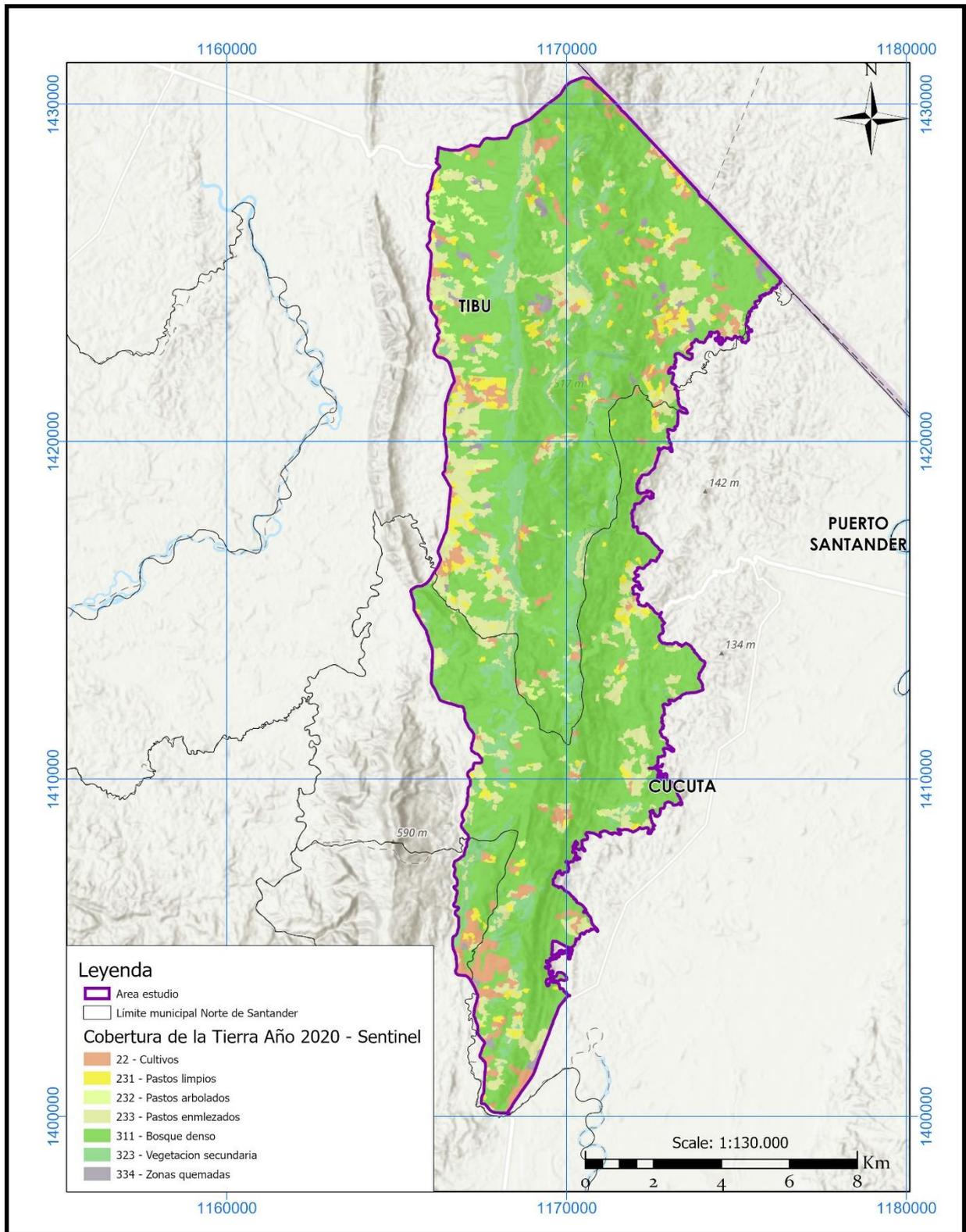


Figura 85. Coberturas de la tierra identificada con la imagen Sentinel 2 - Fuente - Autores

Se realizó también la clasificación supervisada con la imagen Landsat 8 a la que se le realizó un proceso de pansharpening, el cual mejora la calidad de la imagen utilizando la banda pancromática, que en el caso de la Landsat 8 es la Banda 08, así se obtiene una imagen Landsat con una resolución espacial de 15 m, la imagen fue tomada el 24 de enero del 2019, los resultados de la clasificación se muestran en la Tabla 15. Coberturas de la tierra identificada con la imagen ,

Tabla 15. Coberturas de la tierra identificada con la imagen Landsat 8

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	ID Corine	Área (Ha)
Nubes				2249,80
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos limpios	231	1196,37
		Pastos arbolados	232	2023,74
	Bosques	Bosque denso	311	11498,05
Bosques y Áreas Seminaturales	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación secundaria en transición	323	23,96
		Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Zonas quemadas	334
			Área de estudio	17068,87

Fuente - Autores

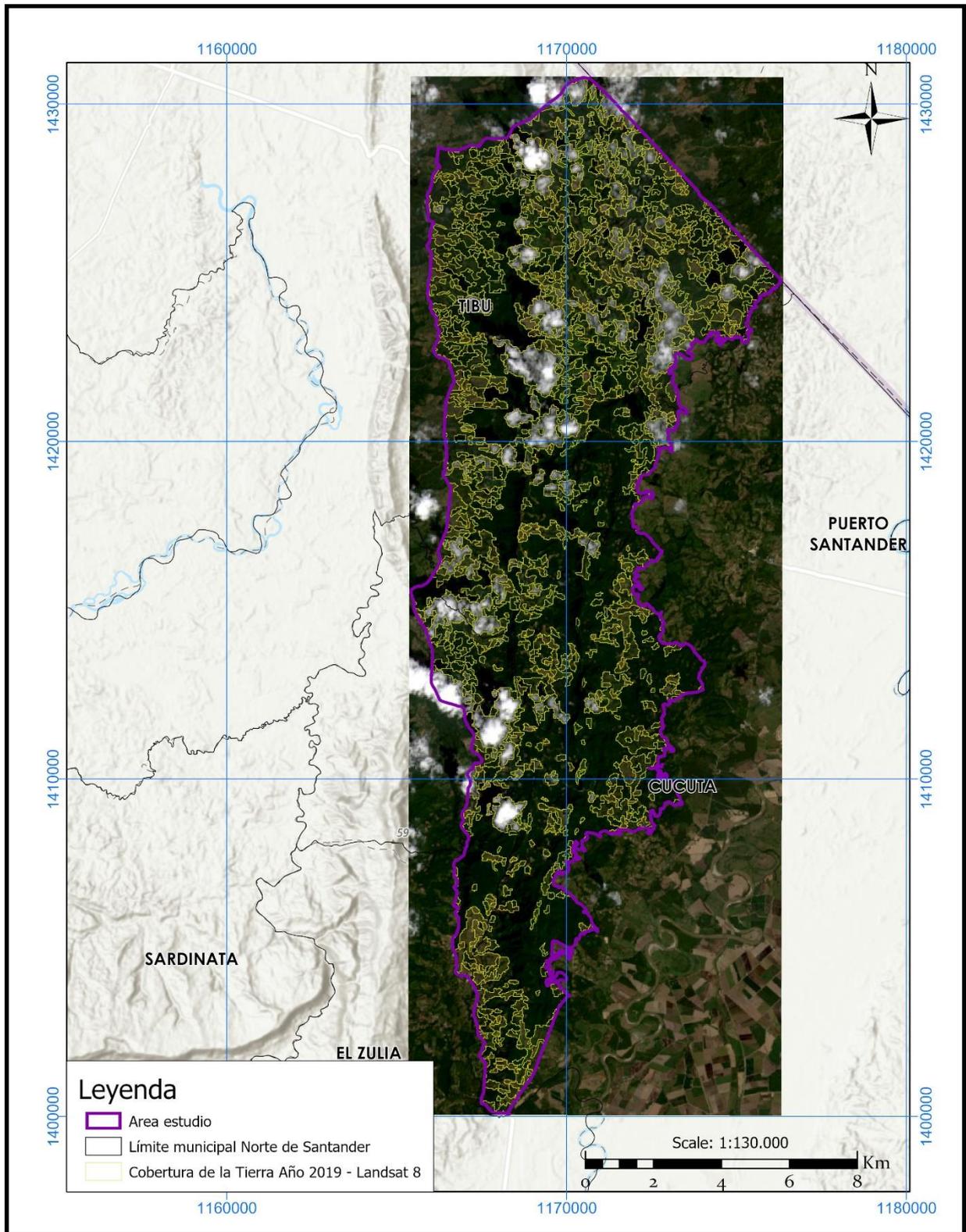


Figura 86. Imagen Landsat 8 en el Área de estudio - Fuente - Autores

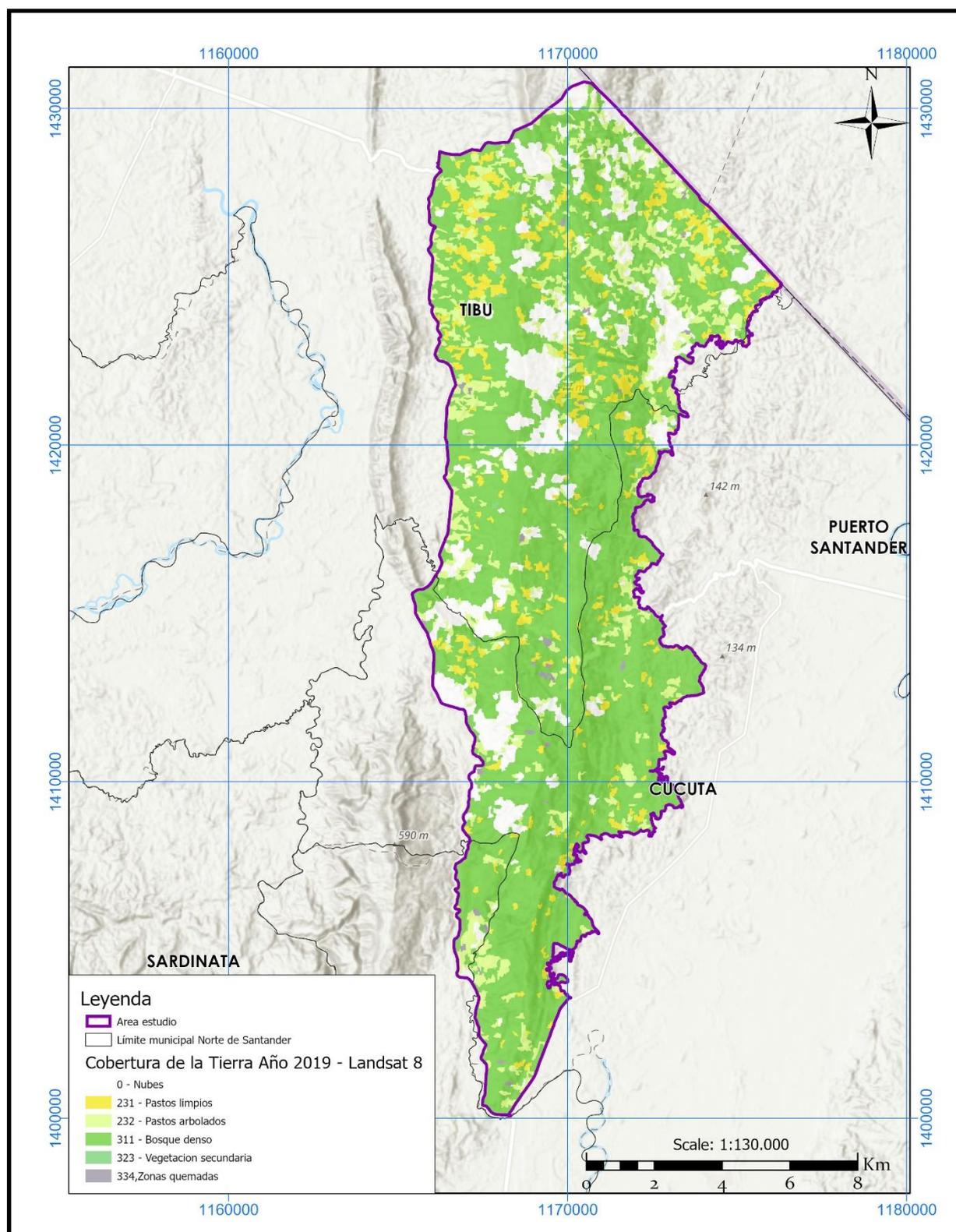


Figura 87. Coberturas de la tierra identificada con la imagen Landsat 8 - Fuente - Autores

Además de las figuras anteriores se anexan a este trabajo 4 mapas de tamaño pliego en el cual se pueden observar más detalladamente cada una de las coberturas, se encontraran los mapas en el Anexo 1.

Posterior a la clasificación de coberturas se presenta un panorama de la dinámica de la cobertura de la tierra para el periodo comprendido entre 2016 – 2020, para la imagen Sentinel 2 y 2016 – 2019 para la imagen Landsat 8, a través de un análisis multitemporal, esto con el fin de identificar los procesos transformacionales que se han gestado sobre las unidades de cobertura ponderadas en el área de estudio, previamente establecida. Dicho análisis se realizó multitemporalmente para la composición de cobertura del suelo teniendo en cuenta información generada para años anteriores, así como imágenes de satélite, lo cual permitió identificar las fluctuaciones que se han presentado en las coberturas en términos de ganancia, pérdida.

Para el año 2016 se usó una imagen Sentinel 2, cuya cobertura fue vectorizada y comprobada en campo (GIZ & CORPONOR, 2017), cuyo resultado se observa en la Tabla 12, y la Figura 17. Mapa de Cobertura de la tierra en el Área de estudio Año 2016 – Fuente “Proyecto Cambio” – GIZ en el título 5.2 Antecedentes.

El análisis multitemporal se realizó teniendo en cuenta las coberturas de la tierra que dieron como resultado de la clasificación supervisada en el software QGis para las imágenes Sentinel 2 y Landsat 8. El análisis multitemporal para la imagen Sentinel 2 -2020 se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Análisis de coberturas entre los años 2016-2020

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Área 2016 (Ha)	% Área	Área 2020 (Ha)	% Área	Tipo	Ha
Territorios Agrícolas	Cultivos permanentes		1824,40	10,69	946,22	5,54	Perdida	-878,18
	Pastos	Pastos limpios	1901,80	11,14	529,45	3,10	Perdida	-1372,35
		Pastos arbolados	233,30	1,37	237,58	1,39	Ganancia	4,28
		Pastos enmalezados	868,80	5,09	2086,33	12,22	Ganancia	1217,53
Bosques y Áreas Seminaturales	Bosques	Bosque denso	10491,50	61,47	11329,75	66,38	Ganancia	838,25
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación secundaria o en transición	1249,40	7,32	1782,52	10,44	Ganancia	533,12
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Zonas quemadas	86,20	0,51	157,02	0,92	Ganancia	70,82
Totales			16655,40	97,58	17068,87	100,00		

Fuente - Autores

El análisis multitemporal muestra como resultado que la clasificación supervisada no es suficiente para identificar todas las coberturas que hay en el área de estudio, se identificaron únicamente coberturas vegetales, no se logró identificar coberturas de territorios artificializados tales como vías, al realizar el proceso de clasificarlas estas siempre generaron errores, tales como que se identificaban en lugares erróneos y especialmente se confundía con polígonos de cultivos y nubes, los territorios artificializados se ven representados en la cobertura identificada en el año 2016 por un total de 148,8 Ha, este sería el primer faltante, igualmente no se identificó ningún cuerpo de agua natural o artificial, en el área de estudio no hay ríos presencia de grandes que se identifican fácilmente, se da una diferencia entre ambas interpretaciones de 413,47 Ha, lo que debe estar representado en cuerpos de agua y territorios artificializados.

El análisis multitemporal para la imagen Landsat 8 -2019 se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Análisis de coberturas entre los años 2016-2019

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Área 2016 (Ha)	Área %	Área 2019 (Ha)	Área %	Tipo	Ha
Nubes					2249,80	13,18		
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos limpios	1901,8	11,14	1196,37	7,01	Perdida	-705,43
		Pastos arbolados	233,3	1,37	2023,74	11,86	Ganancia	1790,44
Bosques y Áreas Seminaturales	Bosques	Bosque denso	10491,5	61,47	11498,05	67,36	Ganancia	1006,55
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación secundaria o en transición	1249,4	7,32	23,96	0,14	Perdida	-1225,44
		Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Zonas quemadas	86,2	0,51	76,96	0,45	Perdida
Total			13962,2	81,8	17068,9	100,0		

Fuente - Autores

Las imágenes de Landsat 8 en la zona de estudio presentan problemas de nubosidad en un 80% de las capturas desarrolladas por el satélite entre los años 2019-2020 lo que dificultó la selección de una imagen apropiada para el estudio en el rango de tiempo de interés entre 2017 a 2020. Por esta razón hay una diferencia de 3106,67 Ha lo que dificultó gravemente el análisis, este tipo de imágenes solo puede ser utilizada para la identificación de tipo Coberturas Bosque o no Bosque a escalas pequeñas de tipo 1:50000 o 1:100000.

Las imágenes Landsat 8 presentan limitaciones muy notorias entre ellas el tiempo de revisita sobre los puntos de estudio, la contaminación con nubes y las sombras. Como resultado se establece que los datos de Landsat en sucesiones temporales dispersas no deben aplicarse en valoraciones de superficies con cambios rápidos o análisis multitemporales con afectaciones antrópicas aceleradas (Wang et al., 2017) .

Los resultados de clasificación con el uso del Plugin Semiautomatic Classification (SCP) permitieron clasificar según la metodología Corine Land Cover 5 coberturas para Landsat 8 y 6 coberturas para Sentinel 2, la profundidad del estudio proyectada no se logró llegando solo a unas pocas categorías clasificadas en el nivel 3 de Corine, sin embargo el nivel 2 de clasificación en Corine establece resultados acordes al modelo de actualización en el estudio de caso del corregimiento de Palamarito municipio de Cúcuta, departamento de norte de Santander.

Las características de los satélites Landsat 8 y Sentinel-2 presentan similitudes muy favorables con una resolución espacial de franja ancha y fina en los dos casos, el mismo sistema de coordenadas geográficas y una definición de imagen de entre 15 y 10 metros para el tamaño de resolución espacial relacionando los datos de trabajo de esta guía. Luego de la clasificación de las coberturas se encontraron diferencias notorias entre las coberturas, valores cuantificados en la tabla de resultados de la clasificación de coberturas según la metodología Corine Land Cover.

Es necesario aclarar que las imágenes presentan un margen cronológico diferencial de un año aproximado siendo la imagen Landsat 8 de 2019 y la imagen Sentinel del 2020, esta condición permite establecer diferencias entre las clasificaciones desarrolladas con cada una, en el caso de Landsat 8 con una gran interferencia de nubes de 13.2 Ha sobre la clasificación del terreno y Sentinel con una clasificación más limpia generando dos categorías adicionales muy bien definidas(Ver Tabla De Ponderación De Datos Entre Los Dos Satélites), el desarrollo del estudio pretendía confrontar los dos escenarios de sondeo en una misma franja de tiempo pero debido a las interferencias en el área de estudio en el caso de Landsat 8 no fue posible, por otro lado este estudio de caso se podría tomar como un estudio multitemporal básico reduciendo su

profundidad debido a un trabajo en campo más profundo con parcelas de control ya establecidas para años anteriores.

Tabla 18. Ponderación De Datos Entre Los Dos Satélites.

NIVEL 2	coberturas detectadas en Sentinel 2(Ha)	coberturas detectadas en Landsat 8 (Ha)	OBSERVACION
Nubes		2249.79	No detectados en Sentinel 2
Pastos limpios	529.45	1196,37	Los pastos enmalezados no se detectaron en Landsat 8
Pastos arbolados	237.58	2023,74	
Pastos enmalezados	2086.33		
Cultivos permanentes	946.22		No detectada en Landsat 8
Bosques	11329.75	11498.05	
Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	1782.52	23.957	
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	157.02	76.960	

Fuente: Autores

7. CONCLUSIONES

1. La clasificación supervisada es un proceso de utilidad para definir y catalogar coberturas de tipo vegetal, con ambas imágenes se evidencio el problema al identificar en el área los territorios artificializados específicamente las vías, las imágenes Sentinel son aptas para vectorizar, con estas se puede llegar a una escala 1:25000 estado que debe estar acompañado de un trabajo de revisión en campo tal como se realizó para la imagen del año 2016, por su parte según la valoración desarrollada las imágenes Landsat 8 no son de calidad óptima para llegar a esta escala.

Este ejercicio demostró que se puede hacer un monitoreo de la perdida de bosques permanente con clasificación supervisada, es claro que se puede identificar fácilmente usando la combinación de bandas 4,3,2 en Sentinel, esto es de gran utilidad para las entidades

territoriales, como es el caso de Tibú, que cuenta con una de las pérdidas de bosque más importantes en todo el país (IDEAM, 2019), este estudio genera esquema de monitoreo permanente que generará acciones hacia la prevención en la pérdida de bosque en zonas en las que se identifiquen quemas, que al igual que los bosques naturales son de fácil identificación de acuerdo a lo demostrado en este trabajo.

2. Estudios anteriores desarrollados en los bosques boreales del sur de Finlandia y en el bosque Hircaniano de Irán demostraron la utilización de modelos de categorización forestal para generar clasificación de coberturas terrestres en las áreas de estudio (Forkuor et al., 2018a), en los dos casos se utilizaron imágenes Landsat y Sentinel ajustadas a algoritmos de fraccionamiento vegetal obteniendo resultados muy favorables (Korhonen et al., 2017a). En correlación con la guía desarrollada se refleja una diferencia clara en el trabajo de campo y el levantamiento de parcelas de control (muestras) lo que permitió un ajuste sobre las imágenes más detallado, sin embargo los resultados de la guía permiten reconocer pastos, bosques, áreas con vegetación herbácea o arbustiva y áreas abiertas con poca vegetación. Se concluye que aunque no se estableció el nivel de detalle esperado en este estudio existe un gran potencial de aplicaciones en municipios con pocos recursos fijados a las nuevas tecnologías, a investigación y a toma de decisiones sobre el plano territorial.

3. La comparación desarrollada entre los dos satélites con la combinación de las Bandas 4, 3, 2 (Color Natural), permiten establecer que factores como la nubosidad, el tiempo de revisita en el caso de Landsat 8 de 16 días con resolución espacial para las bandas de 30 metros ajustada a 15 metros con pansharpen y Sentinel 2 con tiempo de revisita de 5 días y una resolución espacial de 10 metros para las bandas en mención, posiciona a Sentinel como la mejor opción para el desarrollo de análisis de las coberturas terrestres o actualización de análisis multitemporales (Forkuor et al., 2018b). Esta conclusión concuerda con estudios anteriores desarrollados en la región boreal del sur de Finlandia donde Sentinel-2 superó a Landsat 8 utilizando bandas de imagen equivalentes, los datos de Sentinel-2 establecieron un

% de sesgo más bajo en los errores de clasificación resultantes de los modelos utilizados en 739 parcelas de campo (Korhonen et al., 2017b).

4. Esta guía representa una herramienta técnica adaptada a las necesidades de actualización territorial con el uso de herramientas SIG de libre acceso, con productos generados en escalas inferiores a 1:50000 como se puede establecer en el **Anexo 1 – Mapas De Coberturas**, con un esquema metodológico enfatizado a usuarios con cualquier formación académica.

5. El impulso de las nuevas tecnologías de libre acceso presenta una alternativa de mitigación en las falencias en materia técnica y normativa gubernamental, brindando soportes sobre la hegemonía territorial, control y distribución de recursos más actualizadas y encajadas con la realidad del territorio.

6. El municipio de Tibu ha demostrado un interés muy enfático en el uso de estas nuevas tecnologías logrando integrar su aplicación dentro del Plan Básico De Ordenamiento Territorial (Alcaldía Municipal -Jesus Alberto Escalante Ascencio , 2016) llegando a la clasificación de coberturas de la tierra para años anteriores con el uso de imágenes satelitales, esto a través de procesos de subcontratación que recargan la cartera del municipio y no generan resultados imponderables según se evaluó en el documento. La aplicación del software libre y el uso de la información de libre acceso sopesaría esta necesidad como una herramienta estructural del progreso y toma de decisiones a nivel ambiental, social y económico en el municipio.

8. RECOMENDACIONES

1. No se recomienda la aplicación de la metodología Corine Land Cover hasta un nivel 3 de clasificación si la imagen no se somete a algoritmos de ajuste sobre las capas de trabajo (Belfiore et al., 2016) lo que generaría una segregación mayor en los niveles de clasificación, según la literatura evaluada se encontraron : transformación de la reflectancia TOA a la reflectancia superficial , Algoritmos de aprendizaje automático, bosque aleatorio (RF), algoritmo de vegetación oscura densa (DDV), SVM y SGB entre otros .(Forkuor et al., 2018b).

2. Este trabajo establece la necesidad de una calibración y validación en campo evidenciando dificultades en la clasificación de las coberturas vegetales, lo que permitirá una clasificación más confiable debido a las variaciones en la altura del dosel del bosque, cultivos, zonas descubiertas entre otras.(Belfiore et al., 2016), sumado a esto la realización de una reproyección de la resolución de las bandas mejora notablemente la discriminación de objetos, con una resolución espacial mejorada agudizando los análisis cualitativos y cuantitativos que en muchas ocasiones resultan contradictorios(Soleimannejad et al., 2019).

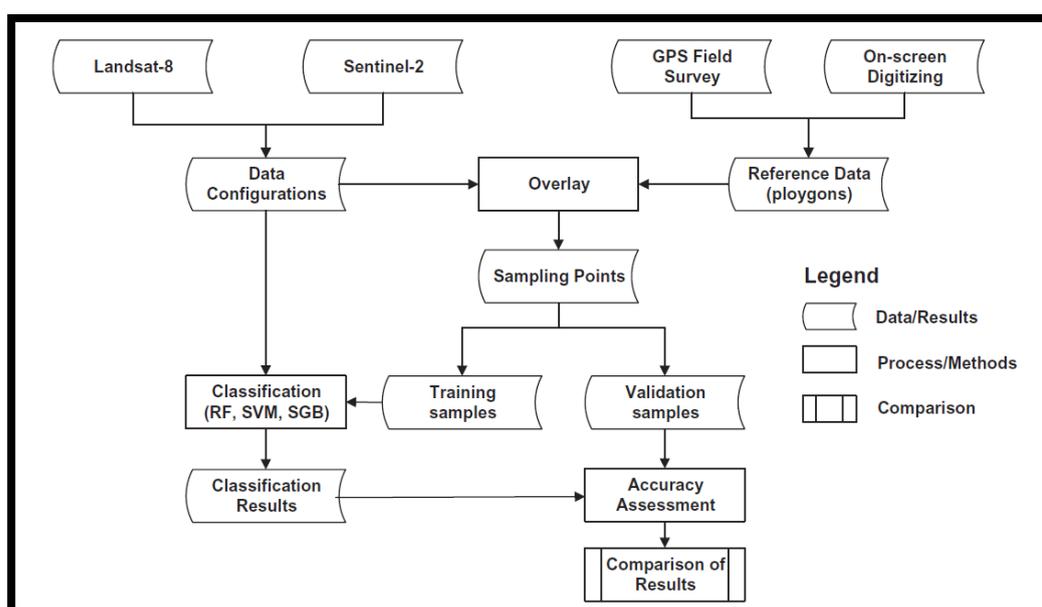


Figura 88. Descripción general de un adecuado enfoque metodológico en relación al trabajo de campo y el trabajo de oficina con imágenes satelitales gratuitas. Fuente (Forkuor et al., 2018b)

3. Esta guía se crea como un primer eslabón en estudios relacionados con las bandas de Landsat 8 y Sentinel para el territorio nacional, su similitud posee características de fusión o empalme muy favorables, y con diversas aplicaciones. Un ejemplo preciso de este esquema se desarrolló en la operaciones IEEE sobre geociencia y sensaciones remotas (Wang et al., 2017) teniendo en cuenta los cambios en la cobertura terrestre y su uso de la tierra (LCLU) en un área de aplicación se demostró una disminución en los errores de clasificación cuantificando coberturas con más precisión.

9. BIBLIOGRAFÍA

- .:SIATAC:. (n.d.). Retrieved June 27, 2020, from <http://siatac.co/web/guest/productos/lista-de-geoportales>
- Álava, I. F. C. (2018). *ANÁLISIS DE LA COBERTURA VEGETAL Y CAMBIO DE USO DE SUELO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL CANAL AZÚCAR-RÍO VERDE MEDIANTE TELEDETECCIÓN*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.
- Asociación Geoinnova. (2016). *Cómo y dónde descargarse las imágenes satelitales gratis*. <https://geoinnova.org/blog-territorio/imagenes-satelitales-gratuitas/>
- Avellaneda, F. A. L. (2017). Zonificación de las coberturas de la tierra mediante la aplicación de herramientas SIG para la revisión y ajuste del P.O.T en el marco del crecimiento urbano y la conurbación norte: Caso Municipal de Zipaquirá [CONVENIO IGAC – UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS]. In *Gestión y Ambiente* (Vol. 21, Issue 1). <https://doi.org/10.15446/ga.v21n1.68285>
- Ballén, D. D. (2020). *PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES GUIA DE TRABAJO PDI* (pp. 1–22). UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO.
- Bautista, O. E. R. C. & H. A. A. (2005). MANUAL PARA EL MANEJO Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES OBTENIDAS DEL SENSOR REMOTO MODIS DE LA NASA, APLICADO EN ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL [PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA]. In *Journal of Chemical Information and Modeling: Vol. 12 Suppl 1* (Issue 9). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7990-1>
- Belfiore, O. R., Meneghini, C., Parente, C., & Santamaria, R. (2016). Application of different pan-sharpening methods on worldview-3 images. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(1), 490–496.
- Casella, A., Barrionuevo, N., Pezzola, A. y, & Winschel, C. (2018). PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES DEL SENSOR SENTINEL 2A y 2B CON EL SOFTWARE SNAP 6 . 0. *Instituto de Clima y Agua. C.I.R.N. INTA Castelar*, 1–31.

- Chuvieco, E. (2009). Teledetección ambiental. *International Journal of Remote Sensing*, 2–4.
- Congreso de la República. (2012). *Ley 1551 de 2012 Modernización de Municipios*. 37.
- Correia, R., Duarte, L., Teodoro, A. C., & Monteiro, A. (2018). Processing image to geographical information systems (PI2GIS)—A learning tool for QGIS. *Education Sciences*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/educsci8020083>
- D’Allestro, P., Meneghini, C., Parente, C., & Belfiore, O. R. (2016). *QGIS use for IHS PAN-sharpening application to landsat 8 OLI images* /.
https://www.researchgate.net/publication/311717833_QGIS_use_for_IHS_PAN-sharpening_application_to_landsat_8_OLI_images
- Dalle, J. M., & Jullien, N. (2003). “Libre” software: Turning fads into institutions? *Research Policy*, 32(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00003-3](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00003-3)
- EarthExplorer. (2013). *EarthExplorer Help Documentation*. September.
- EarthExplorer - Home*. (n.d.). Retrieved May 25, 2020, from <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Edmund P. Green, P. J. M., & Clark, A. J. E. and C. D. (2000). *Manual de teledetección para el manejo costero tropical* (UNESCO (Ed.)).
- Forkuor, G., Dimobe, K., Serme, I., & Tondoh, J. E. (2018a). Landsat-8 vs. Sentinel-2: examining the added value of sentinel-2’s red-edge bands to land-use and land-cover mapping in Burkina Faso. *GIScience and Remote Sensing*, 55(3), 331–354.
<https://doi.org/10.1080/15481603.2017.1370169>
- Forkuor, G., Dimobe, K., Serme, I., & Tondoh, J. E. (2018b). Landsat-8 vs. Sentinel-2: examining the added value of sentinel-2’s red-edge bands to land-use and land-cover mapping in Burkina Faso. *GIScience and Remote Sensing*, 55(3), 331–354.
<https://doi.org/10.1080/15481603.2017.1370169>
- Franco, R. (2017). *Composiciones Landsat*. 46. <https://doi.org/4898>
- GIZ, & CORPONOR. (2017). *Sistematización Proyecto de cambio “ Mecanismos de Concertación Social entre actores relevantes para la conservación de la zona sur de Tibú y Norte de Cúcuta ”* .

- Gonzaga, C. (2014). Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM + y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador. *Univerisdad Ncional de La Plata*, 103.
- IDEAM. (2011). *Clasificación Climática de Koeppen durante el periodo 1981-2010*.
- IDEAM. (2013). Zonificación y codificación de uniades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. *Publicación Aprobada Por El Comité de Comunicaciones y Publicaciones Del IDEAM*, 47.
- IDEAM, I. & C. (2007). *Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.00*. Imprenta Nacional de Colombia.
- Ii, M. (2008). *Etapas de la visión artificial*.
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2016). Lanzamiento cifras de deforestación anual 2015. In *Lanzamiento cifras de deforestación anual 2015* (Vol. 0, Issue 0). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2019). Resultados monitoréo de la deforestación 2018. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 19.
- Junta de Andalucía. (2003). *EL MAPA DE USOS Y COBERTURAS VEGETALES DE LA SUELO DE ANDALUCÍA*.
- Kologlugil, S. (2012). Free software, business capital, and institutional change: A Veblenian analysis of the software industry. *Journal of Economic Issues*, 46(4), 831–858. <https://doi.org/10.2753/JEI0021-3624460401>
- Korhonen, L., Hadi, Packalen, P., & Rautiainen, M. (2017a). Comparison of Sentinel-2 and Landsat 8 in the estimation of boreal forest canopy cover and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 195, 259–274. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.03.021>
- Korhonen, L., Hadi, Packalen, P., & Rautiainen, M. (2017b). Comparison of Sentinel-2 and Landsat 8 in the estimation of boreal forest canopy cover and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 195, 259–274. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.03.021>
- Lara, E. L., Simeón, C. P., & Navarro, J. G. M. (2016). *LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN*

GEOGRÁFICA. 789–804.

- Maschinen, B., Investition, A., Beschaffungen, G., Ersatzbeschaffungen, B., & Mittelherkunft, S. (n.d.). *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析* Title.
- Maschinen, B., Investition, A., Beschaffungen, G., Ersatzbeschaffungen, B., & Mittelherkunft, S. (2014). *Sistemas de Información Geográfica* (OSGeo (Ed.)).
- Ministerio del Medio Ambiente. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra* Ministerio del Medio Ambiente. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra*. http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1e-a561-fc16b8037522&groupId=762
- Muñoz, R., & Radic, S. (2015). Uso de percepción remota y SIG en la selección de sitios de muestreo de suelos para la Región de Magallanes. *Agro Sur*, 43(2), 65–76. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2015.v43n2-08>
- PRADO ORTEGA, ELENA & JIMENEZ MICHAVILA, M. (n.d.). *Metadatos de teledetección. el día después*.
- Romero-Ruiz, M. H., Flantua, S. G. A., Tansey, K., & Berrio, J. C. (2012). Landscape transformations in savannas of northern South America: Land use/cover changes since 1987 in the Llanos Orientales of Colombia. *Applied Geography*, 32(2), 766–776. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.08.010>
- Salinas-Castillo, W. E., Terrazas-Ruiz, M., Mora-Olivo, A., & Paredes-Hernández, C. U. (2020). Análisis multitemporal de cambios de uso de la tierra en San Fernando, Tamaulipas, durante el periodo 1987 a 2017. *CienciaUAT*, 14(2), 160. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i2.1298>
- Sarr, F. A. (2006). *Sistemas de Información Geográfica*. Universidad de Murcia.
- Skrypnychuk Untilov, I. (2015). *Análisis de la severidad y la regeneración vegetal mediante imágenes de satélite en el incendio de Sierra de Luna* (2015). 2015, 47. <http://zaguan.unizar.es/record/58809/files/TAZ-TFG-2016-4945.pdf>

Soleimannejad, L., Ullah, S., Abedi, R., Dees, M., & Koch, B. (2019). Evaluating the potential of sentinel-2, landsat-8, and irs satellite images in tree species classification of hyrcanian forest of iran using random forest. *Journal of Sustainable Forestry*, 38(7), 615–628.

<https://doi.org/10.1080/10549811.2019.1598443>

TORRES, J. P. V. (2017). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LAS COBERTURAS Y USOS DEL SUELO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA- PRODUCTORA "CASABLANCA" EN MADRID CUNDINAMARCA ENTRE LOS AÑOS 1961 Y 2015: APORTES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPAL* (Vol. 6). UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

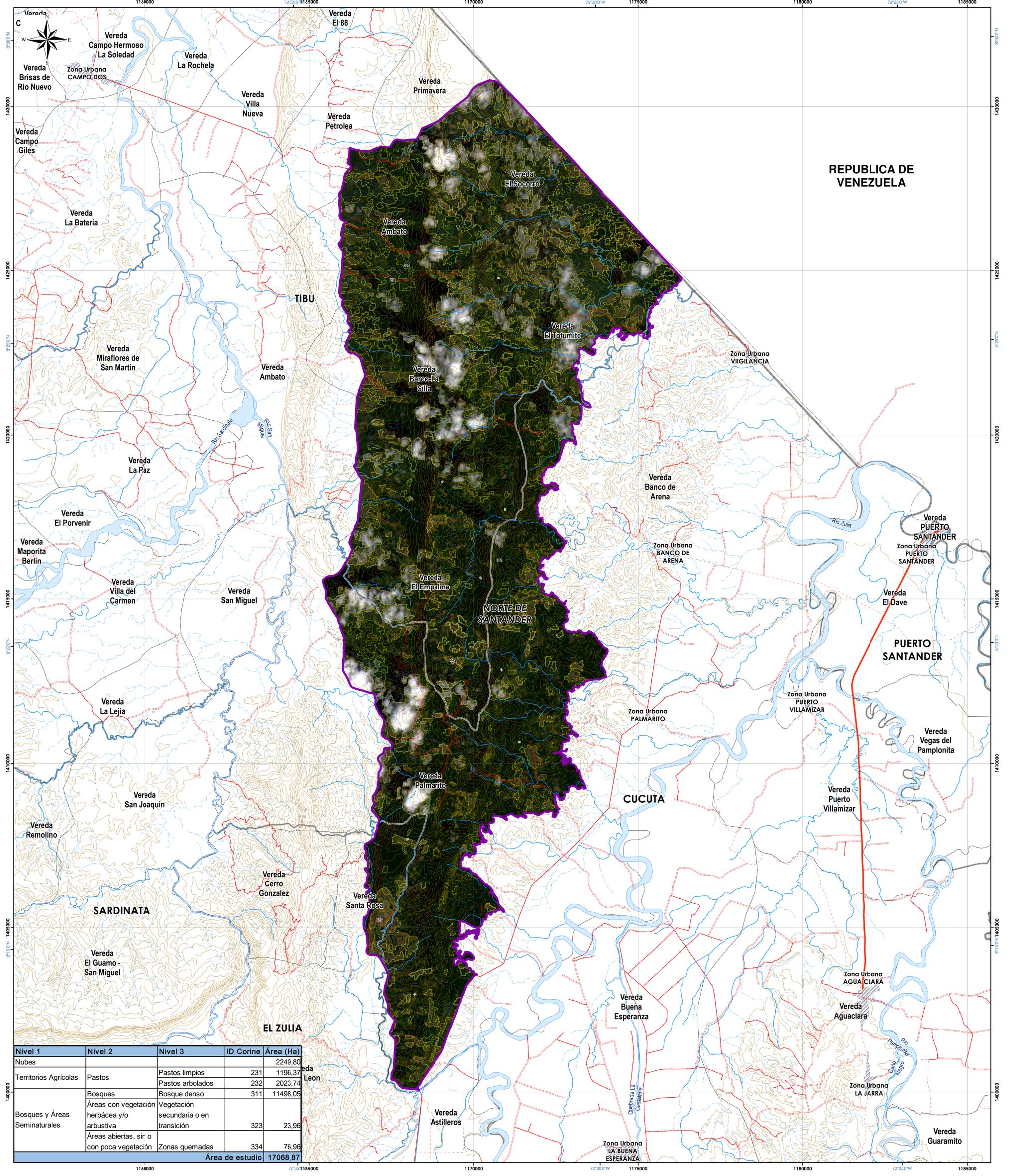
User Guides - Sentinel-2 MSI - Sentinel Online. (n.d.). Retrieved May 25, 2020, from <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>

Wang, Q., Blackburn, G. A., Onojeghuo, A. O., Dash, J., Zhou, L., Zhang, Y., & Atkinson, P. M. (2017). Fusion of Landsat 8 OLI and Sentinel-2 MSI Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(7), 3885–3899.

<https://doi.org/10.1109/TGRS.2017.2683444>

Zulia, C. de C. N. 286-2015: C. para el A. del P. de O. y M. de la C. H. del R. (2017). *Documento General POMCA_Rio_Zulia_1602* (Versión Fi, Issue Código 1602).

ANEXO 1 – MAPAS DE COBERTURAS

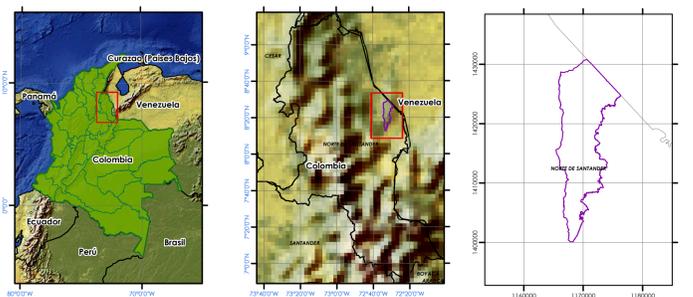


REPUBLICA DE VENEZUELA

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	ID Corine	Área (Ha)
Nubes				2249,80
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos limpios	231	1196,37
		Pastos arbolados	232	2023,74
Bosques y Áreas Seminatursales	Bosques	Bosque denso	311	11498,05
		Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	323	23,96
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Zonas quemadas	334	76,96
		Área de estudio		

Nombre: **MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA IMÁGEN SENTINEL 2020**

Escala: 1:45.000



CONVENCIONES GENERALES

Construcción Agua L	Zona Urbana	Zona Urbana
Canal Sencillo	Vereda	Vereda
Drenaje sencillo	Límite municipal	Límite municipal
Permanente	Departamentos	Departamentos
Intermitente	Curva nivel	Curva nivel
Drenaje doble	Índice	Índice
Ciénaga	Intermedia	Intermedia
Laguna	Zona Urbana	Zona Urbana
Pantano	Vereda	Vereda
	Límite de Vía Peatonal	Límite de Vía Peatonal
	Vía Tipo 1	Vía Tipo 1
	Vía Tipo 2	Vía Tipo 2
	Vía Tipo 3	Vía Tipo 3
	Vía Tipo 4	Vía Tipo 4
	Vía Tipo 5	Vía Tipo 5
	Vía Tipo 6	Vía Tipo 6

CONVENCIONES ESPECÍFICAS

Área de estudio - Palmarito
Cobertura Tierra Landsat
Imagen Landsat 8 - 2019-01-24
Red: Band 4
Green: Band 3
Blue: Band 2

CUADRO GENERAL DE COORDENADAS
 Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: MAGNA
 False Easting: 1.000.000.000
 False Northing: 1.000.000.000
 Central Meridian: -74,0775
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 4,5962
 Units: Meter

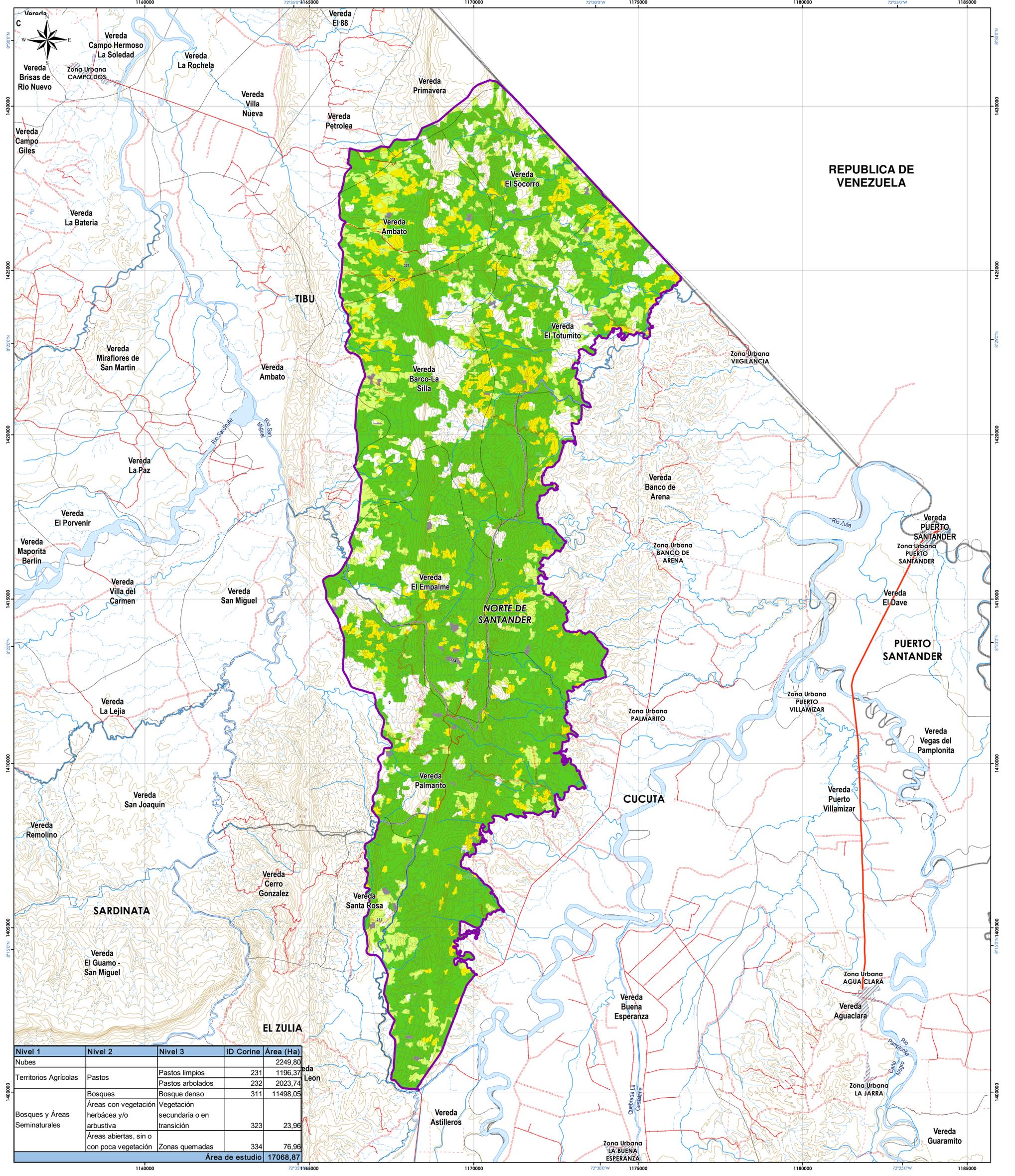
FUENTE
 USGS Earth
 ESA
 IGAC
 DANE

Fecha: 25 de Mayo de 2020

Revisado VoBo/Aprobó: Especialización en Sistemas de Información Geográfica - Universidad Antonio Nariño

Elaborado por: Andres Beltrán, Ignacio Oyola

Plano 1 de 1

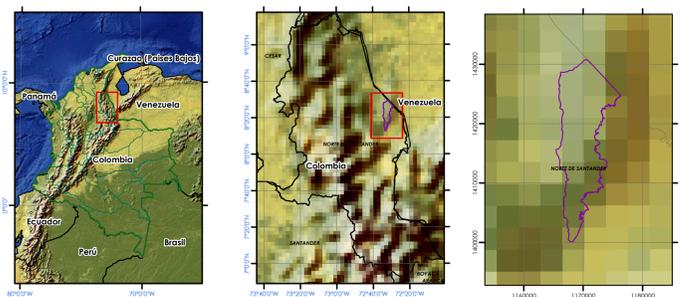


REPUBLICA DE VENEZUELA

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	ID Corine	Área (Ha)	
Nubes				2249,80	
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos limpios	231	1196,37	
		Pastos arbolados	232	2023,74	
Bosques y Áreas Seminatursales	Bosques	Bosque denso	311	11498,05	
		Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	323	23,96	
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Vegetación secundaria o en transición			
		Zonas quemadas	334	76,96	
Área de estudio				17068,87	

Nombre: MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA IMÁGEN SENTINEL 2020

Escala: 1:45.000
0 0,75 1,5 3 4,5 6 Km



- ### CONVENCIONES GENERALES
- Construcción Agua L
 - Canal Sencillo
 - Drenaje sencillo
 - Drenaje doble
 - Ciénaga
 - Laguna
 - Pantano
 - Zona Urbana
 - Vereda
 - Límite municipal
 - Departamentos
 - Curva nivel
 - Índice
 - Intermedia
 - Vía
 - Camino, Sendero
 - Límite de Vía Peatonal
 - Vía Tipo 1
 - Vía Tipo 2
 - Vía Tipo 3
 - Vía Tipo 4
 - Vía Tipo 5
 - Vía Tipo 6

- ### CONVENCIONES ESPECÍFICAS
- Área de estudio - Palmarito
 - Cobertura Tierra Landsat
 - Cobertura Tierra - Landsat 8 2019
 - 0 - Nubes
 - 231 - Pastos limpios
 - 232 - Pastos arbolados
 - 311 - Bosque denso
 - 323 - Vegetación secundaria
 - 334 - Zonas quemadas

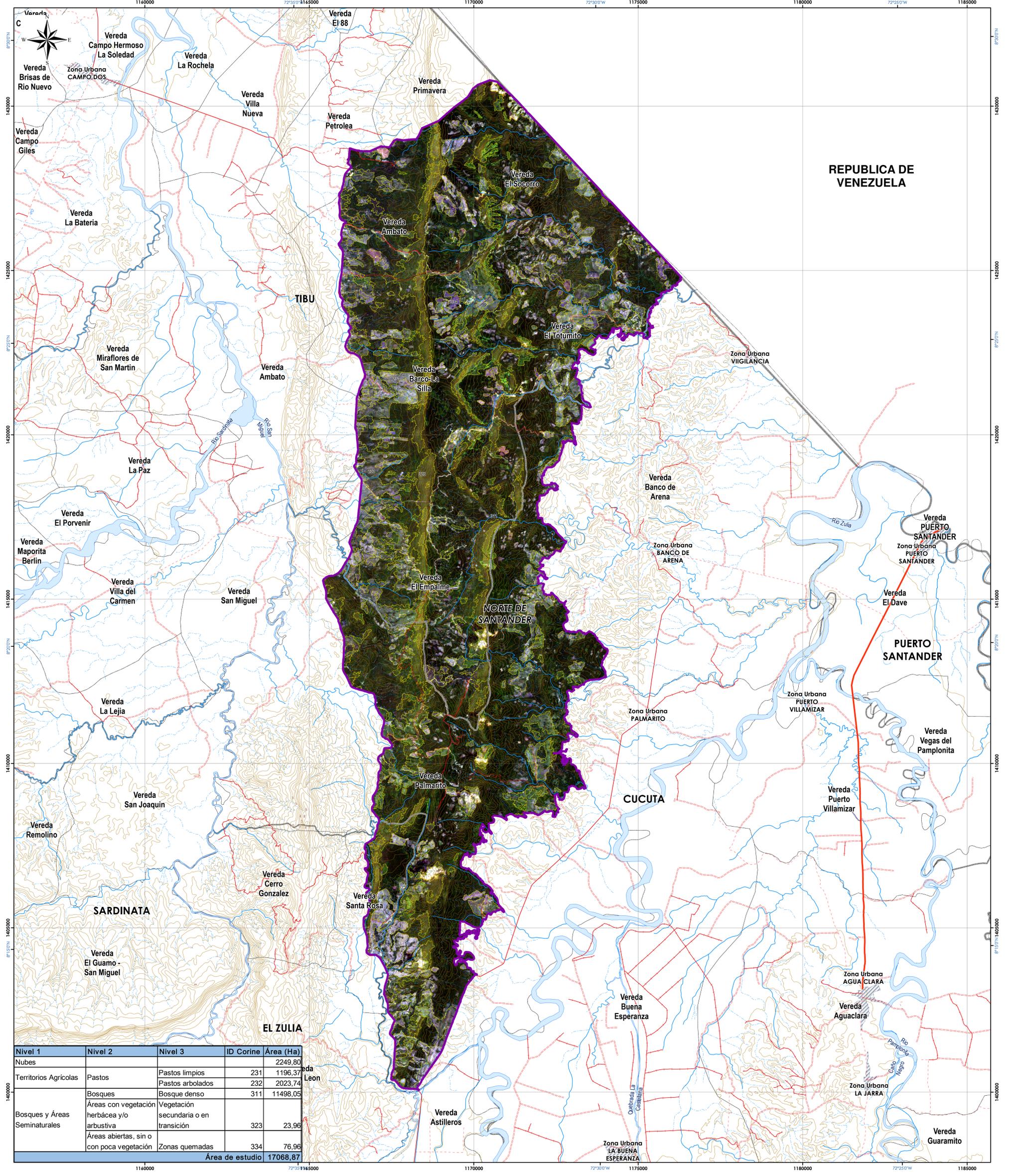
CUADRO GENERAL DE COORDENADAS
 Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: MAGNA
 False Easting: 1.000.000.000
 False Northing: 1.000.000.000
 Central Meridian: -74,0775
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 4,5962
 Units: Meter

FUENTE
 USGS Earth
 ESA
 IGAC
 DANE

Fecha: 25 de Mayo de 2020

Revisado VoBo/Aprobó: Especialización en Sistemas de Información Geográfica - Universidad Antonio Nariño
 Elaborado por: Andres Beltrán, Ignacio Oyola

Plano 1 de 1

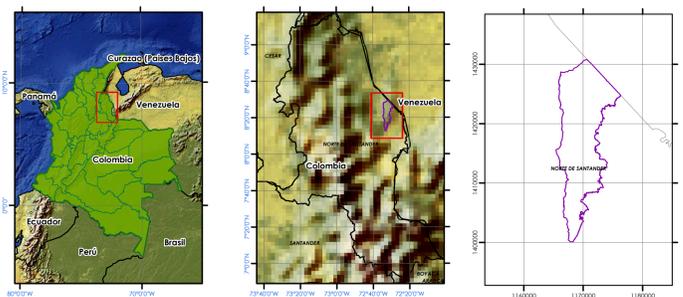


REPUBLICA DE VENEZUELA

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	ID Corine	Área (Ha)
Nubes				2249,80
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos limpios	231	1196,37
		Pastos arbolados	232	2023,74
Bosques y Áreas Seminatursales	Bosques	Bosque denso	311	11498,05
		Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	323	23,96
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Vegetación secundaria o en transición		
		Zonas quemadas	334	76,96
Área de estudio				17068,87

Nombre: **MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA IMÁGEN SENTINEL 2020**

Escala: 1:45.000



CONVENCIONES GENERALES

Construcción Agua L	Zona Urbana	Camino, Sendero
Canal Sencillo	Vereda	Limite de Vía Peatonal
Drenaje sencillo	Limite municipal	Vía Tipo 1
Drenaje doble	Departamentos	Vía Tipo 2
Ciénaga	Curva nivel	Vía Tipo 3
Pantano	Índice	Vía Tipo 4
	Intermedia	Vía Tipo 5
		Vía Tipo 6

CONVENCIONES ESPECIFICAS

Área de estudio - Palmarito
Cobertura Tierra Landsat
Imagen sentinel - 2020-03-06
Red: Band 4
Green: Band 3
Blue: Band 2

CUADRO GENERAL DE COORDENADAS
 Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: MAGNA
 False Easting: 1.000.000.0000
 False Northing: 1.000.000.0000
 Central Meridian: -74,0775
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 4,5962
 Units: Meter

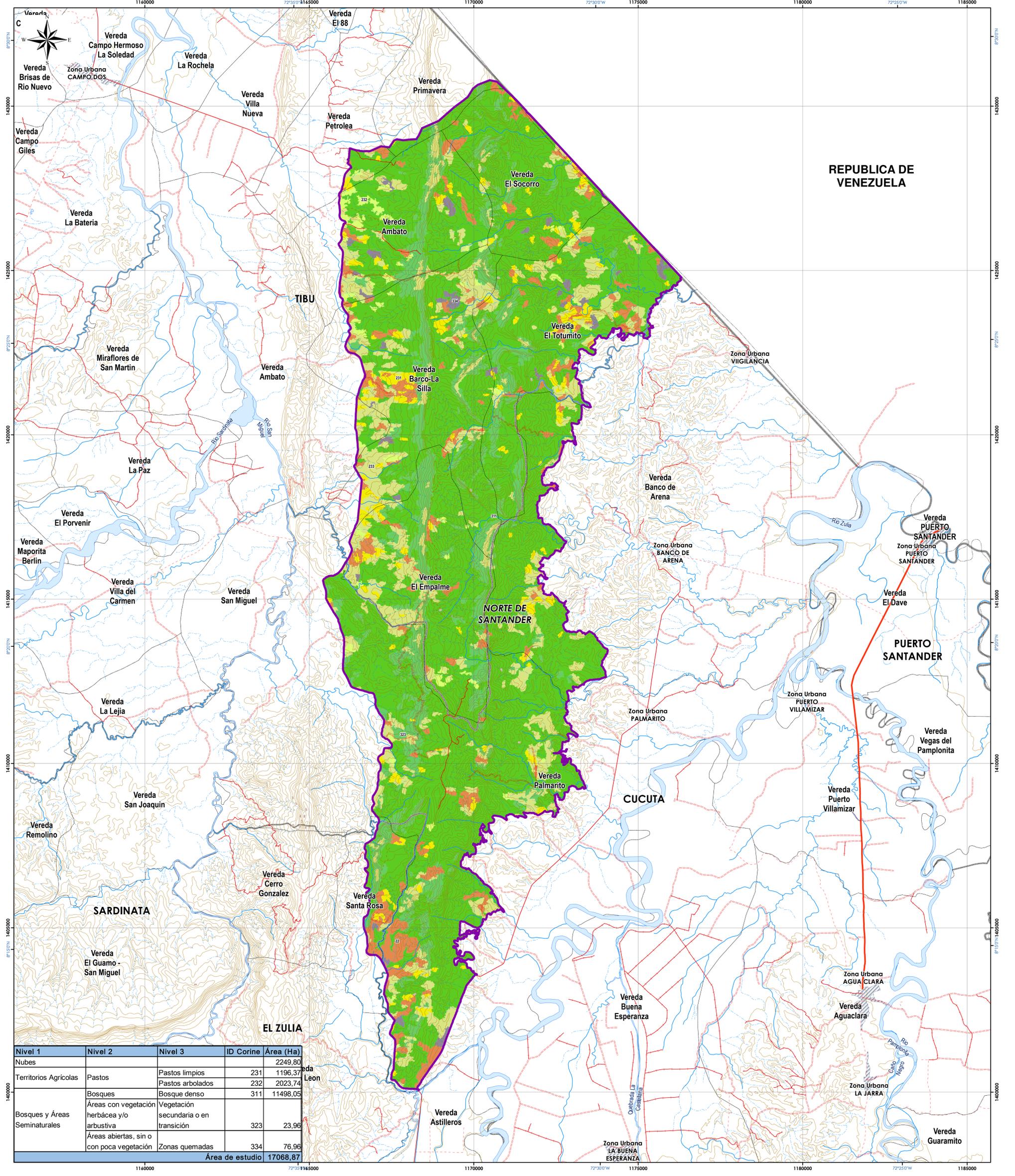
FUENTE
 USGS Earth
 ESA
 IGAC
 DANE

Fecha: 25 de Mayo de 2020

Revisado VoBo/Aprobó: Especialización en Sistemas de Información Geográfica - Universidad Antonio Nariño

Elaborado por: Andres Beltrán, Ignacio Oyola

Plano 1 de 1



REPUBLICA DE VENEZUELA

NORTE DE SANTANDER

CUCUTA

PUERTO SANTANDER

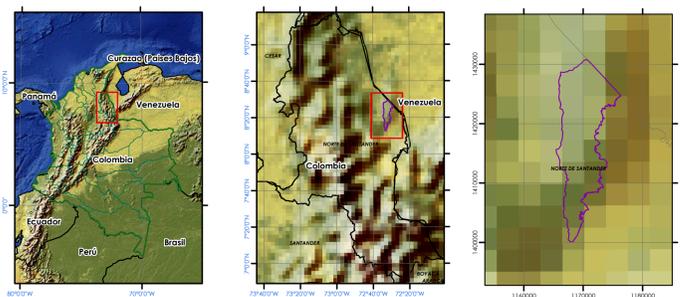
SARDINATA

EL ZULIA

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	ID Corine	Área (Ha)	
Nubes				2249,80	
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos limpios	231	1196,37	
		Pastos arbolados	232	2023,74	
Bosques y Áreas Seminatursales	Bosques	Bosque denso	311	11498,05	
		Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	323	23,96	
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Vegetación secundaria o en transición			
		Zonas quemadas	334	76,96	
Área de estudio				17068,87	

Nombre: MAPA DE COBERTURAS DE LA TIERRA IMÁGEN SENTINEL 2020

Escala: 1:45.000
0 0,75 1,5 3 4,5 6 Km



- ### CONVENCIONES GENERALES
- Construcción Agua**
 - Construcción Agua L
 - Canal Sencillo
 - Drenaje sencillo**
 - Permanente
 - Intermitente
 - Drenaje doble
 - Ciénaga
 - Laguna
 - Pantano
 - Curva nivel**
 - Índice
 - Intermedia
 - Zona Urbana**
 - Zona Urbana
 - Vereda
 - Límite municipal
 - Departamentos
 - Vía**
 - Camino, Sendero
 - Límite de Vía Peatonal
 - Vía Tipo 1
 - Vía Tipo 2
 - Vía Tipo 3
 - Vía Tipo 4
 - Vía Tipo 5
 - Vía Tipo 6

- ### CONVENCIONES ESPECÍFICAS
- Área de estudio - Palmarito
 - Cobertura Tierra Landsat
 - Cobertura Tierra - Sentinel 2020**
 - 22 - Cultivos
 - 231 - Pastos limpios
 - 232 - Pastos arbolados
 - 233 - Pastos enmezados
 - 311 - Bosque denso
 - 323 - Vegetación secundaria
 - 334 - Zonas quemadas

CUADRO GENERAL DE COORDENADAS
 Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: MAGNA
 False Easting: 1.000.000.0000
 False Northing: 1.000.000.0000
 Central Meridian: -74,0775
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 4,5962
 Units: Meter

FUENTE
 USGS Earth
 ESA
 IGAC
 DANE