

**EVALUACION DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y AMPLIACION DE LA
FRONTERA AGRICOLA EN LOS MUNICIPIOS DE TUNJA, SORACA Y
SIACHOQUE, MEDIANTE EL ANALISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES
POR SATELITE**

LUDY PAOLA MARTINEZ PACHECO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUIMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2016**

**EVALUACION DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y AMPLIACION DE LA
FRONTERA AGRICOLA EN LOS MUNICIPIOS DE TUNJA, SORACA Y
SIACHOQUE, MEDIANTE EL ANALISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES POR
SATELITE**

LUDY PAOLA MARTINEZ PACHECO

**Monografía para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**Director
ING. MARTHA CRISTINA FORERO UZAHETA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2016**

Ni la Universidad Industrial de Santander, ni los jurados se hacen responsables de los conceptos expuestos en el presente documento.

Eternas Gracias:

A Dios por regalarme la vida, para poder subir un peldaño más en mi vida profesional.

A mis padres por alentarme y motivarme, a seguir siempre adelante.

A Luis Andrés por ser mi motor, mi compañero de vida y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Edgar Rene Muñoz Díaz, por compartir su conocimiento y brindarme la información para poder desarrollar mi idea.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE)/ DPI de Brasil por generar una herramienta de uso libre para aplicación de SIG en agricultura, bosques, gestión ambiental, geografía, geología, planeamiento urbano y regional.

Al Ingeniero Richard Díaz Guerrero, por su orientación y paciencia en todo mi proceso de formación en y el cambio hacia la ciudad de Bogotá

.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	16
1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	17
2. DESCRIPCIÓN DE COBERTURAS EXISTENTES.....	22
2.1 Formaciones vegetales en el municipio Soracá según clasificación por Zonas de Vida	22
2.2 Formaciones vegetales en el municipio Siachoque según clasificación por Zonas de Vida.....	24
2.3 Formaciones vegetales en el municipio Tunja según clasificación por Zonas de Vida	26
2.4 Coberturas existentes en la zona de estudio según Metodología Corine Land Cover	27
2.5 Cultivos Transitorios.....	27
2.6 Cultivos Permanentes	29
2.7 Pastos.....	30
2.8 Áreas Agrícolas Heterogéneas	31
2.9 Bosque de galería y ripario	32
2.10 Herbazal denso de tierra firme no arbolado	33
3. METODOLOGÍA DE CAPTURA Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.....	34
3.1 Captura de imágenes.....	34
3.2 Procesamiento de imágenes.....	35
4. ANÁLISIS EN EL CAMBIO DEL USO DEL SUELO Y COBERTURA.....	40
5. CONCLUSIONES	43
6. RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45
ANEXOS.....	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de Condiciones climáticas de la región 1981- 2010.....	18
Tabla 2. Tabla zonas de vida presentes en el área de estudio.....	26
Tabla 3. Tabla resumen de las coberturas para territorios agrícolas encontradas en la zona de estudio.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización de los municipios.....	17
Figura 2 Localización en Imagen satelital	17
Figura 3. Imagen satelital Actividad agrícola aledaña a zona de paramo.....	21
Figura 4. Cobertura de tubérculos Papa Municipio de Siachoque.....	28
Figura 5. Pastos Enmalezados municipio de Soracá	30
Figura 6. Bosque de Galeria cerca a casco urbano de Siachoque.....	32
Figura 7. Captura en pantalla del Aplicativos SAS.Planet.Release.160707	34
Figura 8. Captura en pantalla SAS.Planet opciones de descarga.....	35
Figura 9. Captura en pantalla Adquisición de imagen SPRING con herramienta Impima	35
Figura 10. Imagen de área más específica para trabajar en SPRING.....	36
Figura 11. Creación de coberturas.....	37
Figura 12. Proceso para clasificación de coberturas.....	38
Figura 13. Imagen Procesada de bosques y Cultivos Imagen Actual.....	38
Figura 14. Imagen Procesada de bosques y Cultivos Imagen Antigua.....	39
Figura 15. Imagen original de Bosques y Cultivos	39
Figura 16. Imágenes comparativas entre la misma zona 1970 – 2016.....	40
Figura 17. Imagen comparativa Zona de paramo vereda Firatoque Municipio de Siachoque.....	41

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Mapa de zonas de Vida Municipio de Tunja	47
ANEXO B. Imagen Satelital Municipio de Tunja.....	48
ANEXO C. Imagen Satelital Municipio de Soracá	49
ANEXO D. Imagen Satelital Municipio de Siachoque	50

GLOSARIO

ANÁLISIS MULTITEMPORAL: Es un análisis de tipo espacial que se realiza mediante la comparación de las coberturas vegetales interpretadas en dos imágenes de satélite o en mapas, de un mismo lugar en diferentes fechas y que permite evaluar los cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificadas.

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

FRONTERA AGRÍCOLA: Es el límite que divide el suelo dedicado a actividades de agricultura y ganadería. Y los suelos y ecosistemas que aún se mantienen como áreas naturales intactas. Debido a la presión de las poblaciones humanas, esta frontera avanza cada vez más hacia las áreas naturales.

IMÁGENES SATELITALES: Son matrices de celdas llamadas píxeles, formadas por un determinado número de filas y columnas. Cada una de esas celdas representa un área geográfica indivisible, determinando así el detalle espacial mínimo que se puede distinguir dentro de la imagen. El tamaño de la superficie que puede ser representada (es decir el tamaño del píxel), varía dependiendo del satélite y de los sensores que tomen la imagen.

USO DEL SUELO: Es el uso que los seres humanos hacen de la superficie terrestre. El uso del suelo abarca la gestión y modificación del medio ambiente natural para convertirlo en un ambiente productivo tal como campos de sembradío, pasturas y asentamientos humanos.

CONFLICTO DE USO: Es el resultado de comparar el uso actual con el uso potencial. Lo cual permite identificar la necesidad de ejecutar cambios en el uso de las tierras en intensidad, tipo y extensión. Los conflictos se clasifican como adecuado, subutilizado y sobreutilizado. En el uso adecuado, el uso actual no causa deterioro ambiental, lo cual permite mantener actividades adecuadas y concordantes con la capacidad productiva natural de las tierras. En la subutilización, el uso actual es menos intenso en comparación con la mayor capacidad productiva de las tierras, razón por la cual no cumplen con la función social y económica establecida. Y finalmente en la sobreutilización el uso actual

dominante es más intenso en comparación con la vocación de uso principal natural asignado a las tierras, de acuerdo con sus características agroecológicas por tanto causa deterioro del recurso suelo.

USO POTENCIAL DEL SUELO: Es el uso más intensivo que puede soportar el suelo, garantizando una producción agropecuaria sostenida y una oferta permanente en el tiempo de bienes y servicios ambientales, sin deteriorar los recursos naturales.

RESUMEN

TITULO: EVALUACION DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y AMPLIACION DE LA FRONTERA AGRICOLA EN LOS MUNICIPIOS DE TUNJA, SORACA Y SIACHOQUE, MEDIANTE EL ANALISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES POR SATELITE*

Autor: MARTINEZ PACHECO, Ludy Paola**

Palabras Claves: Análisis multitemporal, Cobertura vegetal, Frontera agrícola, Perdida de ecosistemas.

La ampliación de la frontera agrícola, es una grave problemática que genera un cambio en el uso del suelo lo cual causa una peligrosa alteración de los ecosistemas por tanto genera un desequilibrio ecológico.

Esta problemática ha venido en aumento, lo cual contribuye a una degradación progresiva del recurso suelo y la perdida de ecosistemas con la consecuente pérdida de biodiversidad.

Los municipios de Tunja Soraca y Siachoque en el departamento de Boyacá, por tradición han tenido producción agropecuaria, en muchas ocasiones sin tener en cuenta la sensibilidad ambiental de los ecosistemas donde se desarrollan dichas actividades.

El mayor problema es el uso del suelo en ecosistemas estratégicos, cuyo único requerimiento es mantener la cobertura vegetal necesaria, para cumplir con las funciones de captación y regulación del recurso hídrico, son áreas que se encuentran actualmente en sobreuso, quemas, contaminación por agroquímicos, es necesario limitar la progresión de estas actividades y destinar el área para la función de áreas de manejo especial para la producción de agua.

Mediante el análisis de imágenes satelitales se puede observar e identificar como ha sido históricamente el avance de las actividades agropecuarias permitiendo así una identificación de los impactos por el cambio en el uso de suelo, la cobertura vegetal presente y así poder generar estrategias de sensibilización que permitan el adecuado uso del recurso suelo y la protección de ecosistemas naturales enmarcados en una producción responsable con el medio ambiente.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director: Ing. Martha Cristina Forero Uzaheta

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION OF CHANGE IN LAND USE AND EXPANSION OF AGRICULTURAL FRONTIER IN THE MUNICIPALITIES OF TUNJA, SORACÁ AND SIACHOQUE, THROUGH ANALYSIS MULTI TEMPORARY FROM SATELLITE IMAGERY*

Author: MARTINEZ PACHECO Ludy Paola **

Key words: Multitemporal analysis, Land cover, Agricultural frontier, Loss of ecosystems

The expansion of the agricultural frontier is a serious problem that generates a change in land use which causes a dangerous disruption of ecosystems thus generates an ecological imbalance.

This problem has been increasing which contributes to a progressive degradation of soil resources and the loss of ecosystems and the consequent loss of biodiversity.

The municipalities of Tunja, Soracá and Siachoque in the department of Boyaca, have traditionally been agricultural production, often without considering the environmental sensitivity of the ecosystems where they thrive such activities

The biggest problem is the use of land in strategic ecosystems, whose only requirement is to maintain the necessary vegetation cover, to fulfill the functions of collection and regulation of water resources, are areas that are currently in overage of, burning, agrochemical pollution, it is necessary to limit the progression of these activities and to allocate the area for the function of special management areas for the production of water.

By analyzing satellite images you can be seen and identify as has historically been the advancement of agricultural activities thus enabling identification of the impacts of the change in land use, vegetation cover presented and thus to generate awareness strategies that enable the proper use of land resources and protection of natural ecosystems framed in a responsible production environment.

* Graduation project

** Faculty of Physicochemical Engineering. Chemical Engineering School. Specialization in Environmental Engineering. Director: Ing. Martha Cristina Forero Uzaheta

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola en áreas de conservación ambiental ha afectado considerablemente la calidad de los suelos. La ocupación y utilización de este territorio requiere una planificación y ordenamiento riguroso, que ubique las actividades agropecuarias acorde con su capacidad, Cada una de las zonas de Colombia ha aprovechado sus tierras, climas y ecosistemas para cultivar parcelas o criar todo tipo de ganado, sin tener respeto alguno por las áreas de conservación ambiental como lo son los páramos, cuerpos de agua, humedales y bosques; en pocas palabras, la agricultura y la ganadería en el país han acabado, afectado seriamente y hasta liquidado la biodiversidad.

Colombia presenta una gran fragilidad asociada a las fuertes pendientes y áreas prioritarias para la para la conservación. En nuestro territorio se evidencia presión de los sistemas agropecuarios sobre los servicios ambientales del suelo, especialmente la biodiversidad y el recurso hídrico.

Los municipios del centro de Boyacá, como Tunja, Soracá y Siachoque que históricamente se han dedicado a la producción agropecuaria han perjudicado ecosistemas como páramos y ríos, para sacarle provecho al suelo con diferentes cultivos, en especial papa y otras hortalizas, Estas prácticas agropecuarias no han sido correctamente evaluadas y se ejecutan en su mayoría sin ningún tipo de control, ni respeto por la verdadera vocación del suelo, lo cual ha afectado los ecosistemas aledaños.

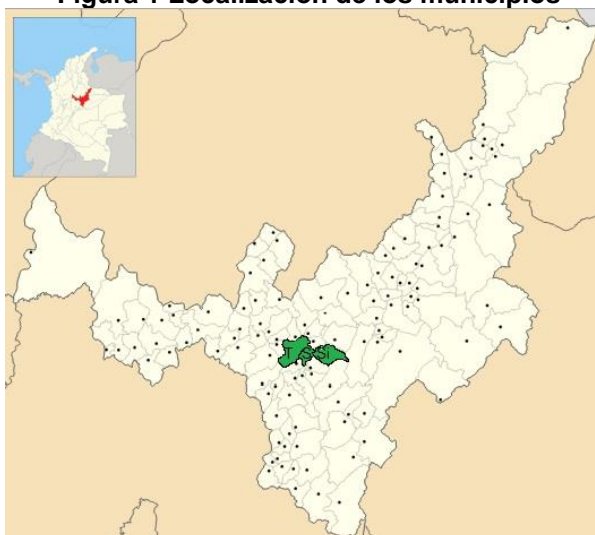
La transformación de los ecosistemas no se presenta de manera homogénea en los diferentes territorios, sino, a través de patrones de fragmentación, que forman parches o relictos, cuyo nivel de impacto depende del tipo de sistema productivo o extractivo, la intensidad y selectividad de uso de los recursos, la duración de la intervención y las selecciones que ocurran.

Por tanto se debe evaluar cómo ha sido el cambio del uso de suelo por la ampliación de la Frontera Agrícola mediante, con el fin de identificar el impacto ambiental generado y así generar herramientas de gestión que permutan un uso más sostenible de la actividad agropecuaria.

1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

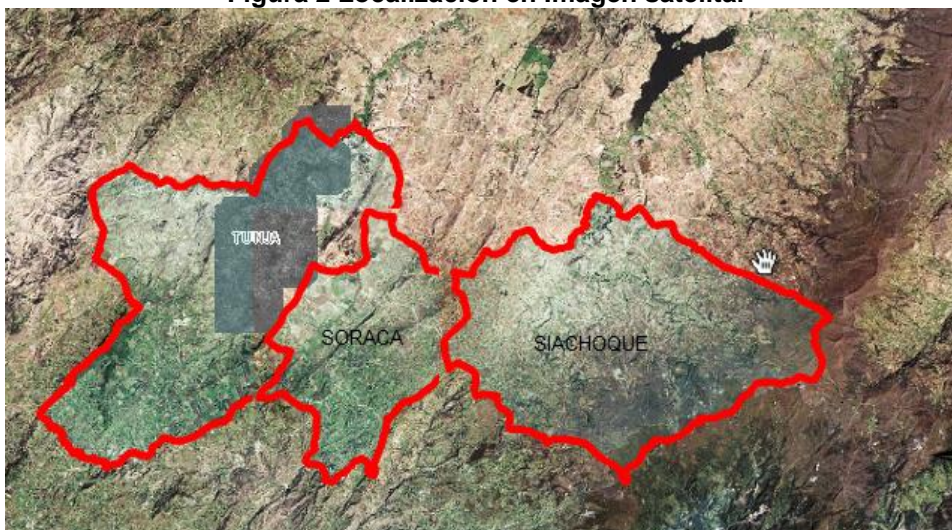
Los municipios de Tunja, Soracá y Siachoque se encuentran localizados en la zona centro del departamento de Boyacá. Se encuentran situados sobre la cordillera oriental de los Andes, empezando con Tunja a 130 km al noreste de la ciudad de Bogotá, estos municipios fueron escogidos por su tradición histórica frente al cultivo de papa y otras hortalizas.

Figura 1 Localización de los municipios



Fuente: WIKIPEDIA. [en línea], TUNJA, [consultado el 28 de octubre de 2016], Obtenido de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/18/Colombia_-_Boyaca_-_Tunja.svg

Figura 2 Localización en Imagen satelital



Fuente: Google Earth. [en línea], TUNJA, [consultado el 28 de octubre de 2016], Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>

Tabla 1. Tabla de Condiciones climáticas de la región 1981- 2010

HUMEDAD RELATIVA (%)												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
75	75	76	80	82	83	83	82	79	79	80	78	79

BRILLO SOLAR (Horas/día)												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
7.4	6.8	5.6	4.7	4.4	4.4	4.7	4.9	5.1	5.0	5.4	6.6	5.4

TEMPERATURA MEDIA (°C)												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
13.3	13.6	13.9	13.8	13.5	12.7	12.2	12.3	12.7	13.2	13.4	13.2	13.1

PRECIPITACIÓN (mm)												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
18.1	27.4	53.5	81.3	85.2	55.0	49.1	40.2	50.0	86.0	73.9	32.8	652.5

NUMERO DE DÍAS CON LLUVIA												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
5	8	12	17	19	19	19	18	16	18	16	9	177

Fuente: IDEAM (2014), Estación Meteorológica Principal Tunja, UPTC

En el municipio de Tunja predomina el sistema de monocultivo y la variedad más sembrada es la Diacol Capiro o R12, la zona de producción del cultivo de papa se encuentra a una altura promedio de 2780 msnm¹. La actividad agropecuaria se centra en las zonas rurales, es decir en las 10 veredas de Tunja, a saber: Barón Germania, Barón Gallero, La Hoya, La Lajita, Chorro Blanco, Runta, Tras del Alto, Pirgua, La Esperanza y El Porvenir.

En el municipio de Soracá el uso del suelo está dado en un 60% al sector agrícola principalmente el cultivo de papa en rotación con cultivo de arveja, el 30 % al pastoreo mediante prácticas de manejo intensivo con pastos no manejados un 10% a otros usos, esta situación refleja que el sistema de producción del municipio es netamente agropecuario, con manejo tradicional y un elevado uso de productos agroquímicos, y con consecuencias sobre los ecosistemas debido a implementación del monocultivo. En general en el municipio de Soracá, se halla cobertura de pastos junto a cultivos especialmente la papa, maíz y otros en menor área como cebada, hortalizas, entre otros. Estas herbáceas son empleadas para la ganadería cuando se deja descansar el terreno después de las cosechas. En Soracá casi la totalidad de su cobertura natural, de la cual todavía se aprecia en

¹ Alvarado Álvaro, Serrano Pablo, Pérez Carmenza. Caracterización de las zonas sensibles a heladas en el cultivo de papa en Boyacá. Ciencia y Agricultura Vol 5 No2, Nov 2007 p29-38.

sectores, ha venido siendo poco a poco extinguida dando paso a los cultivos y a la ganadería; en zonas como el sitio “El Empalme” se observa que hace mucho tiempo fue un área de cobertura nativa de importancia. Los pocos relictos boscosos o “parches” de vegetación natural se ubican en lomas de difícil labor agrícola y pecuaria; aunque hay que aclarar que en Soracá, este tipo de terrenos son usados para la agricultura ampliando cada vez más la frontera agrícola y reduciendo los pocos espacios naturales que quedan. Un caso típico de esta situación es en la “Plazuela del Diablo”, ubicada en la vereda de Quebrada Grande; allí el desprevenido visitante al recorrer este sitio, antes de llegar al lugar donde se ubican los “Tejos del Diablo” la primera visión son frailejonales a su lado derecho; pero al terminar la cima en el sitio de la “Plazuela”, se encuentra con que al lado de los frailejonales están los cultivos de papa, reemplazando a la vegetación que antes existía allí. Una gran cantidad de terreno es dedicada a pastos para el ganado y existe también cobertura arbórea de Pinos y Eucaliptos. Hay zonas de arbustales y de herbáceas en una misma unidad de uso. Algunos parches naturales de vegetación, están tratando de no ser alterados, pues aquí se ubican algunos nacimientos que surten acueductos veredales, pero el proceso degenerativo de la cobertura natural es muy acelerado, por lo que las acciones deben estar enfocadas a soluciones eficaces y oportunas. El sistema de producción del municipio de Soracá, es netamente agropecuario, con un manejo tradicional en la mayoría de los casos (técnicas de herencia), pero con contrastes grandes en cuanto a producción y tenencia de la tierra.²

Para el municipio de Siachoque La forma de producción agrícola principal es la agricultura tradicional y de transición, los cultivos se realizan con baja tecnología, con alta dependencia de fertilizantes químicos que encarecen los costos de producción y el control fitosanitario se realiza con la aplicación de innumerables productos químicos que de igual manera aumentan los costos de producción y generan un desequilibrio dañino para el medio ambiente; agravado esto con la falta de planificación en las cantidades de siembras y sin prever el volumen de su producción genera sobreoferta en el mercado con la consecuente caída de los precios. Los cultivos más representativos en el Municipio, son en su orden, papa, cebolla de bulbo, cebada, maíz, trigo, arveja, haba y algunos pocos ensayos con quinua, entre otros cultivos. Se presenta que de la totalidad de la superficie municipal, el 87% (4.273 Ha) corresponde a un área dedicada a cultivos agrícolas, el 9% (442 Ha) es un área dedicada a bosques y el restante 4% (196 Ha) es dedicado a otros usos³.

Los páramos en el municipio de Siachoque, ocupan un gran porcentaje de su territorio en veredas de Cormechoque arriba, San José, Firaya y Tocavita límite con

² EOT municipio de Soraca

³ Plan de desarrollo municipal 2016-2019. Municipio de Siachoque

tierras del municipios de Toca, Pesca y Rondón y se encuentran, a partir de 3100 hasta los 3700 m.s.n.m. en donde predominan condiciones especiales de altas montañas; son zonas sometidas a bruscos cambios, frías y húmedas, generalmente cubiertas de niebla o sujetas a constantes precipitaciones y fuertes vientos; los anteriores fenómenos alternan con días claros de intensa radiación; las noches son siempre frías en las partes más elevadas con nevadas muy frecuentes. El suelo generalmente permanece saturado de agua; en muchas zonas hay pantanos como cuenca alta de la quebrada la porquera, cuenca alta quebrada Firaya, pantano colorado, pantano del diablo entre otros, con sectores de bosques altoandinos matorrales bajos, entre los 2950 a 3200 m.s.n.m., seguidamente domina el ecosistema de páramo hasta los 3700 m.s.n.m. parte más alta hacia municipio de Pesca, donde hay permanentes turberas con elevado grado de acidez, suelos profundos y medianamente estables.

El régimen de lluvia para este municipio es bimodales bajo estas condiciones imperantes de precipitación se presenta un volumen alto de agua, para que se produzca la alteración química en un tiempo corto, pero por las bajas temperaturas reinantes hacen que las reacciones se han lentas. La temperatura promedio anual es inferior a 10 grados centígrados por debajo de los 3000 m.s.n.m, e inferior a 6 grados centígrados por encima de esta altitud.

La evapotranspiración real es baja, mientras que la humedad relativa es variable y de carácter estacional (máxima en época de lluvias y mínima en estaciones secas). Siachoque posee parte de esta región hacia el sur, cuyas temperaturas oscilan entre 0° y 12°C de las horas de la tarde al amanecer⁴.

En estas zonas productoras, la precipitación promedio anual está entre 700 y 2.000 mm al año, con dos períodos típicos de lluvias durante los meses de febrero a mayo y de septiembre a noviembre, temperatura promedio anual de entre 12 y 18°C, humedad relativa entre 70% y 90% y posibilidades de heladas en los meses de diciembre a febrero. Los ecosistemas característicos de estas franjas son montaña y páramo dentro del sistema alto andino.

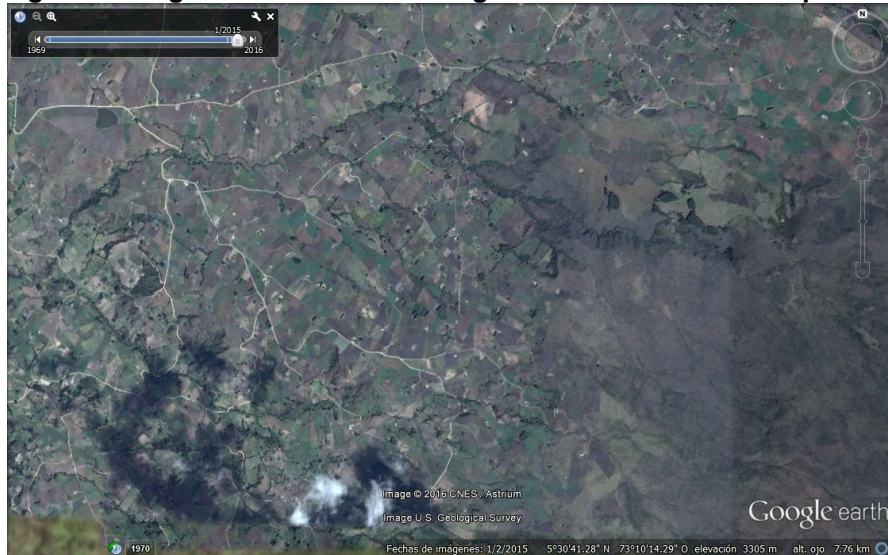
Los tres municipios cuentan con zonas de páramo el cual es un ecosistema en el cual las condiciones ambientales son drásticas y por consiguiente opera un tipo de selección abiótica. Un conjunto de factores climáticos, edáficos y geomorfológicos condicionan la presencia de los organismos que han logrado adaptarse a estos ambientes extremos.

El Clima en las regiones paramunas es muy variado, en cuanto a la lluvia, luminosidad, duración de horas luz durante el día, e incidencia de la radiación

⁴ EOT municipio de Siachoque Boyacá 2001 - 2010

ultravioleta, El clima regional de los páramos está determinado en gran parte por la influencia de los vientos alisios del Nor-Este. La lluvia va desde 1000 mm. Hasta más de 1500 mm, La temperatura presente en la región y teniendo en cuenta los datos de estación Tunja-UPTC fluctúa de 11,4 °C temperatura mínima mensual promedios anuales, y máxima de 14.7°C anual; los meses que registran incremento en la temperatura son: febrero marzo y abril, octubre y noviembre; mientras que los meses que registran bajas temperaturas son mayo, junio, julio, agosto y septiembre como se registra en la gráfica correspondiente.

Figura 3. Imagen satelital Actividad agrícola aledaña a zona de paramo



Fuente: Google Earth. [en línea], TUNJA, [consultado el 28 de octubre de 2016], Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>

2. DESCRIPCIÓN DE COBERTURAS EXISTENTES

El concepto cobertura hace relación a los atributos que cubren la superficie de la tierra, como son la vegetación natural, bosques, pastos, cuerpos de agua, tierras eriales, construcciones e infraestructura, así mismo, el uso de la tierra se refiere a la actividad o empleo cultural que el hombre hace de las diferentes coberturas, de manera cíclica o permanente con el fin de satisfacer sus necesidades.

Teniendo en cuenta lo anterior, la cobertura vegetal puede ser definida como la parte superior terrestre cubierta por la proyección vertical de las plantas, la cual se considera como la expresión integral de la interacción entre factores bióticos y abióticos.

2.1 Formaciones vegetales en el municipio Soracá según clasificación por Zonas de Vida

En el municipio de Soracá, siguiendo el sistema de clasificación basado en la zona de vida propuesta por HOLDRIDGE se encuentran Tres (3) zonas de vida, correspondiente a: Bosque seco montano bajo (bs-MB), Bosque húmedo montano bajo (bh- MB), Páramo andino (P-a) = (Páramo Cuatrecasas).

- **Bosque Seco montano Bajo (bs-MB):** De considerable extensión aparece en correspondencia a altas planicies andinas y cañones un poco resguardados dentro de las cordilleras, sus condiciones climáticas generales son: biotemperatura media aproximada entre 12 y 18 grados centígrados, Promedio anual de lluvias de 500 a 800 mm, provincia de húmedad-subhúmedo, Altura desde los 2000 a 3000 msnm. Con variaciones de acuerdo a nivel local. La topografía corresponde a llanuras incrustadas en cimas de los andes, terrenos ondulados, abruptas laderas. y en otros paisajes.

Se puede observar esta formación vegetal en Puente Hamaca y Chaine. La vegetación está dada por intervención humana y el desarrollo agrícola el cual ha modificado profundamente los bosques nativos de esta zona del municipio de Soracá, la vegetación original, y posiblemente muchas especies nativas locales ya desaparecieron de la región y solo se presentan escasos arbustos y árboles esporádicos de lo que fue el bosque seco.

Las zonas del bs-MB están ocupadas en su mayor parte por concentración rural, urbana donde se desarrolla agricultura y actividades económicas y el equilibrio entre evapotranspiración y el agua de lluvia favorece la conservación de la fertilidad de los terrenos al no permitir el fuerte lavado de ellos. El clima es suave y agradable

donde aún se mantiene suelo y agua se puede desarrollar agricultura intensiva en zonas planas, onduladas y la ganadería con potreros.

La erosión se pone de manifiesto en muchos sitios del municipio de Soraca, y veredas límites con municipio de Chivata, vereda Puente hamaca, en esta zona se encuentran numerosas calvas en colinas y la pérdida laminar de suelos es frecuente, a causa de múltiples factores, pérdida de cobertura vegetal, vientos, manejo de aguas superficiales, manejo inadecuado de la agricultura, Explotación de recebo para vías y arena en menor escala entre otros. En esta región se han desarrollado los planes de rehabilitación y restauración con eucaliptos, acacias y pinos especies no muy apropiadas que conforman el anillo verde al rededor del municipio en laderas y colinas cercanas al a zona urbana.

- Bosque húmedo montano bajo (bh-MB). Se encuentra rodeando el bhMB de los piedemontes de las cordilleras y recibe la influencia de las montañas por el aumento de la lluvia, igual en partes altas de cañones que muestran sequedad ambiental en las partes bajas. Para el municipio de Soracá se encuentra la zona sur en límites con Viracachá vereda de Rominguirá, Cruz Blanca Faitoque. En esta zona se encuentra una gran diversidad de especies de árboles indicadores del bosque original como tunos, encenillos, raques, trompeto, espino, salvio, romero, juco o garrocho, mortiño, laurel, cucharo, uva camarona, pegamosco y mano de oso igual helechos, orquídeas y quichés. Fisionomicamente predominan estratos, Arbóreos, arbustivo y herbáceo; el epifitismo es una condición media presente (musgos, quichés, líquenes, orquídeas, lianas y bejucos).

La actividad agrícola se realiza con éxito, pero la irrigación artificial se puede necesitar en período de verano especialmente en sectores de Faitoque, Salitre y Cruz Blanca y Otro Lado a través de pocetas para mantener el agua. En esta zona es útil conservar los pocos bosques nativos y montes secundarios, así como adelantar prácticas de restauración y rehabilitación.

- Páramo andino:(P-A) Se localiza en altas regiones andinas por encima de los subpáramos, a partir de los 3200 m.s.n.m ó 3400 m.s.n.m, comúnmente denominado “páramo“ para el sistema de clasificación de Cuatrecasas (1958) es zona andina, es el páramo propiamente dicho a partir de 3400 a 4000 m.s.n.m suelo, agua este tipo de clasificación se presenta en la parte alta de vereda Faitoque y serranía del Gavilán y Cruz Blanca páramo de Soracá en límites con municipio Boyacá a partir de los 3000 a 3200 msnm

2.2 Formaciones vegetales en el municipio Siachoque según clasificación por Zonas de Vida⁵

En la zona de estudio municipio de Siachoque se presentan tres zonas de vida de acuerdo al sistema de clasificación de Holdridge, correspondientes a: Bosque seco montano bajo (bs-MB), Bosque húmedo montano bajo (bh-MB), Páramo andino (P-a) = (Páramo Cuatrecasas).

- **Bosque Seco montano Bajo (bs-MB):** De considerable extensión aparece en correspondencia a altas planicies andinas y cañones un poco resguardados dentro de las cordilleras, así aparece bs-MB la región del Chicamocha, valle de Tunja, Siachoque, Toca y Siachoque entre otros. La biotemperatura media aproximada entre 12 y 18 grados centígrados. El Promedio anual de lluvias de 500 a 800 mm. - provincia de humedad-subhúmedo. La Altura se presenta desde los 2000 a 3000 m.s.n.m. Con variaciones de acuerdo a nivel local.

El bs-MB corresponde a llanuras incrustadas en cimas de los andes, terrenos ondulados, abruptas laderas. Y en otros paisajes se puede observar esta formación vegetal. La intervención humana y el desarrollo agrícola a modificado profundamente los bosques nativos de esta zona del municipio de Siachoque, la vegetación original, y posiblemente muchas especies nativas locales ya desaparecieron de la región y solo se presentan escasos arbustos y árboles esporádicos de lo que fue el bosque seco.

Las zonas correspondientes a esta zona de vida están ocupadas en su mayor parte por concentración rural, urbana donde se desarrolla agricultura y actividades económicas y el equilibrio entre evapotranspiración y el agua de lluvia favorece la conservación de la fertilidad de los terrenos al no permitir el fuerte lavado de ellos. El clima es suave y agradable donde aún se mantiene suelo y agua se puede desarrollar agricultura intensiva en zonas planas, onduladas y la ganadería con potreros de pasto kikuyo y raigras donde las condiciones de riego o disponibilidad del agua lo permiten.

- **Bosque húmedo montano bajo (bh-MB):** Las condiciones climáticas de esta zona de vida son: Biotemperatura media entre 12 y 18 grados centígrados, promedio anual de lluvias, 800 a 2000 mm, provincia de humedad húmedo, ocupa faja altimetría alrededor de 2000 a 3200 m.s.n.m. con variaciones locales. La situación geográfica hace que sea la topografía del bh- MB variable y con paisajes de valles pequeños, suaves ondulados y ásperas vertientes del flanco cordillerano, por donde

⁵ EOT municipio de Siachoque Boyacá 2001 - 2010

descienden pequeñas quebradas y aparecen mesetas onduladas, donde hoy se explota con agricultura de papa, trigo, cebada, maíz y ganadería. El monte nativo hoy en su mayoría está transformado y predominan los pastos y pequeños rastrojos como matorrales dispersos entre los pastizales. Para el municipio de Siachoque se encuentra la zona sur en límites con Viracachá vereda de Tocavita, parte de Firaya. En esta zona se encuentra una gran diversidad de especies de árboles indicadores del bosque original como tunos, encenillos, raques, trompeto, espino, salvio, romero, juco o garrocho, mortiño, laurel, cucharo, uva camarona, pegamosco y mano de oso igual helechos, orquídeas y quichés. Fisonómicamente predominan estratos, Arbóreos, arbustivo y herbáceo; el epifitismo es una condición media presente (musgos, quichés, líquenes, orquídeas, lianas y bejucos).

En el régimen climático del (bh-bm), no es grande la cantidad de agua sobrante que pasa a infiltración y al escurrimiento, y de este modo la fertilidad de los suelos se ha logrado mantener por años a pesar del intenso cultivo de papa, trigo, maíz, trigo, frijol, habas, arveja y escasas hortalizas. Y en los últimos 40 años se implementa el sistema de ganadería y con pastos como: kikuyo, raigras, holoso y pasto azul. La actividad agrícola se realiza con éxito. Pero la irrigación artificial se puede necesitar en período de verano. Por lo tanto las fincas del sector de Firaya construyeron pocetas para mantener el agua. En esta zona es útil conservar los pocos bosques nativos y montes secundarios, así como adelantar prácticas de restauración y rehabilitación.

- Páramo andino:(P-A) Se localiza en altas regiones andinas por encima de los subpáramos, a partir de los 3200 m.s.n.m ó 3400 m.s.n.m, comúnmente denominado "páramo" para el sistema de clasificación de Cuatrecasas (1958) es zona andina, es el páramo propiamente dicho a partir de 3400 a 4000 m.s.n.m suelo, agua. Las condiciones climáticas de Biotemperatura de tres a seis (6 a 12) grados centígrados promedio anual mínimo, Promedio anual de lluvias, de 500 a 1000 mm.= provincia de húmeda per húmedo, Intensos vientos recorren con frecuencia estos pisos altitudinales, los Valores de temperatura de cero grados son muy comunes lo mismo que variaciones amplias de temperatura entre el día y a la noche.

La topografía corresponde a relieve escarpado con afloramiento de peñascos que se asoman a vallecitos y pequeñas mesetas. Como se presenta en la parte alta de vereda Cormechoque arriba, San José y Firaya páramo de las tronaderas o Siachoque en límites con el municipio de Pesca a partir de los 3000 a 3200 m.s.n.m. la vegetación en el páramo se torna escasa. Sobre un pajonal de gramíneas crecen matorrales o arbustos, pequeñas hierbas y plantas en forma de roseta y cojines.

2.3 Formaciones vegetales en el municipio Tunja según clasificación por Zonas de Vida

Siguiendo el sistema de clasificación basado en zonas de vida propuesta por HOLDRIDGE (1967) se encuentran tres zonas de vida, correspondientes a: Bosque seco Montano bajo (bs-MB), Bosque húmedo montano (bh-MB) y páramo andino (P-A)⁶. Que corresponden a las mismas zonas descritas para los municipios de Siachoque y Soracá.

En general la vegetación de Tunja es medianamente diversa y pobre en su fisionomía y estructura, siendo esta típica de la zona Andina seca, constituida principalmente por los matorrales de tipo arbusto, pastizales o vegetación herbácea ubicada en las Veredas de Pirgua, Tras del Alto, La Esperanza y Porvenir. Existe una zona del bosque húmedo montano hoy en día dominada por gramíneas o cultivos de alta montaña, con fragmentos de pequeños rastrojos de encenillo (*Weinmannia tomentosa*), ubicados en la Reserva Forestal El Malmo, que presentan el estrato rasante musgos, líquenes y algunas orquídeas y bromelias, así mismo se incluyen para la zona una pequeña área de páramo ubicada en límites con Municipio de Cucaita con plantas propias de este frágil ecosistema ubicado en la parte alta de la reserva forestal. En el descenso de Veredas Barón Germanía, Gallero y Chorro Blanco, hay plantas propias de matorrales secundarios Andinos, pastos cultivados, y herbáceas comunes de sucesiones de cultivos de papa como de lagunas artificiales y pantanos.

Tabla 2. Tabla resumen de las zonas de vida presentes en el área de estudio

ZONAS DE VIDA CLASIFICACIÓN HOLDRIDGE PARA LOS 3 MUNICIPIOS	
Zona de Vida	Símbolo
Bosque húmedo Montano Bajo	bh-MB
Bosque Seco Montano Bajo	bs-MB
Paramo Andino	P- A

⁶ Modificación excepcional del Plan de Ordenamiento territorial Tunja 2014.

2.4 Coberturas existentes en la zona de estudio según Metodología Corine Land Cover

El uso de la tierra está íntimamente relacionado con características externas de los suelos, como la topografía, la disponibilidad de agua, el clima, la vegetación; características internas edáficas como profundidad efectiva, textura, fertilidad y retención de humedad, lo cual, junto con las características económicas, sociales y culturales del hombre define el aprovechamiento sostenido o no del recurso tierra.

La agricultura es la actividad más generadora de empleo en el departamento, se realiza con aplicación de técnicas tradicionales como quemas, talas, siembra de cultivos limpios en el mismo sentido de la pendiente, obteniendo en la mayoría de los casos, cosechas de bajos rendimientos con deterioro de los suelos. Hay incidencia de insectos y enfermedades que hacen que se haga un uso elevado de productos agroquímicos.

Por la actividad propia de la región la cobertura primordial según la clasificación de coberturas de Corine Land Cover es Territorios agrícolas que son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas (Tabla 1), en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas.

Según la identificación de los usos de suelos para estos municipios las unidades se agrupan en las siguientes cuatro categorías:

2.5 Cultivos Transitorios

Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa y yuca), la mayor parte de las hortalizas y algunas especies de flores a cielo abierto. Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo.

Dentro de los cultivos transitorios se encuentran las siguientes coberturas:

- Otros cultivos transitorios

Son las tierras ocupadas por cultivos transitorios no incluidos en los grupos de cereales, oleaginosos, leguminosos, hortalizas y tubérculos.

Esta tipo de cobertura Incluye, otros cultivos anuales como fresa, tabaco, flores no confinadas en invernaderos y forraje; o cultivos transitorios que representen más de 75% del área de la unidad . Barbechos con área mayor o igual a 25 ha y menos de tres años de descanso, con patrones claramente definidos de cultivos de forma rectangular. Viveros.

- Cereales

Cobertura compuesta principalmente por cultivos transitorios de gramíneas como maíz, cebada y trigo.

- Hortalizas

Cobertura terrestre de manejo intensivo caracterizada por ser un conjunto de plantas herbáceas, cultivadas generalmente en huertas, que se consumen como alimento humano. Se hace en pequeñas extensiones, dándole el máximo de cuidados y manteniendo el suelo constantemente ocupado.

- Tubérculos

Cobertura compuesta principalmente por cultivos transitorios de diferentes tipos de plantas que poseen tubérculos. Un tubérculo es un tallo subterráneo modificado engrosado donde se acumulan los nutrientes de reserva para la planta. Esta cobertura la componen principalmente cultivos de papa y yuca. En la región andina, los cultivos de papa se presentan por encima de los 2.000 msnm.

Figura 4. Cobertura de tubérculos Papa Municipio de Siachoque



Tabla 3. Tabla resumen de las coberturas para territorios agrícolas encontradas en la zona de estudio

COBERTURAS DE TERRITORIO AGRICOLA PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO			
2. TERRITORIOS AGRICOLAS	2.1. Cultivos transitorios	2.1.1. Otros cultivos transitorios	
		2.1.2. Cereales	2.1.2.2. Maíz
			2.1.2.4. Cebada
			2.1.2.5. Trigo
		2.1.4. Hortalizas	2.1.4.1. Cebolla
			2.1.4.2. Zanahoria
	2.1.4.3. Remolacha		
	2.1.5. Tubérculos	2.1.5.1. Papa	
		2.1.5.2. Yuca	
	2.2. Cultivos permanentes	2.2.4. Cultivos agroforestales	2.2.4.1. Pastos y árboles plantados
			2.2.4.2. Cultivos y árboles plantados
	2.3. Pastos	2.3.2. Pastos arbolados	
		2.3.3. Pastos enmalezados	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de cultivos	
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos			
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales			
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales			
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales			

2.6 Cultivos Permanentes

Comprende los territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar.

• Cultivos agroforestales

Zonas ocupadas por arreglos o combinaciones de cultivos de diferentes especies, con otros de hábitos herbáceos, arbustivos y arbóreos, donde la característica principal de la cobertura es que el aumento en el detalle no implica la subdivisión en unidades puras, porque éstas se encuentran combinadas en la misma área, alternadas por surcos o hileras de árboles con cultivos o de árboles con pastos.

○ Pastos y árboles plantados

Cobertura ocupada por arreglos espaciales donde se combinan pastos destinados a ganadería con plantaciones arbóreas destinadas a todo tipo de producción (madera, leña, frutales, resinas, etc.), frecuentemente llamados silvopastoriles; la característica principal de esta cobertura radica en que el aumento en el detalle no implica la subdivisión en unidades puras, porque éstas se encuentran combinadas en la misma área, alternadas por surcos o hileras de árboles con pastos.

○ Cultivos y árboles plantados

Cobertura ocupada por arreglos espaciales donde se combinan cultivos con plantaciones arbóreas destinadas a todo tipo de producción (madera, leña, frutales, resinas, etc.); donde la característica principal de la cobertura es que el aumento en el detalle no implica la subdivisión en unidades puras, porque éstas se encuentran combinadas en la misma área, alternadas por surcos o hileras de árboles con cultivos.

2.7 Pastos

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace. Para su clasificación se consideraron las siguientes unidades de pastos:

- **Pastos arbolados**

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos.

- **Pastos enmalezados**

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m.

Figura 5. Pastos Enmalezados municipio de Soracá



2.8 Áreas Agrícolas Heterogéneas

Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra. Se definieron las siguientes unidades:

- **Mosaico de cultivos**

Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

- **Mosaico de pastos y cultivos**

Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

- **Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales**

Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente, como parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad.

Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.

- **Mosaico de pastos con espacios naturales**

Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas. Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.

- **Mosaico de cultivos y espacios naturales**

Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea, a veces entremezclada con las áreas de cultivos, dificultando su diferenciación. Las áreas de cultivos representan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los parches y residuos de espacios naturales están conformados por aquellas áreas cubiertas por relictos de bosque, arbustales, bosque de galería y/o ripario, vegetación secundaria o en transición, zonas pantanosas u otras áreas no intervenidas o poco transformadas que permanecen en estado natural o casi natural.

2.9 Bosque de galería y ripario

Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.

Figura 6. Bosque de Galería cerca a casco urbano de Siachoque



Fuente: Planet Release. (2016), Imagen satelital SAS.Planet Google Hearth. [en línea], [consultado el 28 de octubre de 2016], Obtenido de <http://www.fourmilab.ch/homeplanet/>

2.10 Herbazal denso de tierra firme no arbolado

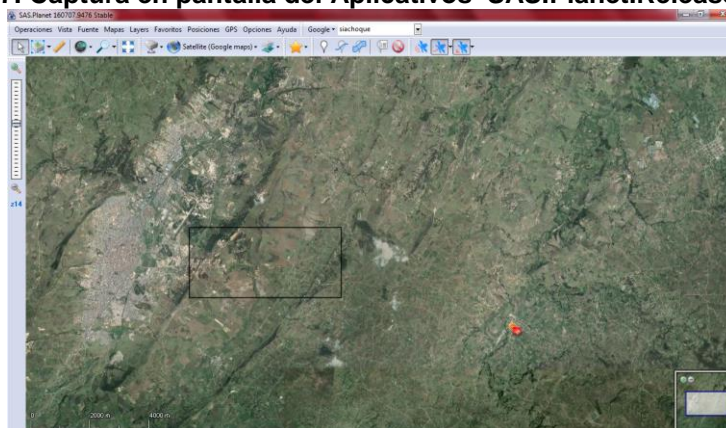
Corresponde a una cobertura natural constituida por un herbazal denso de tierra firme, donde no existe presencia de elementos arbóreos y/o arbustivos, o en caso de existir en ningún caso representarán más de 2% del área total de la unidad. Se localizan principalmente en áreas con limitaciones de suelos y de clima, como zonas de páramo y subpáramo de la alta montaña.

3. METODOLOGÍA DE CAPTURA Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

3.1 Captura de imágenes

Para la captura e imágenes se emplea el programa de acceso libre SAS.Planeta que es un programa ruso diseñado para ver y descargar imágenes satelitales de alta resolución y mapas convencionales presentados por servicios como Google Earth, Google Maps, Bing, DigitalGlobe, Kosmosnimki, Yandex, Yah entre otros.

Figura 7. Captura en pantalla del Aplicativos SAS.Planet.Release.160707



Este aplicativo, en esencia en la descarga de mosaicos de cartografía desde una lista de proveedores predeterminada; dichos mosaicos son guardados en la caché local para luego poder exportarlos en una buena variedad de formatos. A destacar también que el programa viene en modo portable, esto es, no necesita instalación y con descomprimir en una carpeta y ejecutarlo ya podemos funcionar con él. Interesante resulta también que el programa está diseñado en plan open source, es decir, que muchas funciones se pueden mejorar e implementar por usuarios con los conocimientos de programación suficientes.

Su punto más fuerte, se encuentra en las posibilidades de exportación y de unión (Stitch) de los mosaicos descargados: además del formato ecw y del formato JNX (lo que casi por sí solo justifica su uso) es posible exportar la cartografía en varios formatos más.⁷

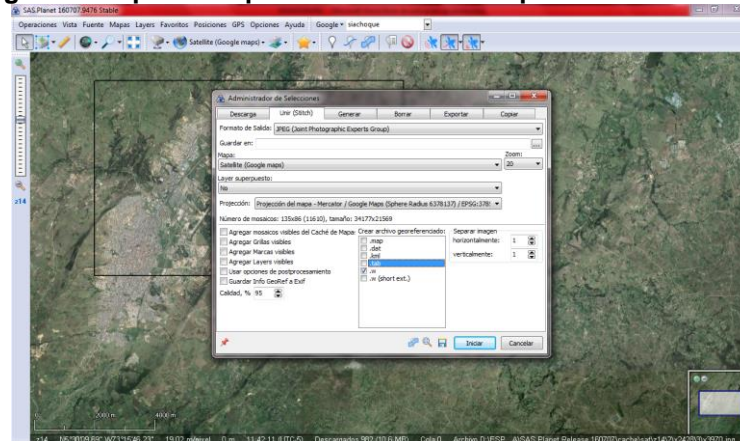
El esquema de funcionamiento básico es el siguiente:

- Selección del proveedor de cartografía que nos interese.
- Posibilidad de añadir alguna capa con información suplementaria.

⁷ <https://digimapas.blogspot.com.co/2014/03/sasplanet-la-joya-rusa.html>

- Selección del área que queremos descargar, mediante polígonos o la vista en pantalla entre otras.
- Selección del nivel de zoom de los mosaicos a descargar, lo que determina la calidad y resolución de los mismos.

Figura 8. Captura en pantalla SAS.Planet opciones de descarga



3.2 Procesamiento de imágenes

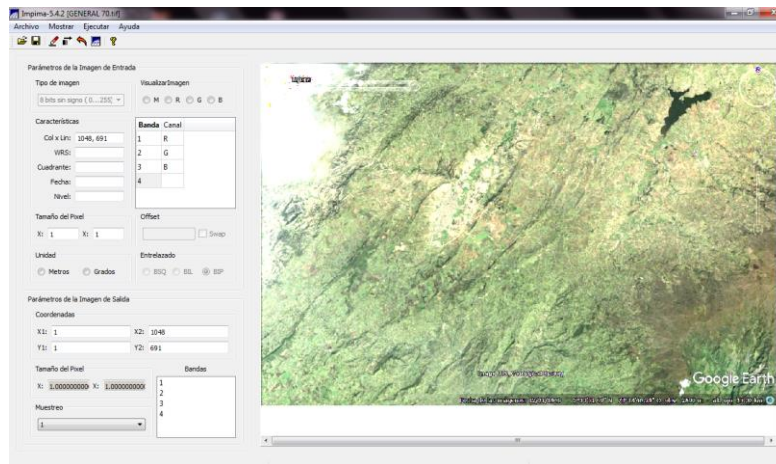
El procesamiento de imágenes se hace mediante el aplicativo SPRING que es un software para trabajar proyectos de SIG (Sistemas de Información Geográfica) y al mismo tiempo un software de tratamiento de imágenes obtenidas mediante percepción remota que realiza la integración en un único ambiente de las representaciones de datos matriciales ("estructura raster") y datos con estructura vectorial.

SPRING es un producto desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE)/ DPI de Brasil con la cooperación de:

- EMBRAPA/CNPq - Agencia de Investigación Agrícola del Brasil.
- IBM Brasil - Centro Latino-Americano de Soluciones para Ensino Superior y Pesquisa.
- TECGRAF - PUC Rio - Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica da PUC-Rio.
- PETROBRÁS/CENPES - Centro de Pesquisas "Leopoldo Miguez".
- K2Sistemas⁸.

Figura 9. Captura en pantalla Adquisición de imagen SPRING con herramienta Impima

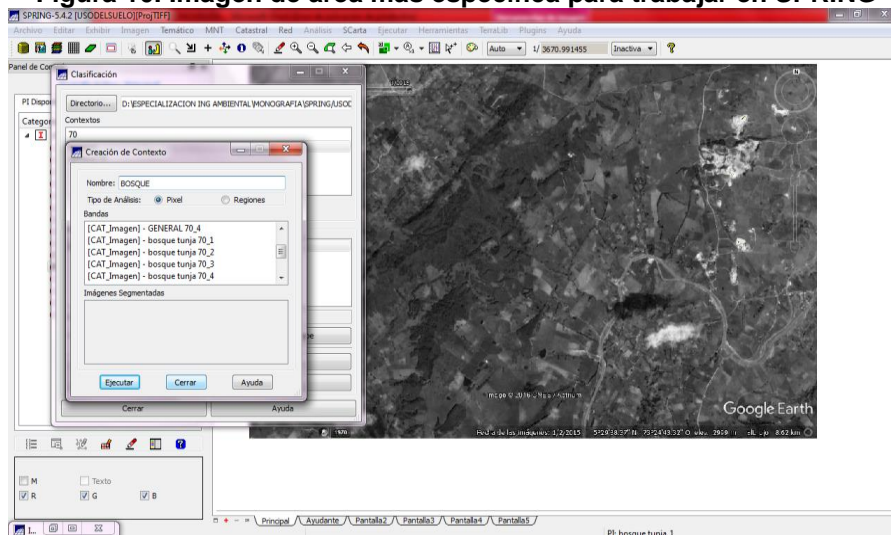
⁸ Espejo Norma; Ramirez Hector. Manual de prácticas de procesamiento digital de imágenes con el programa SPRING 5.2.1. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2013.



Con este programa podemos realizar la digitalización de las coberturas que observamos en las imágenes satelitales ya así posteriormente plasmarlas en un SIG tradicional y realizar la posterior evaluación, mediante el programa SPRING el procedimiento es el siguiente:

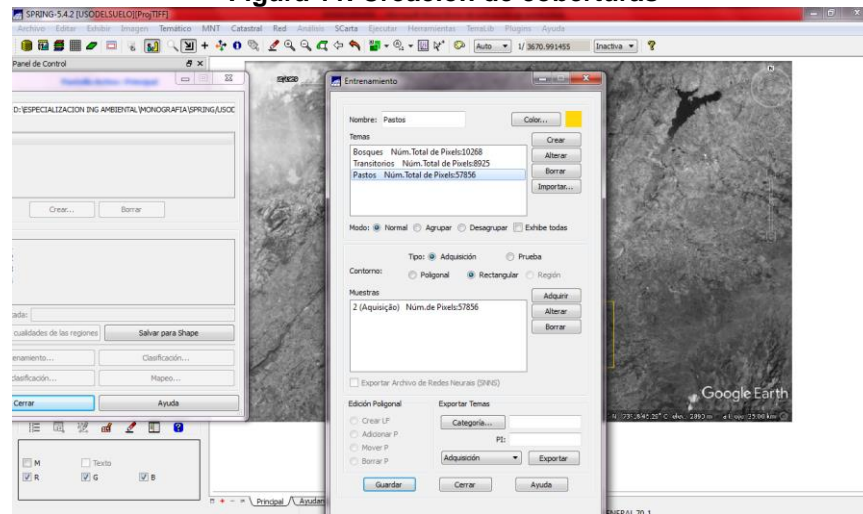
Para la clasificación de la imagen, es necesario ingresar a la parte superior del menú, a la pestaña Imagen, después ir a la opción Clasificación, allí se desplegará la ventana de Clasificación, se da click en la opción crear y allí se debe escoger la opción en tipo de análisis por Pixel, se seleccionan las tres bandas de la imagen que se usarán, y finalmente click en Ejecutar.

Figura 10. Imagen de área más específica para trabajar en SPRING



Una vez se ha desplegado la ventana de entrenamiento, se procede a asignar el nombre de la cobertura a clasificar en este ejemplo será vegetación, se debe además asignar un color (Para la Leyenda) y se hace click en crear, respecto al menú de modo se selecciona Normal, en tipo se activa Adquisición, en Contorno se selecciona Rectangular, ahora se da click en una sección de la imagen que represente la vegetación con la herramienta , para después, en la ventana de entrenamiento, hacer click en Adquirir, y luego en Guardar, se pueden adquirir tantas muestras como sea necesario.

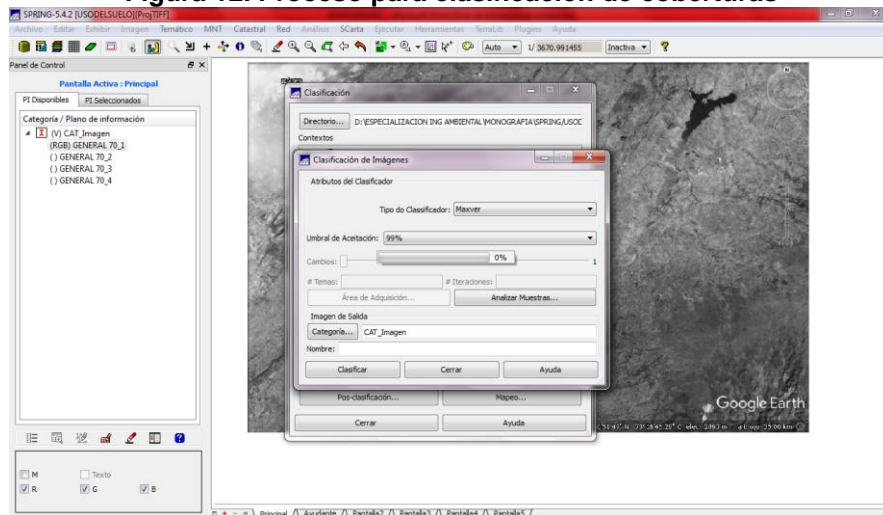
Figura 11. Creación de coberturas



Para crear una nueva cobertura se siguen los pasos descritos anteriormente.

Cuando ya se tienen las muestras definidas, se hace click en guardar y cerrar, en la ventana que permanece se pica en Clasificación, allí se desplegará la ventana de Clasificación de Imágenes, allí se indicará en tipo de clasificador: Maxver y en Umbral de Aceptación se seleccionará el 99% en categoría se da nombre a la imagen y se hace clic en Clasificar.

Figura 12. Proceso para clasificación de coberturas



Para poder realizar de una forma acertada la comparación de coberturas se debe trabajar en una área mucho más reducida.

Figura 13. Imagen Procesada de bosques y Cultivos Imagen Actual



Para hacer la observación del cambio en el tiempo se hace la misma operación con los mismos datos de coberturas pero cambiando la imagen que se carga para mayor facilidad se trabaja primero la imagen mas antigua y posteriormente la más reciente.

Figura 14. Imagen Procesada de bosques y Cultivos Imagen Antigua

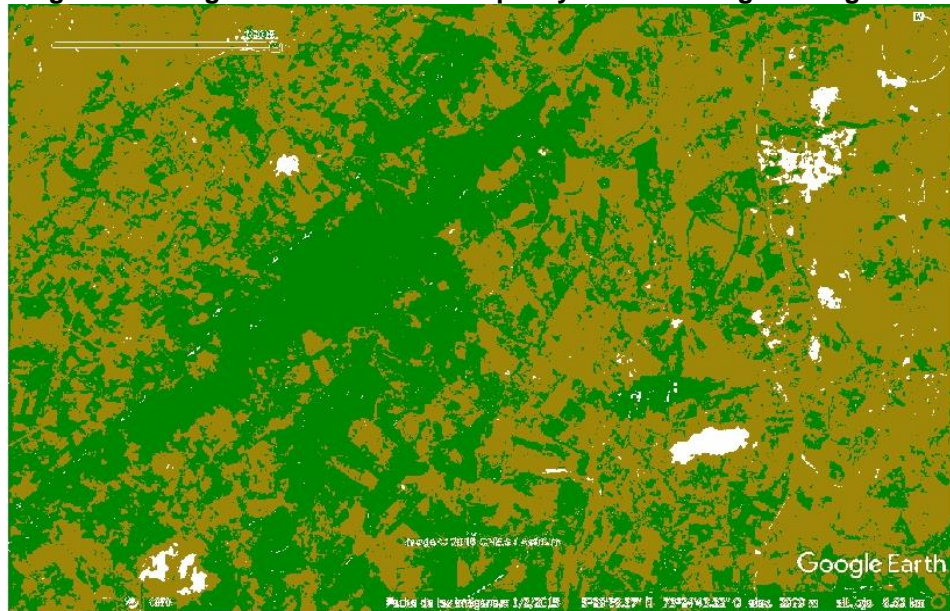
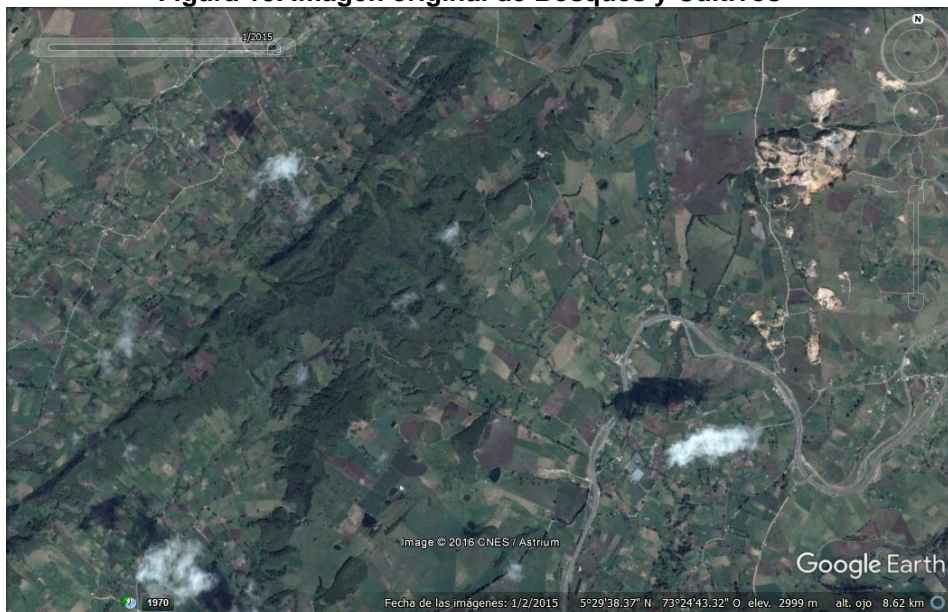


Figura 15. Imagen original de Bosques y Cultivos



Fuente: Google Earth. [en línea], TUNJA, [consultado el 28 de octubre de 2016], Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>

4. ANÁLISIS EN EL CAMBIO DEL USO DEL SUELO Y COBERTURA

Figura 16. Imágenes comparativas entre la misma zona 1970 – 2016



Fuente: Google Earth. [en línea], TUNJA, [consultado el 28 de octubre de 2016], Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>

A través de las diversas etapas históricas, los pueblos modifican su medio ambiente; este proceso crea una relación naturaleza–sociedad que determina en cierta forma su desarrollo posterior. Con la observación detallada de varias zonas se verifica el uso agrícola histórico y dominante en la región perteneciente a los tres municipios, durante el tiempo transcurrido en las imágenes satelitales con las que se cuentan se puede evidenciar el constante uso agrícola que genera una alta presión en el recurso suelo, por tanto el desarrollo ecosistémico de la región no presenta gran índice de biodiversidad.

Debido al establecimiento de sistemas productivos altamente demandantes en insumos agroquímicos aplicados en la mayoría de ocasiones, sin manejo técnico adecuado se generan problemas ambientales como resistencia de las plagas y por tanto mayor demanda de productos de Fitoprotección, así como la erosión y salinización por uso continuado de fertilizantes.

Culturalmente en la zona, para conseguir que la tierra no pierda fertilidad, después del cultivo se deja en barbecho de una manera rotativa y algunas veces se destina al pastoreo durante unos meses. La práctica de descansos largos entre cultivos es importante desde un punto de vista ecológico, puesto que admite la existencia de un mosaico de parcelas con diferente edad sucesional, en las que se alternan zonas en cultivo, parcelas con pastoreo y áreas con páramo natural. Esta característica de mosaico permite mantener una gran diversidad funcional, de especies y de paisaje.

Pero en ocasiones este proceso no se lleva a cabo y se reemplaza por la incorporación de productos químicos y acondicionadores del suelo buscando el establecimiento de otro tipo de cultivo de transición.

En este sentido de manejo histórico se deben encaminar esfuerzos en implementar efectivamente los sistemas integrales de producción que permitan continuar con la actividad agropecuaria, pero teniendo en cuenta la gran sensibilidad de los recursos sobre todo suelos, buscando una producción sostenible que permita la explotación de dichas zonas por mucho más periodo de tiempo.

El sistema de manejo debería partir de la premisa de maximizar el reciclaje de los nutrientes dentro del perfil del suelo y dentro de las fincas, con el fin de minimizar la pérdida de nutrientes por procesos naturales o por el manejo. La meta del sistema de manejo de nutrientes debería aceptar que los únicos nutrientes que se pierden de los suelos son aquellos que se extraen del suelo en las cosechas.

Se puede verificar que la producción de cultivos transitorios ha existido desde hace mucho tiempo en las zonas altas y de paramo por lo que el ecosistema de alta montaña ya se encuentran en procesos productivos que cambian su función ecológica.

Con las actividades agropecuarias se propician cambios en la geomorfología del terreno. La elaboración de surcos para el cultivo predispone el suelo a pequeños desplazamientos, con la consiguiente formación de terracetas que se degradan aún más si hay un pisoteo posterior del ganado, el cual forma cárcavas por escurrimiento superficial.

En general se puede estimar que los hábitats presentan en el área una media alta degradación derivada de la alteración de la vegetación natural, pues ésta en unos casos, ha sido sustituida por pasturas para ganados o cultivos transitorios, dado que las prácticas inadecuadas como quemadas y aplicación de agroquímicos sin manejo técnico han permitido el avance de las actividades agropecuarias lo que contribuye a que se amplíen las zonas dedicadas a la agricultura.

Figura 17. Imagen comparativa Zona de paramo vereda Firatoque Municipio de Sichoque



Fuente: Google Earth. [en línea], TUNJA, [consultado el 28 de octubre de 2016], Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>

5. CONCLUSIONES

En los municipios de Tunja, Soraca y Sichoque tradicionalmente siempre se ha dado la explotación agropecuaria principalmente en cultivos transitorios como la papa y las hortalizas, razón por la que el cambio en el uso de los suelos y la cobertura en los últimos 46 años no ha sido muy drástica.

A pesar de la baja definición de las imágenes satelitales mas antiguas, si se puede evidenciar la ampliación de la frontera agrícola y el establecimiento de cultivos en zonas de alta montaña y paramos, por tanto se ve un impacto negativo de la actividad en estos tipos de ecosistemas.

Para la conservación de la biodiversidad y sostenibilidad a largo plazo, es necesario que existan áreas extensas y en lo posible intactas de páramo, con muchas especies y comunidades que evolucionen en su estado natural, por lo tanto se deben generar estrategias que eviten la producción agropecuaria en los páramos y permitan la conservación de y recuperación de estos ecosistemas.

Se debe establecer una política de manejo sostenible, producción más limpia, Manejo Integrado del Cultivos, conservación y protección de ecosistemas de Páramo y demás zonas de conservación, que sean el resultado de un proceso de consulta, discusión, ajuste y concertación con los diferentes agentes que hacen parte de la Cadena productiva no solo de la papa sino de demás cultivos que se puedan presentar en zonas sensibles.

La asistencia técnica es muy pobre y no se realizan análisis de suelos, lo que trae como resultado una sobredosificación de nutrientes, desbalance catiónico, pérdidas por lavado y modificación de la composición microbiana. El aumento en el uso de estos químicos se debe a la especialización del cultivo en unas pocas variedades, lo cual contribuye a que disminuya su resistencia a las plagas y especialmente a nuevas especies de hongos.

Los procesos de restauración se hacen mucho más difíciles y costosos porque, además de rehabilitar el paisaje, se deben recuperar la capa orgánica y la cobertura vegetal del suelo. El desarrollo de las sucesiones vegetales después de la explotación depende de las condiciones ambientales y de las características de los residuos estériles, los cuales generalmente se convierten en materiales que no son aptos para el desarrollo de la vida vegetal.

6. RECOMENDACIONES

Para una mejor valoración de este tipo de estudios es aconsejable tomar la información de imágenes de aerofotografías de alta precisión que permitan mayor calidad de imagen para la caracterización y análisis de las coberturas.

Definir las áreas de paramo como zonas de reserva y parques naturales, hace más fácil que se pueda hacer control respecto a las actividades agropecuarias en ecosistemas estraticos.

Se debe generar una propuesta productiva que sea, económica, social y técnica, que tenga en cuenta participación activa y consiente hacia los recursos naturales, de los agricultores y de cada una de las entidades con competencia en el tema agropecuario, así como la oportuna y eficaz disposición de los recursos financieros que permitan garantizar la puesta en marcha de cada una de las propuestas. Igualmente, es necesario que las entidades del Estado den continuidad a sus políticas, planes y programas enfocados en la preservación de recursos y la conservación de ecosistemas estratégicos.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO Álvaro; SERRANO Pablo; PÉREZ Carmenza. Caracterización de las zonas sensibles a heladas en el cultivo de papa en Boyacá. Ciencia y Agricultura Vol 5 No2, Nov 2007 p29-38.

CARTOGRAFIA DIGITAL. [Sitio web]. Blog sobre cartografía digital y software para trabajar con ella. [Consulta: 2 Agosto 2016]. Disponible en: <https://digimapas.blogspot.com.co/2014/03/sasplanet-la-joya-rusa.html>

ESPEJO Norma; Ramirez Hector. Manual de prácticas de procesamiento digital de imágenes con el programa SPRING 5.2.1. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2013.

Google Earth. [en línea], TUNJA, [consultado el 28 de octubre de 2016], Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>

INSTITUTO de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia.2010.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. [Sitio web]. Bogotá: IGAC, Agricultura y ganadería, protagonistas en la pérdida de la biodiversidad y el recurso hídrico de la zona centro y Santanderes [Consulta: 22 Julio 2016]. Disponible en: <http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/5d81cd8046840c77ace0bc923ecdf8fe/Agricultura+y+ganader%C3%ADa,+protagonistas+en+la+p%C3%A9rdida+de+la+biodiversidad+y+el+recurso+h%C3%ADrico+de+la+zona+centro+y+Santanderes.pdf?MOD=AJPERES>

MUNICIPIO DE SIACHOQUE. Esquema de Ordenamiento territorial 2001- 2010. Plan de desarrollo municipal 2016-2019.

MUNICIPIO DE SORACA: Esquema de Ordenamiento territorial. 2004

MUNICIPIO DE TUNJA. Modificación excepcional al Plan de Ordenamiento Territorial.2014

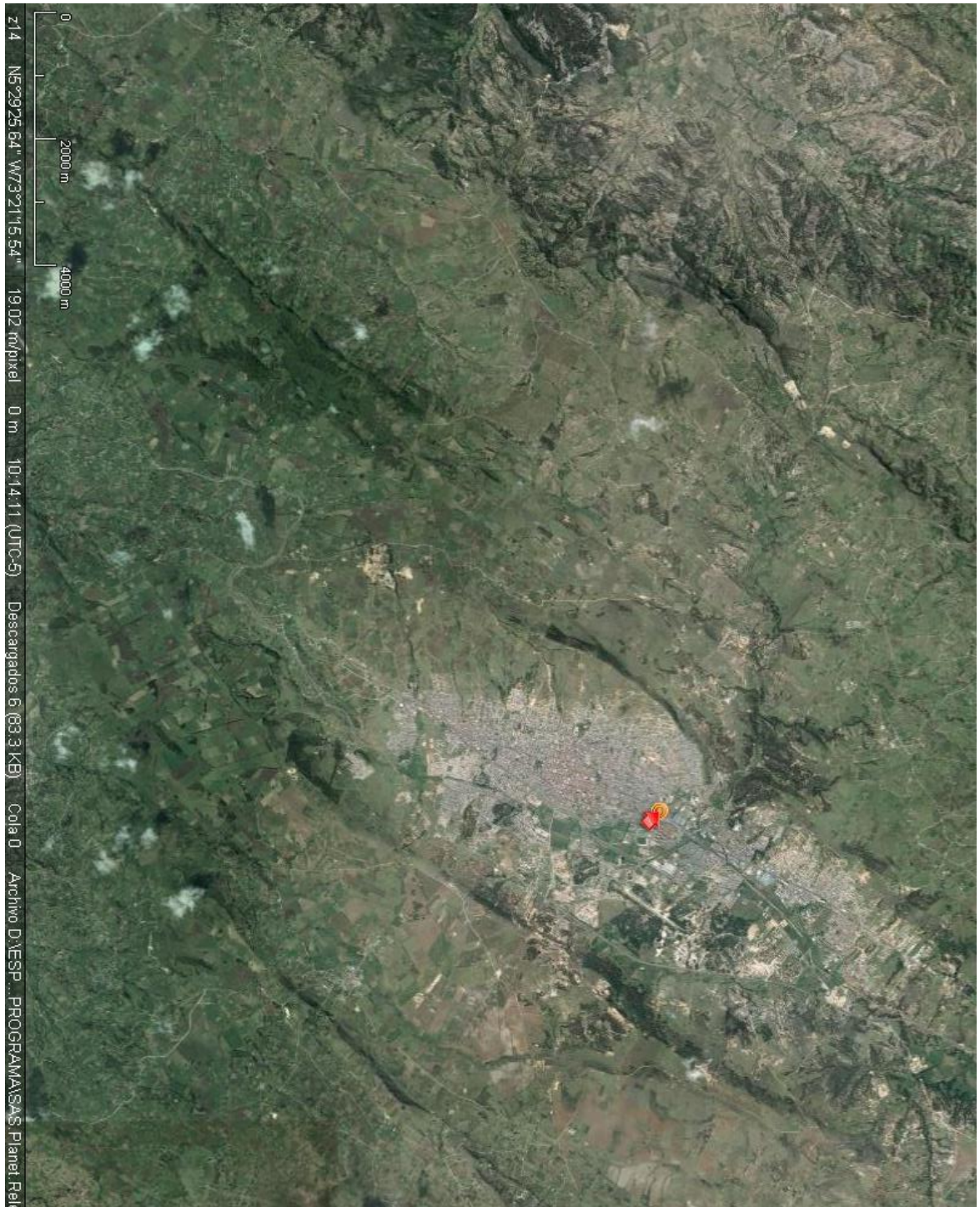
MUÑOZ Edgar Rene, Forero Javier Mauricio. Manual de procedimientos para estudios de cuencas y subcuentas en zonas tropicales basados en análisis multitemporales de imágenes satelitales. UIS, 2003

Planet Release. (2016), Imagen satelital SAS.Planet Google Hearth. [en línea], [consultado el 28 de octubre de 2016], Obtenido de <http://www.fourmilab.ch/homeplanet/>

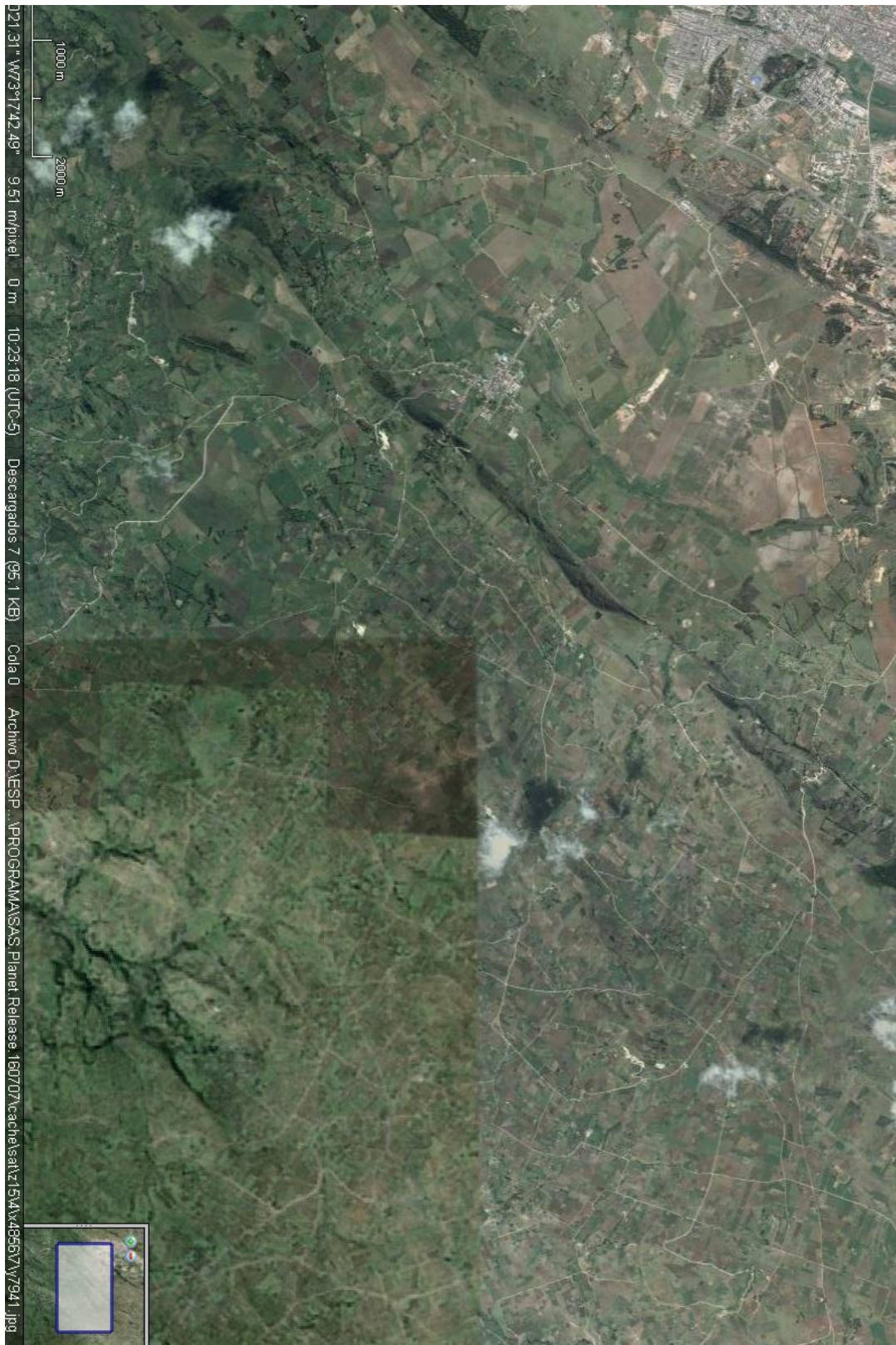
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. [Sitio web]. Lección 26 Transformación de los ecosistemas y uso actual de la tierra. [Consulta: 15 Julio 2016]. Disponible en:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201510/201510/leccin_26_transformacin_de_los_ecosistemas_y_uso_actual_de_la_tierra.html

WIKIPEDIA. [en línea], TUNJA, [consultado el 28 de octubre de 2016], Obtenido de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/18/Colombia_-_Boyaca_-_Tunja.svg

ANEXO B. Imagen Satelital Municipio de Tunja



ANEXO C. Imagen Satelital Municipio de Soracá



ANEXO D. Imagen Satelital Municipio de Siachoque

