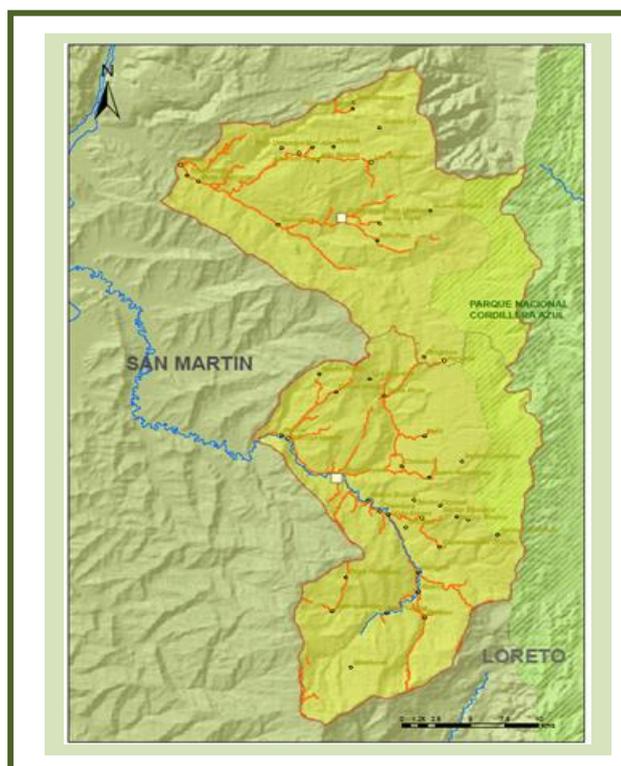


MAPA DE USO ACTUAL DE SUELOS EN LOS DISTRITOS DE SHAMBOYACU Y TRES UNIDOS, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

INFORME FINAL



Enero 2014

La presente publicación se elaboró para ser revisada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). La misma fue preparada por: Carla Zúñiga Loayza.

MAPA DE USO ACTUAL DE SUELOS EN LOS DISTRITOS DE SHAMBOYACU Y TRES UNIDOS, PROVINCIA DE PICOTA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo brindado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional en Colombia, Ecuador y Perú, bajo los términos del **contrato No. AM ANDINA 00161/2013**.

Net Zero Deforestation-NZD es implementado por un consorcio de empresas y organizaciones como: Amazon Conservation Team (ACT); Coordinadora de las Organizaciones Indígenas de la Cuenca Amazónica (COICA); Centro de Conservación, Investigación y Manejo de Áreas Naturales (CIMA); Federación Indígena de la Nacionalidad Cofán del Ecuador (FEINCE) y El Gobierno Provincial de Sucumbíos (GADPS).

Descargo de Responsabilidad

Los contenidos y opiniones expresadas en este documento pertenecen al autor y no reflejan necesariamente las opiniones de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), el Gobierno de los Estados Unidos de América o TNC.

INDICE

RESUMEN	5
I. INTRODUCCION	6
II. ANTECEDENTES	7
III. OBJETIVOS	7
IV. CARÁCTERÍSTICAS DEL AREA DE ESTUDIO	8
4.1. Ámbito de Estudio	8
V. MATERIALES Y MÉTODOS	8
5.1 Materiales y equipos	8
5.2 Metodología de Trabajo	9
VI. Resultados	25
6.1 Clases finales	25
6.2 Definiciones de clases	26
6.3 Bosque y no bosque	34
VII. CONCLUSIONES	35
VIII. RECOMENDACION	36
IX. REFERENCIAS	37
X. ANEXOS	37

Figuras

<i>Figura 1: Mapa de Ubicación del Área de Estudio</i>	8
<i>Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología para el mapa de uso actual de suelo de Shamboyacu y Tres Unidos a partir de imágenes Rapideye 2012</i>	9
<i>Figura 3: Bandas espectrales de la imagen Rapideye</i>	10
<i>Figura 4 : Cobertura de imágenes Rapideye utilizados en el estudio.</i>	11
<i>Figura 5. Proceso de ortorectificación</i>	13
<i>Figura 6: Comparación de combinaciones de la imagen Rapideye (2013) utilizadas en el estudio.</i>	14
<i>Figura 7: Comparación de sección de la banda 4 de la imagen Rapideye (2012) de Shamboyacu sin realce (izquierda) y con realce "Standard Deviation" para el área visualizada (derecha) en el software ArcGIS 10.1</i>	15
<i>Figura 8: Imagen Rapideye (izquierda) y NDVI para vegetación (derecha)</i>	15
<i>Figura 9: Comparación de tres planteamientos para definir las clases finales del estudio</i>	16
<i>Figura 10: Clasificación No supervisada de la imagen Rapideye (2013) de la zona de tres Unidos (Imagen 909)</i>	18
<i>Figura 11: Sitios de muestreo de para Imagen 709 de la zona de Shamboyacu con No supervisada.</i>	19
<i>Figura 12: Sitios de muestreo de para Imagen 709 de la zona de Shamboyacu con combinaciones 321 y 542.</i>	19
<i>Figura 13: Cobertura o clase 1</i>	20
<i>Figura 14: Cobertura o clase 2</i>	20
<i>Figura 15: Segmentación de imagen Rapideye (2013) de la zona de Shamboyacu (imagen 809)</i>	22
<i>Figura 16: Segmentación de la clasificación original de la imagen Rapideye (2013) de la zona de Shamboyacu (Imagen 809).</i>	22
<i>Figura 17: Ejemplo de Clase Cultivos en combinación 542.</i>	26
<i>Figura 18: Ejemplo de Clase Cultivos en combinación 542.</i>	27
<i>Figura 19: Ejemplo de Clase Cultivos en combinación 542.</i>	28
<i>Figura 20: Ejemplo de Clase Cultivo en combiación 542.</i>	29
<i>Figura 21: Ejemplo de Clase suelo quemado con combiación 542.</i>	29
<i>Figura 22: Ejemplo de Clase suelo quemado con combiación 542.</i>	30
<i>Figura 23: Ejemplo de Clase Areas pobladas con combinación 542.</i>	31
<i>Figura 24: Ejemplo de Clase Cobertura de nube, combinación 542.</i>	31
<i>Figura 25: Ejemplo de Clase Vias carrozable, combiación 542.</i>	32
<i>Figura 26: Ejemplo de Clase ríos con combinación 542.</i>	33

Fotos

<i>Foto 1: Cobertura de bosque primario sector Shambuyacu (2013), fuente CIMA.</i> ..	26
<i>Foto 2: Cobertura de purma zona de Shamboyacu (2013), fuente CIMA.</i>	27
<i>Foto 3: Cobertura de cultivos zona de Shamboyacu.(2013), fuente CIMA.</i>	28
<i>Foto 4: Cobertura de pastos zona de Shamboyacu.(2013), fuete CIMA.</i>	29
<i>Foto 5: Poblado en Alto Ponaza, fuente CIMA</i>	30
<i>Foto 6: Cobertura de nubes típica de la zona de estudio, fuente CIMA</i>	31
<i>Foto 7: Vias carrozable del sector Shambira, fuente CIMA.</i>	32
<i>Foto 8: Quebrada en el Sector de Vista Alegre, fuente CIMA.</i>	33

Gráficos

Gráfico 1: Porcentaje por clase25
Gráfico 2. Porcentaje por clase de bosque y no bosque.....34

Cuadros

Cuadro 1: Áreas finales de las coberturas.....25
Cuadro 2. Áreas bosque no bosque.....34

Tablas

Tabla 1. Clases de uso de suelo17
Tabla 2. Número de sitios de entrenamiento por imagen20

RESUMEN

El presente informe presenta una síntesis de los resultados del mapeamiento de los tipos de coberturas y de uso de la tierra identificados en los distritos de Shamboyacu y Tres Unidos en el departamento de San Martín, a una escala de 1:20 000. Las coberturas fueron extraídas a través de una clasificación de las imágenes satelitales, que enfatiza al sensoramiento remoto como primera fuente de información, complementada con trabajos de campo y clasificaciones realizadas en el año 2012.

En la delimitación de las clases (unidades de mapeo) se tuvo en cuenta que la noción de homogeneidad y heterogeneidad es indispensable, lo que significa que existen diversidad dentro de las unidades consideradas homogéneas.

El sistema de clasificación adoptado prevé cinco grandes categorías de Uso de la Tierra en base a las clasificaciones del MINAM y de CIMA. Las 12 clases resultantes fueron identificadas dentro de estas categorías y descritas en sus aspectos y características relacionadas a su estado.

I. INTRODUCCION

El monitoreo de las coberturas terrestres es un tema de suma importancia en los ámbitos gubernamental, académico y social por las implicaciones que tienen los cambios de las coberturas y usos de suelo en temas como sustentabilidad, conservación de la biodiversidad y servicios ambientales. En el ámbito de los estudios territoriales, la percepción remota (PR) y los sistemas de información geográfica (SIG), al ser capaces de obtener estos datos de manera ágil y a bajo costo, se han convertido en tecnologías fundamentales en el desarrollo de la estos estudios.

El apoyo de las herramientas de sensoramiento remoto son útiles para determinar las diferentes coberturas de uso del suelo, principalmente en los bosques tropicales como los de Shamboyacu y Tres Unidos por la diversidad de actividades agrícolas, agroforestales y forestales, presentando al aire con diversos parches de cobertura de diversos tamaños por lo cual es necesario desarrollar una clasificación adecuada necesariamente con trabajo de campo para poder obtener resultados mas exactos.

Este estudio busca presentar una metodología para realizar el mapeo del uso del suelo con imágenes de alta resolución, orientada por procedimientos utilizados para definir mejor las diferentes coberturas del uso del suelo. Las áreas en estudio son analizadas con imágenes satelitales de alta resolución RapidEye del 2012 con resolución de 5m por lo cual la escala final de trabajo se desarrollara a 1:20 000.

La clasificación digital de imágenes de satélite se ha convertido en una herramienta indispensable para monitorear la cobertura terrestre. Debido a los errores que se observan a menudo en los mapas derivados del análisis de datos de percepción remota, existe una búsqueda constante por desarrollar y probar alternativas que permitan la obtención de resultados precisos para la toma de decisiones. En la literatura se mencionan varios métodos para obtener mejores resultados que una clasificación convencional (clasificación píxel a píxel por el método de máxima probabilidad).

II. ANTECEDENTES

La importancia de la Amazonía para la regulación climática ha sido demostrada irrefutablemente. A esto se suma un recurso invaluable: la biodiversidad, sobre todo en la Amazonía Andina. En el caso de Perú, The Nature Conservancy - TNC decidió aliarse con un socio estratégico que es el Centro de Conservación, Investigación y Manejo de Areas naturales - CIMA Cordillera Azul, ONG que desde el año 2002 se encuentra comprometida con la conservación del Parque Nacional Cordillera Azul y la mejora de la calidad de vida de las poblaciones ubicadas en su Zona de Amortiguamiento; y que desde el año 2008 mantiene un Contrato de Administración Total con el Estado Peruano para gestionar la referida Área Natural Protegida por un periodo de 20 años. Es así que el proyecto Net Zero Deforestation -NZD junto con CIMA diseñó una propuesta para trabajar en la zona de amortiguamiento del parque, fortaleciendo a las poblaciones locales en temas de planificación y uso adecuado del territorio, zonificación participativa comunal, institucionalización de una gobernanza forestal participativa, así como la implementación de actividades sostenibles que permitan la reducción de la presión sobre el bosque. De igual forma, en mayo del 2012, TNC y el Gobierno Regional de San Martín firman un Convenio de Cooperación Interinstitucional en el marco de los proyectos NZD y Paisajes Indígenas con el fin de formalizar una colaboración mutua a fin de unir esfuerzos técnicos, logísticos, administrativos y financieros para apoyar la implementación de los proyectos NZD e PPII en la región.

III. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es contar con un estudio de la cobertura y uso actual de tierras de los distritos de Shamboyacu y Tres Unidos, Provincia de Picota en San Martín.

Objetivos secundarios:

- Realizar un mapa de bosque y no bosque con imágenes de alta resolución.
- Realizar un mapa del uso actual de tierras con imágenes de alta resolución.

IV. CARÁCTERÍSTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

4.1. *Ámbito de Estudio*

El ámbito de estudio presenta un área de 76 475.56 ha, está localizada en el departamento de San Martín, en la provincia de Picota y los distritos de Tres Unidos y Shamboyacu respectivamente, sobre los 80 msnm aproximadamente y forma parte de la cuenca del Alto Huallaga. Al Este se encuentra el Parque Nacional Cordillera Azul. Predomina la presencia de coberturas de vegetación como los cultivos, pastos, así como bosques, etc.



Figura 1: Mapa de Ubicación del Área de Estudio

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 *Materiales y equipos*

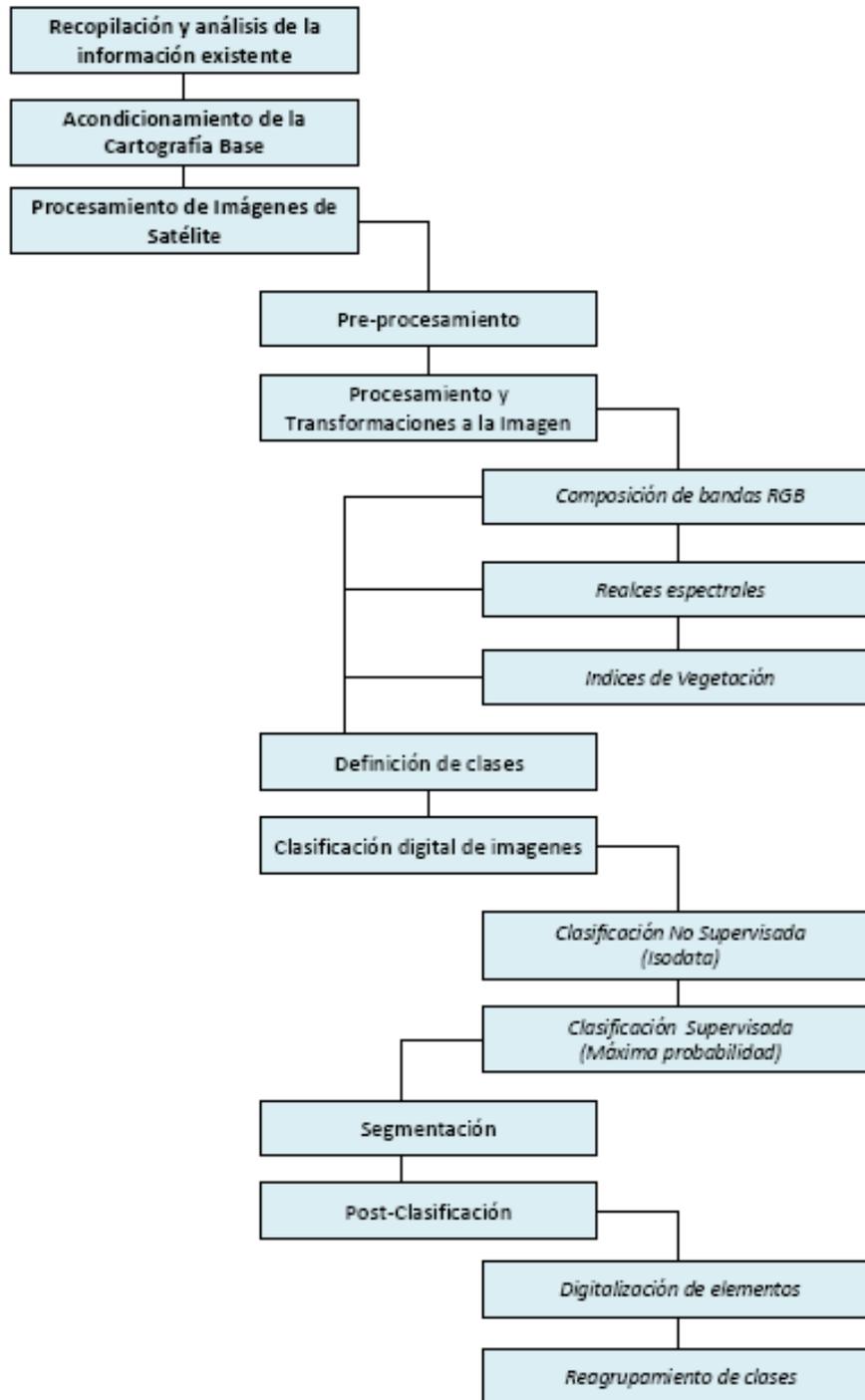
A continuación se presenta una lista de los materiales y equipos utilizados en el presente estudio.

- Área en shape de Shamboyacu y Tres Unidos.
- Imágenes satelitales RapidEye del 2012, de 5 metros de resolución.
- Imágenes satelitales Rapideye del 2010, de 5 metros de resolución
- Información cartográfica (CIMA).
- Estudios de cobertura y uso de la tierra de la zona realizados por CIMA el año 2012.
- Puntos de control levantados por CIMA en los años 2012 y 2013.
- Software ENVI 4.7 e IDRISI Selva para uso de raster.
- Software ArcGis 9.10 para uso vectorial.
- Computadoras Pentium 4.
- Materiales de escritorio.

5.2 Metodología de Trabajo

La metodología utilizada en el presente estudio fue realizado mediante el siguiente diagrama de flujo:

Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología para el mapa de uso actual de suelo de Shamboyacu y Tres Unidos a partir de imágenes Rapideye 2012



1. Recopilación y análisis de la información existente

Esta etapa comprende la recopilación y revisión de la información cartográfica, vectorial y generalidades de la zona de estudio que cuente CIMA.

La cartografía base del área de estudio fue proporcionada por TNC-CIMA, estructurada en una geodatabase (zpc_shamboyacu.gdb). Contiene las siguientes grupos de información geográfica: Cartografía Base del Perú (base_peru), Cartografía base de Shamboyacu (basecarto), modelos (modelos), y cartografía temática (temáticos). La información contenida en esta geodatabase está referida espacialmente al ámbito del distrito de Shamboyacu (provincia de Picota), que corresponde a la parte centro-sur del área de estudio.

Para complementar la información cartográfica del área de estudio (distrito de Tres Unidos) se empleó información de fuentes oficiales, como el MTC (vías), IGN (ríos y quebradas) e INEI (centros poblados).

a. Imágenes de satélite empleados

RapidEye posee una constelación de cinco satélites idénticos para la observación de la Tierra con la cual ejecuta su modelo. Cada sensor es capaz de recoger la información en cinco bandas del espectro electromagnético: azul (440-510 nm), verde (520-590 nm), rojo (630-690 nm), Red-Edge (690-730 nm) y el infrarrojo cercano (760-880 nm). La resolución nominal en el suelo es de 5 m, Los satélites de RapidEye son los primeros satélites comerciales que incluyen la banda “Red-Edge”, la cual es particularmente sensible a los cambios en el contenido de clorofila. Los estudios demuestran que esta banda puede ayudar al monitoreo de la sanidad vegetal, en la identificación de especies vegetales y cultivos, y contribuir en la medición del contenido de proteínas y nitrógeno en la biomasa.

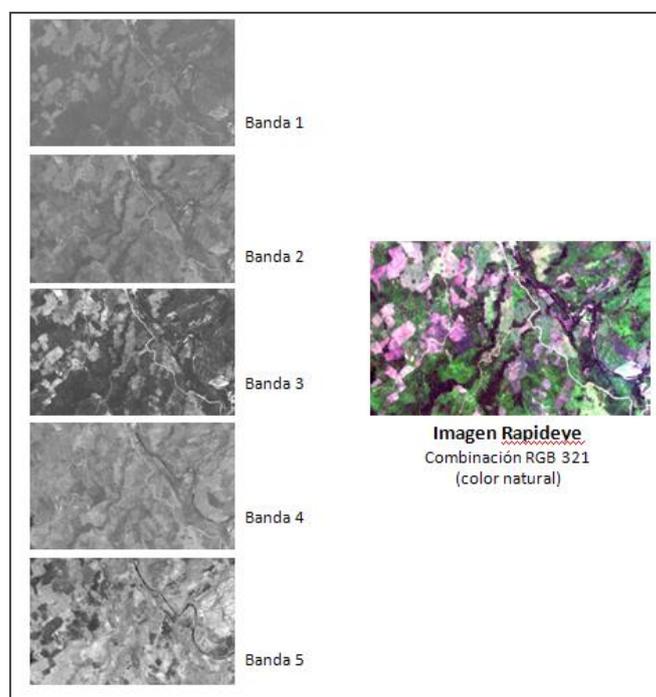


Figura 3: Bandas espectrales de la imagen Rapideye

Características:

- Número de satélites: 5
- Vida útil: 7 años
- Altitud de órbita: 630 km en órbita heliosincrónica
- Frecuencia de revisita: 1 día
- Inclinación: 97,8 grados (heliosincrónico)
- Hora de cruce del ecuador: aprox. 11:00 am
- Distancia de muestra de superficie (nadir): 6,5 m
- Tamaño de píxel (imágenes ortorrectificadas): 5 m
- Ancho de barrido: 77 km
- Almacenamiento de datos a bordo: hasta 1.500 km de datos de imágenes por órbita
- Capacidad de captura de imágenes: 4 millones de kilómetros cuadrados / día

b. Cobertura de imágenes

Para cubrir el área de estudio se han utilizado 6 imágenes Rapideye del año 2012. En la figura se muestra la numeración y distribución de cada una.

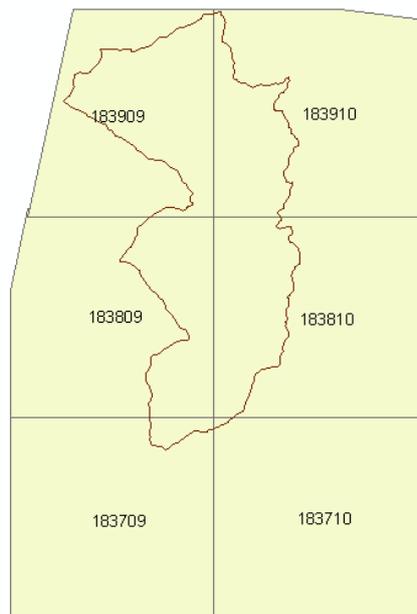


Figura 4 : Cobertura de imágenes Rapideye utilizados en el estudio.

c. Resolución:

Las imágenes han tenido dos resoluciones diferentes. Las imágenes 909, 910 presentaban resolución de 4.99 m y las 809, 810, 709 y 710 con resolución de 5.007 m, 5.001m y 5.006.

2. Acondicionamiento de la Cartografía Base.

Tanto la cartografía base como las clasificaciones de las imágenes RapidEye fueron trabajados usando como referencia espacial el sistema de coordenadas proyectadas UTM (Proyección Universal Transversal Mercator), referida a la zona 18 Sur, con el datum WGS84. Todo el procesamiento de la información vectorial en formato shapefile fue trabajado en el programa ArcGIS Desktop 10.1 (ESRI).

La información base contenida en la geodatabase fue acondicionada para dar cobertura al área del proyecto, en la zona de Shamboyacu.

Además se realizó un trabajo de actualización (digitalización y edición) de los archivos vectoriales de cursos de ríos y quebradas principales (línea), vías (línea), y centros poblados (polígono). Para esto se usó como base la información vectorial de la geodatabase (distrito de Shamboyacu) y de otras fuentes oficiales como MTC, IGN e INEI (distrito de Tres Unidos), las cuales fueron actualizadas a partir de las imágenes de satélite RapidEye (2012) empleando la combinación de bandas RGB de Color Verdadero (321), apropiado para fines de interpretación cartográfica, a una escala de 1:20,000.

3. Procesamiento de las Imágenes de satélite

a. Pre-procesamiento

Para la elaboración del mapa de uso de suelo se utilizaron 6 cortes de imágenes de satélite RapidEye del año 2012, adquiridas por TNC. El pre-procesamiento (corrección geométrica) de estas imágenes de satélite de alta resolución fue realizado por CIMA, siendo luego estas imágenes entregadas al consultor de este proyecto para su interpretación y clasificación en unidades de uso de suelo. A continuación se va a explicar el proceso de pre-procesamiento que se ha debido de seguir para obtener la imagen satelital utilizada en este estudio.

a.1 Proceso de ortorectificación de la imagen satelital

La ortorectificación es el proceso de remover los errores geométricos inherentes dentro de las imágenes. Las variables que contribuyen los errores geométricos son las siguientes:

- Orientación del sensor
- Errores sistemáticos asociados con el sensor
- Desplazamiento debido al relieve
- Curvatura de la tierra

Los efectos del desplazamiento debido al relieve son tomados en cuenta utilizando un DEM generado a partir de Figuras aéreas durante el procedimiento de ortorectificación. El proceso de ortorectificación toma las imágenes digitales crudas y aplica el DEM asociado a los coeficientes polinómicos racionales (RPC), es decir, el coeficiente de los valores de latitud, longitud, y altura del píxel, obteniéndose una imagen ortorectificada, cada píxel dentro de la imagen adquiere fidelidad geométrica. Así que las mediciones que se hacen sobre una imagen ortorectificada representan las posiciones de los objetos como si ellas

fueran hechas directamente sobre la superficie terrestre (Figura 5). Para mayor precisión se deben utilizar puntos de control.

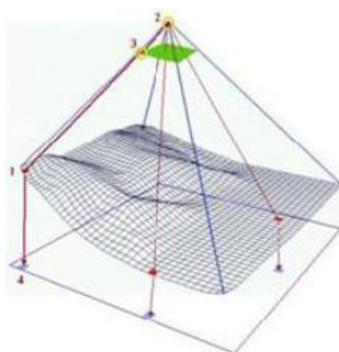


Figura 5. Proceso de ortorectificación

a.2 Proceso de Corrección atmosférica de las imágenes Satelitales

Es un proceso para obtener el valor de reflectancia espectral de la superficie, con esta corrección se elimina los efectos atmosféricos producido por las partículas presentes en la misma.

a.3 Corrección Radiométrica

Es un proceso de la conversión de valores de niveles digitales a valores de radiancia este paso es fundamental en los datos de imágenes, para ello se requiere los coeficientes de calibración.

a.4 Corrección geométrica

Esta corrección fue realizada utilizando la imagen satelital landsat del 2010, tomando puntos de control comunes y fácilmente ubicables con la imagen Rapideye, CIMA utilizó el número de puntos necesarios para obtener la mejor georeferenciación.

b. Procesamiento y Transformaciones a la imagen

b.1 Composición de bandas

Se emplearon tres composiciones de color RGB a partir de tres bandas de las imágenes multiespectrales RapidEye. Estas son:

Composición RGB 321 (Color real): banda 3 (rojo) en canal Red, banda 2 (verde) en canal Green, y banda 1 (azul) en canal Blue. Esta composición se usó como apoyo a la interpretación cartográfica base y digitalización.

Composición RGB 452 (Falso color): banda 4 (Red edge) en canal Red, banda 5 (infrarrojo cercano) en canal Green, y banda 2 (verde) en canal Blue. Esta composición se usó como apoyo a la interpretación de la vegetación para la clasificación de la imagen.

Composición RGB 542 (Falso color): banda 5 (Infrarrojo cercano) en canal Red, banda 4 (Red edge) en canal Green, y banda 2 (verde) en canal Blue. Esta composición se usó como apoyo a la interpretación de la vegetación para la

clasificación de la imagen, como es el caso de la identificación del bosque secundario.

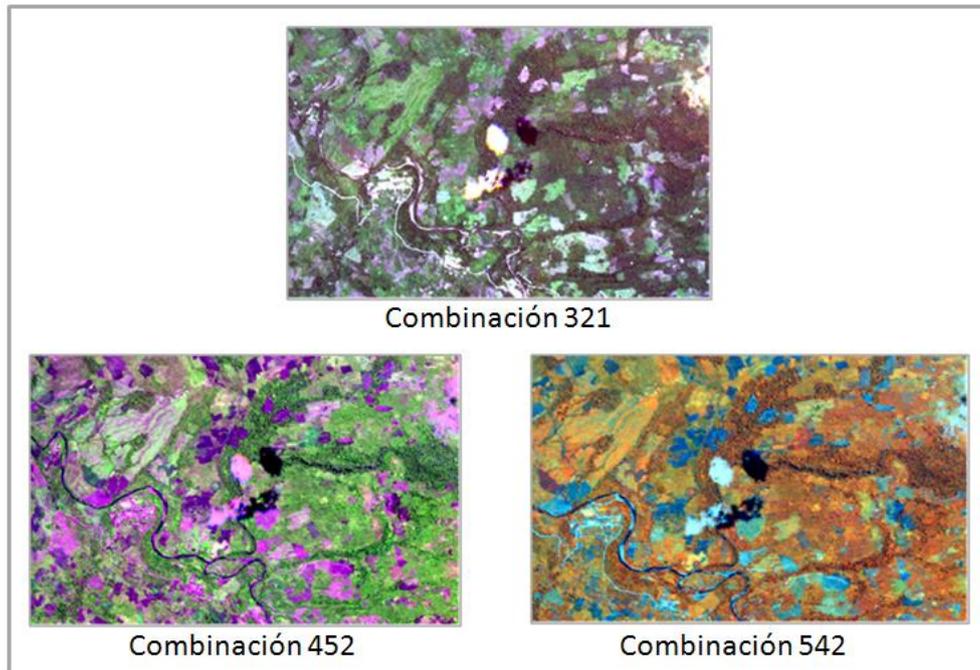


Figura 6: Comparación de combinaciones de la imagen Rapideye (2013) utilizadas en el estudio.

b.2. Realces espectrales

Se realizaron realces de histograma en el área de interés, para mejorar el contraste de las mismas. Con estos realces se busca distribuir uniformemente los niveles de gris para lograr mejorar el contraste y la interpretabilidad de la imagen.

Los procesos de ajuste del contraste tienden a adaptar la resolución radiométrica de la imagen a la capacidad del monitor de visualización (Chuvieco, 2000). En el software ArcGIS, se utilizó la técnica de contraste de "Standard Deviation", la cual aplica un contraste lineal entre los valores definidos por la desviación estándar para la ventana de visualización mostrada. Esto aplicado a cada una de las combinaciones de bandas RGB permitió una mejor interpretación visual de las categorías de uso de suelo a generar.

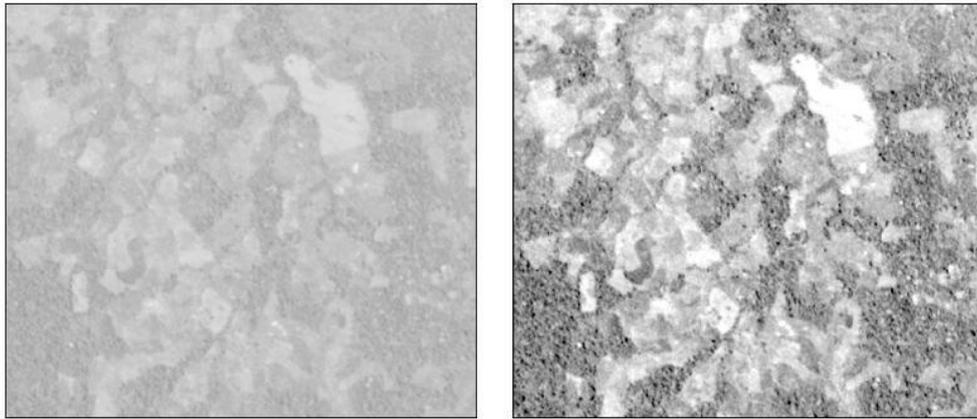


Figura 7: Comparación de sección de la banda 4 de la imagen Rapideye (2012) de Shamboyacu sin realce (izquierda) y con realce "Standard Deviation" para el área visualizada (derecha) en el software ArcGIS 10.1

b.3. Índices de Vegetación

Para fines del estudio se determinó usar el índice de vegetación conocido como NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), en los que se combina la banda roja e infrarroja cercana del espectro, por ser uno de los más empleados. Varía entre unos márgenes conocidos, de -1 a +1 lo que facilita su interpretación.

El empleo de los cocientes para discriminar masas vegetales se deriva del peculiar comportamiento radiométrico de la vegetación, , donde la vegetación sana muestra un claro contraste entre las bandas visibles - especialmente la banda roja (0.6 - 0.7 um) y el infrarrojo cercano (0.7 - 1.1 um) (Chuvienco, 2000). Este índice fue usado para caracterizar las clases de coberturas de uso de suelo, y para una mejor interpretación visual de las mismas, principalmente de suelo desnudo con vegetación boscosa.

En este caso se ha empleado el Red Edge NDVI (Figura 8), para estimar el estado de la vegetación que contiene clorofila, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Red Edge NDVI} = (\text{Band 4} - \text{Band 3}) / (\text{Band 4} + \text{Band 3})$$

El NDVI se ha creado en IDRISI mediante los pasos: a) Menu>Image Processing>Transformation> VEGINDEX>NDVI, b) Se ingresaron las bandas B4 y B3, c) Se Colocó el nombre de class_NDVI.

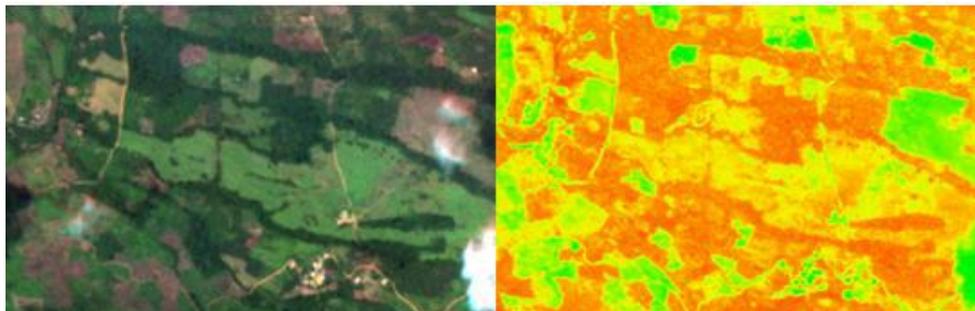


Figura 8: Imagen Rapideye (izquierda) y NDVI para vegetación (derecha)

c. Definición de clases

La leyenda de uso del suelo es la clave de mapeo que expresa cada clase con un color o trama diferente en el mapa, las clases y subclases en una leyenda de cobertura terrestre se corresponden con los usos del suelo. Consecuentemente, al final del proceso de clasificación, la estructura jerárquica de usos del suelo abarca desde las clases globales generales de cobertura terrestre hasta las clases locales de usos del suelo. La leyenda del uso del suelo constituye la base para el mapeo de los usos del suelo.

Para definir las clases finales de cobertura de suelo se realizó un análisis y comparación de dos clasificaciones realizadas con anterioridad para el área de estudio: una realizada por el MINAM (2011) que presenta 3 niveles de detalle, y la otra realizada por CIMA (2010) con 7 clases en un solo nivel. Así, del análisis de ambas clasificaciones y las reuniones de coordinación con CIMA y TNC se definieron once (11) clases de cobertura de suelo en un solo nivel, considerando la escala de trabajo (1:20,000), bajo el esquema de niveles planteado por el MINAM. Se determinó además utilizar la terminología planteada por el MINAM, entre ellas la categoría de Bosque Secundario, dentro de la cual se encontrará a la cobertura purma.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Cobertura Uso de suelo 2010	Cobertura uso de suelo 2013
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo 1.1.2. Tejido urbano discontinuo	1. Áreas Urbanas	1. Áreas urbanas
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados		2. Red Vial
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		2. Cultivo con purma alta	3. Cultivos
	2.2 Cultivos permanentes		3. Cultivo con purma media	
	2.3 Pastos		4. Pastos	4. Pastos
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo	5. Bosques	5. Bosque primario
		3.1.2. Bosque abierto bajo		
		3.1.3. Bosque denso alto		
		3.1.4. Bosque abierto alto		
		3.1.5. Bosque fragmentado		
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal 3.3.3 Vegetación secundaria o en transición	Vegetacion herbazal	6. Bosque secundario
3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas) 3.4.4 Áreas quemadas	6. Suelos desnudos	7. Suelo desnudo	
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	7. Cuerpos de agua	8. Suelo quemado
		5.1.2. Lagunas, lagos		9. Ríos 10. Lagunas

Figura 9: Comparación de tres planteamientos para definir las clases finales del estudio

El esquema acordado muestra una clasificación de cobertura terrestre y de uso del suelo con tres niveles de jerarquía. El Nivel I contiene clases generales de coberturas terrestres, como áreas artificializadas, áreas agrícolas, bosques y superficies de agua. El Nivel II incluye tipos de coberturas más detallados como bosques primarios, áreas con vegetación arbustiva y sin vegetación arbustiva. El Nivel III incluso es más específico como bosque secundario o en transición, áreas quemadas, suelos desnudos.

El siguiente cuadro presenta las 10 clases finales: 1) áreas urbanizadas, 2) red vial, 3) cultivos, 4) pastos, 5) bosque primario, 6) vegetación secundaria, 7) tierras desnudas, 8) áreas quemadas, 9) ríos, 10) nubes y sombras; los cuales pertenecen a los niveles II y III.

Tabla 1. Clases de uso de suelo

Nivel I	Nivel II	Nivel III
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	
	1.2. Red vial	
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos	
	2.3 Pastos	
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques (primario)	
	3.2 Áreas con vegetación arbustivo	3.3.1 Vegetación secundaria o en transición
	3.3 Áreas sin o con poca vegetación	3.3.3 Tierras desnudas
		3.3.4 Áreas quemadas
4. Superficies de Agua	4.1. Aguas continentales	4.1.1. Ríos
5. Zonas sin información	5.1 Nubes	
	5.2 Sombras	

Fuente: Propia, 2013

d. Unidad Mínima Cartografiable:

El principio del área mínima cartografiable permite lograr coherencia en la representación espacial y eficiencia en la lectura y utilidad del mapa en formato impreso. Este principio indica que a partir de determinada área espacial, los polígonos y sus correspondientes contenidos deben ser generalizados; de lo contrario, dificultarían la distinción por parte del usuario cuando se lea en formato analógico (Salitchev 1979).

Se determinó que el tamaño mínimo del área de interpretación para cada clase fuera polígonos de 4mm x 4mm (0.16 ha) a la escala de trabajo 1:10,000, lo que equivale a 256 píxeles en la imagen. Se considera que esta es un área mínima que garantiza operatividad cartográfica y una lectura adecuada del mapa a la escala definida.

e. Clasificación digital de imágenes

Para generar esta clasificación se utilizó un método mixto, que involucra el uso de los métodos de clasificación no supervisada (Isodata) y supervisada (Máxima probabilidad).

e.1. Clasificación no supervisada

Este método se dirige a definir las clases espectrales presentes en la imagen, el cual no implica ningún conocimiento del área de estudio, por lo cual la intervención humana se centra más en la interpretación que en la consecución de los resultados (Chuvienco, 2000). El análisis de los resultados de la clasificación no supervisada servirá como guía a la clasificación supervisada. Esta clasificación se ha realizado para las 6 imágenes empleadas en el presente estudio.

El clasificador usado fue ISODATA, que es una técnica no supervisada de análisis de datos auto-organizado iterativo, realizado en el software Idrisi Selva (Clark Labs) a partir de las 5 bandas espectrales de Rapideye, con 15 iteraciones, especificando como resultado un máximo de 50 clusters. Estos clusters fueron posteriormente interpretados visualmente con las imágenes Rapideye para identificar coberturas de uso de suelo que podrían estar bien representadas con uno o más clusters, así como posibles zonas de vegetación que no son fácilmente distinguibles en la imagen (Figura 10). Esto nos permitió conocer en esta etapa la distribución espacial de determinadas coberturas en la imagen.

Para la clasificación no supervisada se siguió los siguientes pasos a) Menu> Image Processing > Transformation > Hard Classifiers> Isodata, b) Number of file colocar el número 5 por la cantidad de bandas que tiene la imagen y Maximun iterations” ingresar 15, c) Colocar el nombre del archivo final.

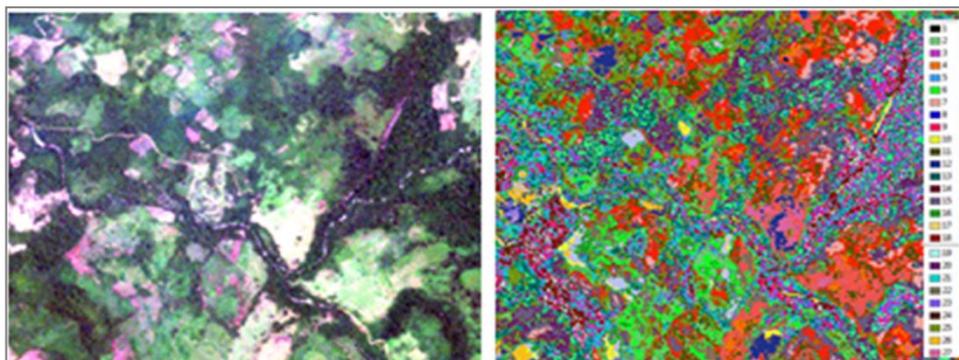


Figura 10: Clasificación No supervisada de la imagen Rapideye (2013) de la zona de tres Unidos (Imagen 909).

Del análisis de los resultados se obtiene una buena discriminación de las coberturas de bosque primario y suelos sin vegetación, por ser más homogéneos en su composición espectral.

e.2. Clasificación supervisada

El método supervisado parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia propia o por trabajos de campo (Chuvienco, 2000). Para realizar la clasificación supervisada se digitalizaron "sitios de entrenamiento" representativos de cada categoría de uso de suelo, identificados sobre las imágenes RapidEye en base a la experiencia del especialista y a los puntos de campo entregados por CIMA. Estos sitios de entrenamiento se refieren a los polígonos en formato shapefile digitalizados en el software ArcGIS 10.1 los cuales representan a cada clase evaluada.

Para cada clase definida se creó un shape en ArcCatalog, luego se dibujaron polígonos (vectores) utilizando la herramienta Editor>Star Editing>Create new feature que encierren zonas claramente identificables de cada clase sobre la imagen con su código respectivo. Cada polígono que se dibujó sobre la imagen tuvo un código (1,2,3...15) que correspondió al valor que representa cada clase (Clase1=1, Clase2=2, Clase3=3, Clase4=4,Clase15=15)

Para definir los sitios de entrenamiento se utilizó inicialmente como base la imagen 809, por ser una de las de mayor extensión que presenta el área de estudio. En esta delimitación de sitios de entrenamiento se usaron los criterios y elementos de interpretación que deben trabajarse en conjunto y de manera integrada en el proceso de interpretación visual de las imágenes, como son color, forma, tono, textura, patrón.

Esto fue además apoyado por los datos recogidos en campo, que sirvieron para confirmar la cobertura de suelo delimitado, y la clasificación no supervisada, para identificar zonas con similar comportamiento espectral dentro de la imagen (Figura 11). En esta definición de sitios de entrenamiento se emplearon las imágenes con las combinaciones de color RGB 542, 452 y 321 (Figura 12).

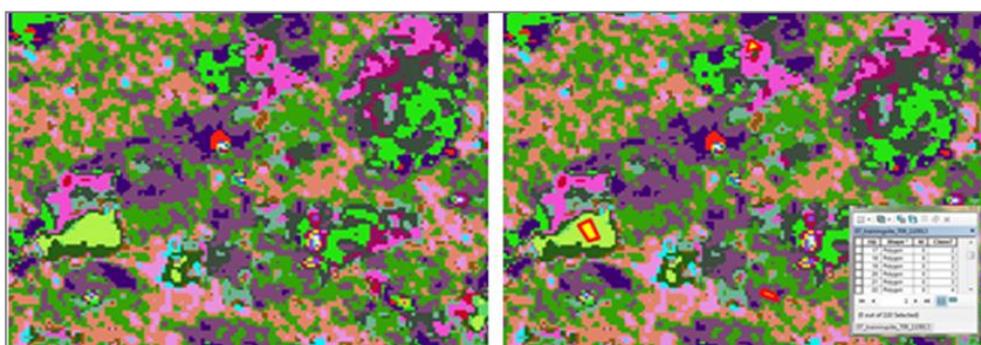


Figura 11: Sitios de muestreo de para Imagen 709 de la zona de Shamboyacu con No supervisada.

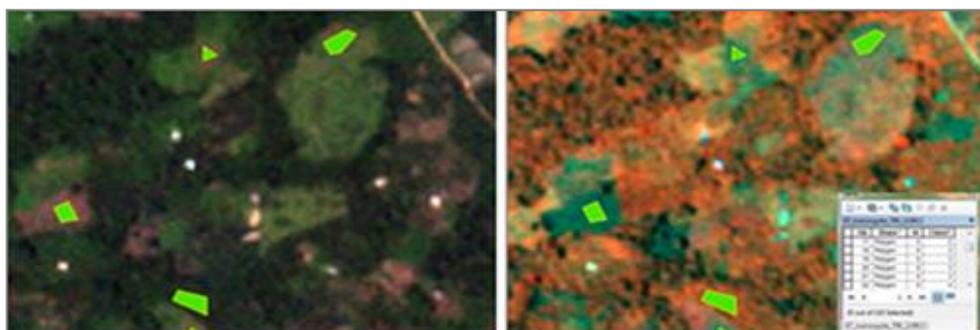


Figura 12: Sitios de muestreo de para Imagen 709 de la zona de Shamboyacu con combinaciones 321 y 542.

Se obtuvieron 15 diferentes coberturas o "clases" en base a los criterios de textura y color que servirán de base para todas las clasificaciones posteriores de las imágenes restantes, no todas las imágenes tuvieron la totalidad de estas clases, a continuación presentamos un ejemplo de las clases 1 (Figura 13) y 2 (Figura 14) para observar todas las clases ver el anexo 1.

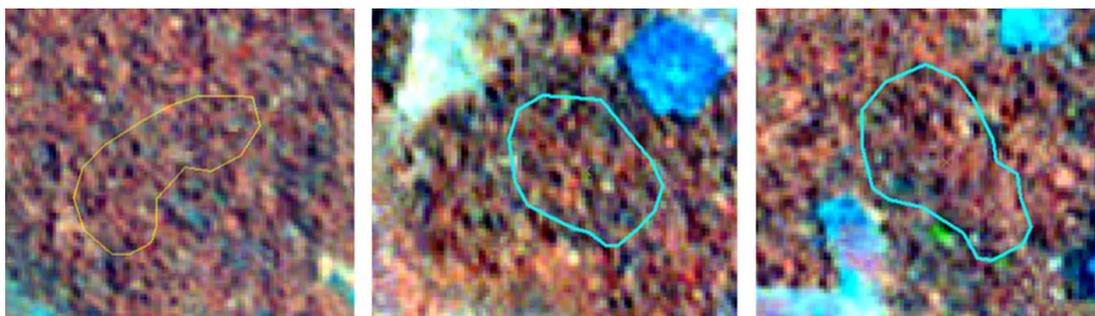


Figura 13: Cobertura o clase 1

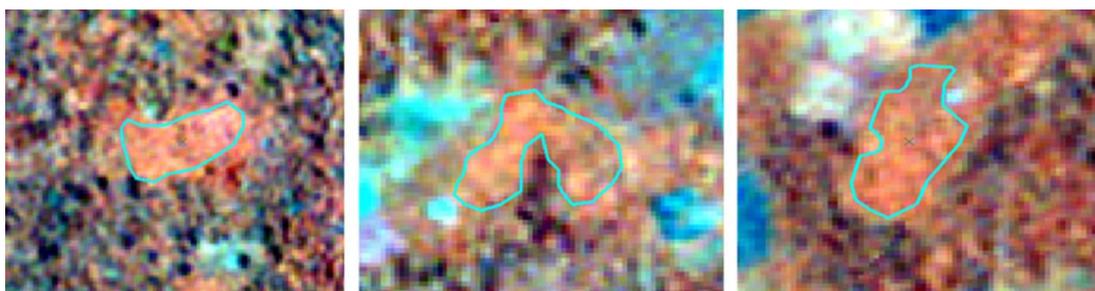


Figura 14: Cobertura o clase 2

Cada imagen ha tenido diferente número de sitios de entrenamiento debido a la calidad que presenta cada una, como por ejemplo la nubosidad la cual fue bastante complicada especialmente las imágenes que presentaban la llamada "bruma". A continuación en el cuadro 1 se presentan el número de sitios finales utilizados para las clasificaciones finales. Cabe señalar que se han realizado varias clasificaciones por cada imagen para poder llegar a la más adecuada.

Tabla 2. Número de sitios de entrenamiento por imagen

	Imágenes satelitales					
	909	910	809	810	709	710
Sitios de entrenamiento	173	122	166	110	110	63

Una de las coberturas que presentó mayor dificultad para la clasificación es el bosque secundario, esto debido a que mayormente se diferencian por textura ya que el color es muy similar al de ciertos cultivos. El bosque primario y los suelos sin vegetación fueron las coberturas de más sencilla identificación por la homogeneidad espectral de los píxeles que la componen, y su carácter distintivo de otras clases, lo que evita su confusión con otras clases.

Algunos sectores de las imágenes presentaban nubes y neblina (nubosidad de poco espesor), lo que dificultó la adecuada identificación de las coberturas, especialmente en zonas en la imagen contiguas a nubes densas, o en zonas con nubes de poco espesor, ya que la influencia de las diferentes coberturas que se encuentran bajo estas hace difícil una discriminación totalmente automática.

Los sitios de entrenamiento fueron luego importados al software Idrisi, donde se generaron las firmas espectrales para cada clase definida a fin de evaluar la separabilidad de las mismas. Para ello se ingresaron las 5 bandas espectrales de

la imagen al módulo MAKESIG (signature extraction), y las firmas espectrales generadas fueron evaluadas en el módulo SIGCOMP. Los resultados nos muestran el comportamiento distintivo de las clases generadas, en algunos casos zonas con comportamiento muy similar que podrían ser reagrupadas en la definición final de las clases.

Se decidió usar el algoritmo clasificador del Método de Máxima Probabilidad, que es uno de los más aceptados y recomendados en clasificación supervisada, sin embargo este método requiere procesos más grandes para calcular la probabilidad de cada píxel. Se procedió a correr el clasificador seleccionado en el software Idrisi, módulo MAXLIKE (maximum likelihood classification), asignando un mismo nivel de probabilidad a cada clase para que se genere la clasificación. Se definió que se clasifique la totalidad de los píxeles presentes en cada imagen.

Este clasificador, si bien es el más complejo y demanda mayor volumen de cálculo, es el más empleado en teledetección por su robustez y por ajustarse con más rigor a la distribución original de los datos. Esta función asemeja la distribución real de los niveles digitales en esa categoría, por lo que nos sirve para calcular la probabilidad de que un píxel, con un determinado nivel digital, sea miembro de ella. El cálculo se realiza para todas las categorías que intervienen en la clasificación, asignando el píxel a aquella que maximice la función de probabilidad.

f. Segmentación

La clasificación basada en la segmentación es un enfoque que clasifica una imagen de satélite basado en los segmentos de la imagen. La segmentación es un proceso de definición de píxeles homogéneos dentro de los segmentos de la imagen espectralmente similares (Clark Labs, 2009). Los segmentos de las imágenes representan mejor los objetos en el paisaje que lo que hace los píxeles originales. Este método es altamente adecuado para aplicaciones que emplean imágenes de satélite de mediana y alta resolución para el mapeo de coberturas de uso de suelo.

Cabe mencionar que los segmentos de la imagen no fueron usados en la generación de los sitios de entrenamiento, los cuales fueron obtenidos mediante digitalización e interpretación visual de las imágenes.

Para realizar la segmentación se utilizó el software IDRISI, el cual incluye métodos de segmentación de imágenes para clasificar la cobertura del uso del suelo (Cámara, 1996; Eastman, 2009). Un algoritmo reúne grupos de píxeles sobre la base de sus respuestas espectrales y a un conjunto de reglas establecidas por el analista. Se probaron tres niveles de segmentación: 25, 15 y 10, de los cuales el último es el que mejor delimita los distintos parches de la imagen.

Los pasos para realizar la segmentación son los siguientes: a) Menu>Image Processing > Segmentation Classifiers > SEGMENTATION, b) En la sección “Band Files”, indicar 5 bandas (Number of files) y luego ingresar cada una de las 5

bandas. c) En “Output prefix”, ingresar “Segment”, En la Figura 15 se muestra un extracto de la segmentación realizada para las 6 imágenes utilizadas.

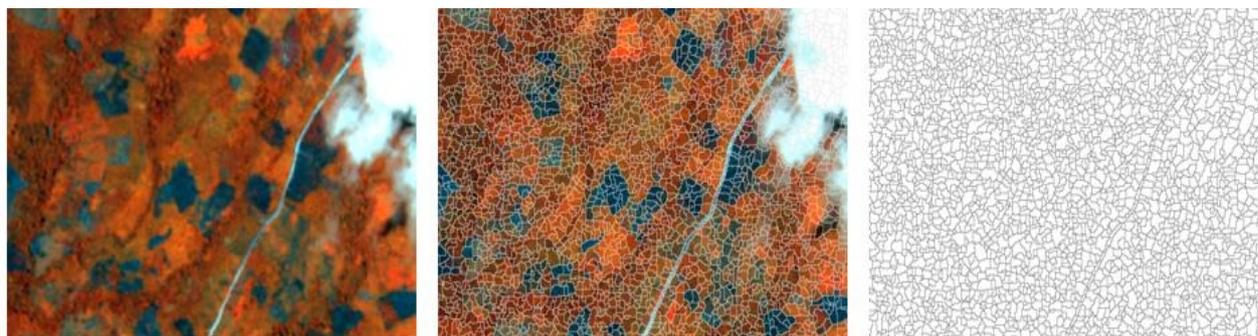


Figura 15: Segmentación de imagen Rapideye (2013) de la zona de Shamboyacu (imagen 809)

Para definir cuál es el mejor nivel de segmentación, dependerá de la cobertura que se desee analizar. En este caso las imágenes Rapideye, las coberturas mostraban mucha variabilidad de textura y color, observando que una segmentación baja las delimitaría mejor. Asimismo, es posible también utilizar el nivel 15 donde no hay mucho cambio pero se prefirió mantener el menor nivel por la dificultad que se observó inicialmente y así tratar de disminuir errores.

Como producto de la segmentación de las imágenes se obtuvo capas de segmentos de las imágenes, en base a la evaluación de las cinco bandas de cada imagen, así como un ancho de ventana de análisis de 3, y una tolerancia de 10. Estos segmentos serán posteriormente en la post clasificación serán fusionados con la clasificación obtenida mediante el método supervisado, para así obtener la clasificación final de uso de suelo.

Los pasos son los siguientes: a) Menu> Image Processing > Segmentation Classifiers > SEGCLASS, b) En la ventana SEGCLASS, ingresar la imagen de segmentación generada, c) En “Pixel classification reference image” ingresar el nombre del archivo con la clasificación. A este archivo se le aplica la segmentación, d) Ingresar el nombre del archivo resultante (Output segment classification image) que es el nombre de la clasificación final.

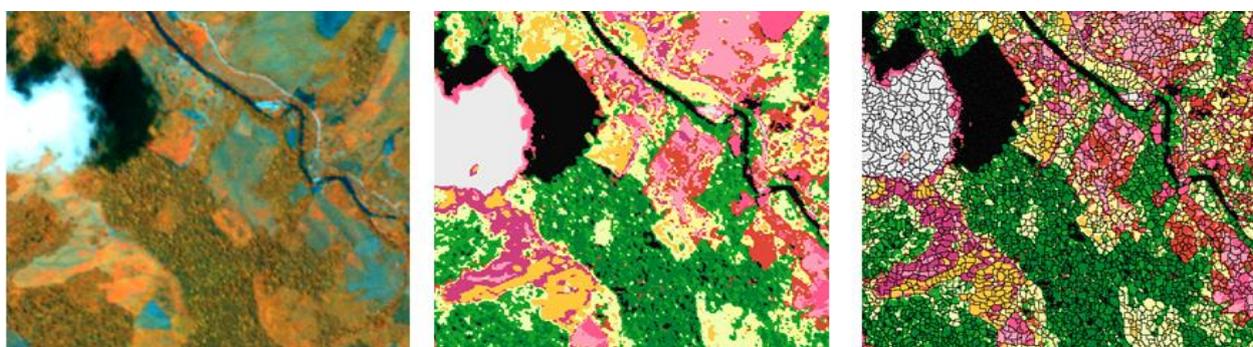


Figura 16: Segmentación de la clasificación original de la imagen Rapideye (2013) de la zona de Shamboyacu (Imagen 809).

g. Post-Clasificación

Considera los trabajos posteriores a la clasificación de las imágenes que van a aportar para mejorar la información obtenida durante la etapa de clasificación. Esta etapa incluye la digitalización de elementos, superposición de capas y el reagrupamiento de clases.

g.1. Digitalización de elementos

Este proceso incluyó la delimitación sobre las imágenes de elementos que no han sido obtenidos claramente en la clasificación. Esto fue realizado a través de la identificación visual sobre la imagen de estos elementos, empleando combinaciones de color RGB 321 apropiados para la discriminación de estos elementos. Estos elementos digitalizados fueron centros urbanos, vías y ríos fueron incorporados posteriormente a la clasificación. La digitalización apoyada en la interpretación visual se realizó en el software ArcGis 10.1.

Además se digitalizó en cuanto a coberturas vegetales en primer lugar los bosques primarios en especial los limitantes con las nubes y franjas que se confunden con bosque secundario, en segundo lugar las zonas de cultivos en donde se encontraban presencia de pastos los cuales espectralmente hay mucha similitud y en tercer lugar algunas zonas de suelo desnudo que se confunden con vegetación rala. Esta digitalización es apoyada del NDVI.

g.1.1. Reagrupamiento de clases

Este proceso corresponde a la unión de clases que representan una misma cobertura aunque puedan presentar diferencias en el comportamiento espectral y hayan sido clasificados inicialmente como categorías distintas. Ejm: Cobertura: Suelo desnudo, clase general que resultaría de unir diferentes clases que las teníamos como números inicialmente por ejemplo 2, 4, 8. Este proceso se realiza en el software ArcGis 10.1.

Es sabido que en la mayor parte de trabajos, el intento de establecer subdivisiones en una clase temática implica problemas de asignación, puesto que se pretende discriminar cubiertas muy similares espectralmente. Por ello, se ha comprobado que la agrupación de clases en una clase común aumenta la precisión de la cartografía final. Cabe mencionar que toda clasificación conlleva un cierto margen de error, ya sea en función de la calidad de los datos (imagen y campo), o de la rigurosidad del método empleado.

Se pueden citar ciertos errores debido a la estructura del territorio, en el que se incluyen las confusiones derivadas de la disposición espacial con que se presentan las cubiertas en la zona de estudio. Por ejemplo, en coberturas donde la unidad observada es de extensión inferior al tamaño del pixel, el sensor detecta una señal promedio entre dos o más cubiertas haciendo difícil su discriminación. Esto se complica cuando se trata de coberturas en las cuales la transición entre una y otra no es muy marcada, entonces los pixeles de borde registrarán una señal radiométrica intermedia a ambas coberturas.

g.1.2 Aplicar filtros a la Clasificación.

El filtro produce una nueva imagen basado en un filtro de vecindad de tamaño variable. Se siguieron los siguientes pasos: a) Menu> Image Processing > Enhancement > FILTER, b) Seleccionar el tipo de filtro (Filter Type): Escogemos “Mode” (Filtro modal). c) Como “input image” se seleccionó la más reciente clasificación supervisada de la imagen Rapideye que se realizó d) En “Filter size” se seleccionó la ventana de 3x3. e) Como output file se ingresó el nombre de la clasificación_f3 evaluando los resultados.

g.2 Superposición de capas

Se tienen las capas digitalizadas en formato vectorial visibles en la imagen con sus respectivos códigos como bosque primario=1, cultivos=3, Áreas urbanas=9, ríos=10, vías=11 de la zona de estudio. Estas coberturas han resultado complejas la separabilidad. Este archivo vectorial tiene que ser luego convertido a raster con las propiedades de las imágenes Rapideye.

Se debe realizar la superposición de cada archivo siguiendo los siguientes pasos: a) Menu> GIS Analysis > Database Query > OVERLAY, b) En la Ventana de OVERLAY, indicar como First Image la imagen “Bosque primario”, que es la capa que va ir sobre la 2da. c) Como Second image, ingresar la clasificación con el proceso de Reclass. d) Como Overlay options, seleccionar “First covers Second except where zero”. e). Dar OK, para actualizar la clasificación.

h. Validación de datos

No se ha realizado una verificación o estimación de la precisión de la clasificación debido a las diferencias en fecha de toma de imágenes (2012) y las fechas de visita a campo (2013), de la variación temporal de las coberturas de cultivos y pastos, además no se ha realizado una segunda salida de campo.

Los puntos de campo levantados por CIMA en Tres Unidos y Shamboyacu en el año 2013 contienen información de interés, sin embargo se tuvieron dificultades para utilizarlos en la clasificación debido a la diferencia de momentos de la toma de la imagen con el trabajo de campo debido a que las descripciones no correspondían en muchos casos a lo que se observaba en la imagen satelital, situación similar a lo ocurrido con los puntos evaluados en el año 2011.

VI. Resultados

6.1 Clases finales

En base a la clasificación realizada se presenta a continuación el cuadro de las 10 clases con sus respectivas áreas, número de pixel por clase y porcentajes. La columna de códigos corresponde a la numeración que se ha trabajado para cada clase y así entender el raster de la clasificación. El mapa final se puede observar en el Anexo 2.

Cuadro 1: Áreas finales de las coberturas

Descripción	Código	Pixeles (5x5m)	Area (m2)	Area (Ha)	%
Bosque primario	1	10,191,917	254,797,925	25,480	33.3%
Bosque secundario	2	3,718,427	92,960,675	9,296	12.2%
Cultivos	3	5,414,022	135,350,550	13,535	17.7%
Pastos	4	2,200,217	55,005,425	5,501	7.2%
Suelo desnudo	5	827,683	20,692,075	2,069	2.7%
Suelo quemado	6	44,216	1,105,400	111	0.1%
Urbano	7	62,831	1,570,775	157	0.2%
Sin dato (nubes y sombras)	8	7,885,213	197,130,325	19,713	25.8%
Vías	9	118,044	2,951,100	295	0.4%
Ríos	10	127,534	3,188,350	319	0.4%
Total		30,590,104	764,752,600	76,475	100.0%

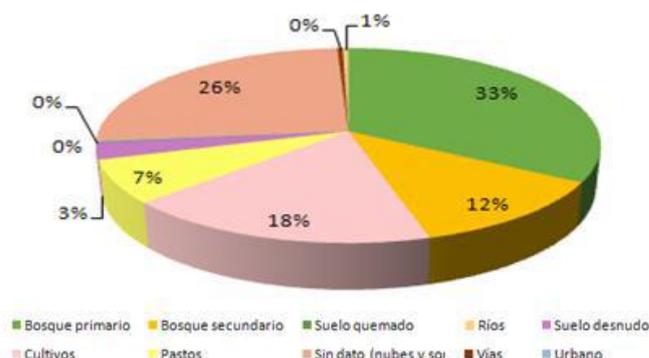


Gráfico 1: Porcentaje por clase

6.2 Definiciones de clases

1. Bosque primario: Es una cobertura que se encuentra limitando con los bosques secundarios o transicionales, o como parches en medio de cultivos o pastos. La mayor superficie se encuentra en el PNCAZZ por ser un área Protegida. Se encuentran arboles altos mayores de 20m con potencial maderable. Presenta un área de 25 480 ha (33 %).

En la imagen satelital se le reconoce por la coloración verde oscura y textura gruesa (321), y en la combinación 542 se observa de color naranja oscuro combinado con algunos puntos azules y marrones.



Foto 1: Cobertura de bosque primario sector Shambuyacu (2013), fuente CIMA.

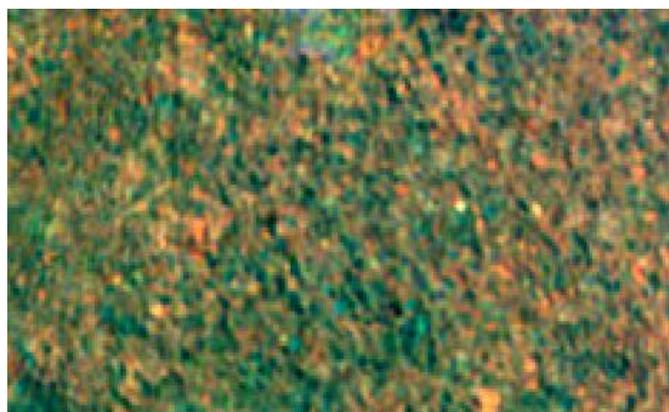


Figura 17: Ejemplo de Clase Cultivos en combinación 542.

2. Vegetación secundaria o en transición: Esta cobertura se caracteriza por presentar las purmas altas y medias, son tierras que fueron utilizadas para actividades como agricultura y ganadería las cuales han sido dejadas o abandonadas. Se encuentran especies como " guaba", " atadijo", "cachimbo", entre otros. Representa en el área de estudio el 12.2 % con 9 296 ha. Se ubican en todo el área de estudio principalmente bordeando zonas de pastos o cultivos y limitando con el bosque primario.

En la imagen se le reconoce con textura granulada media para la llamada purma alta con color verde no tan oscuro y las purmas bajas con color verde más claro y de textura granulosa más finas en la combinación 321 y colores naranjas en la combinación 542.



Foto 2: Cobertura de purma zona de Shamboyacu (2013), fuente CIMA.

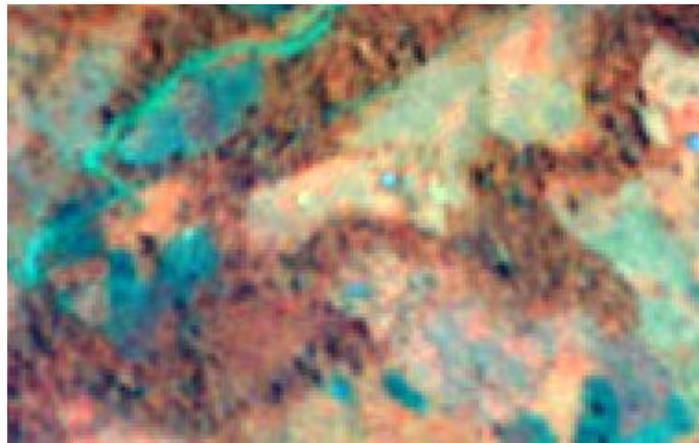


Figura 18: Ejemplo de Clase Cultivos en combinación 542.

3. Cultivos: Esta cobertura integra los cultivos perennes y de transición entre ellos maíz, arroz, piña, papaya, café en algunos casos presentan suelo desnudo pero en un porcentaje de 20% aproximadamente. Se presentan en toda el área de estudio pero con mayor cantidad en la parte central derecha donde se ubican mayormente los centros poblados. Abarca un área 13 535 ha (17.7%) En la imagen se observan de varias tonalidades de verdes claros o amarillentos y textura poco granulosa, en la combinación 321 y en tonalidades naranjadas en la combinación 542.



Foto 3: Cobertura de cultivos zona de Shamboyacu.(2013), fuente CIMA.



Figura 19: Ejemplo de Clase Cultivos en combinación 542.

4. Pastos: Es aquella cobertura que está cubierta de vegetación herbácea compuesta por pastos "braquearias", "toturco", "elefante", estas coberturas son utilizadas para ganadería, otras provienen de agricultura como último uso.

Ocupan espacios con distintas densidades entre 60 a 100%. Se ubican en la mayor parte área de estudio excepto en el PNCAZ. Representa el 7.2% (5 501 ha). En la imagen satelital se observa de un color verde limón a blanco de textura lisa y en otros casos poco granulosos en la combinación 321. En la combinación 542 son de color amarillo y anaranjado muy claro y en algunos casos blancos celestes dependiendo . Esta clase es muy fácil de confundirse visualmente con tonalidades de cultivo.



Foto 4: Cobertura de pastos zona de Shamboyacu.(2013), fuente CIMA.

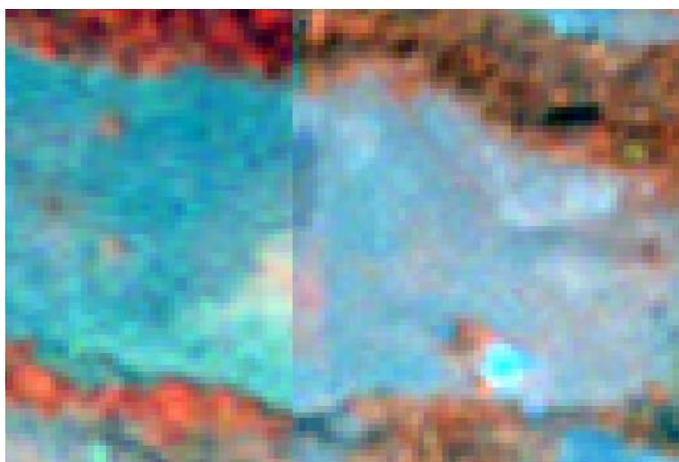


Figura 20: Ejemplo de Clase Cultivo en combiación 542.

5. Tierras desnudas: Es la cobertura que presenta nada o poca vegetación, compuesto de suelos en su mayoría arcillosos. Son áreas donde lo dejan limpio para cultivo, suelos donde ha habido demasiada compactación o en descanso con poca vegetación. 2 067 (2.7 %) En la imagen se observan de color rosado claro en la combinación 321 y azul claro y oscuro para la combinación 542.

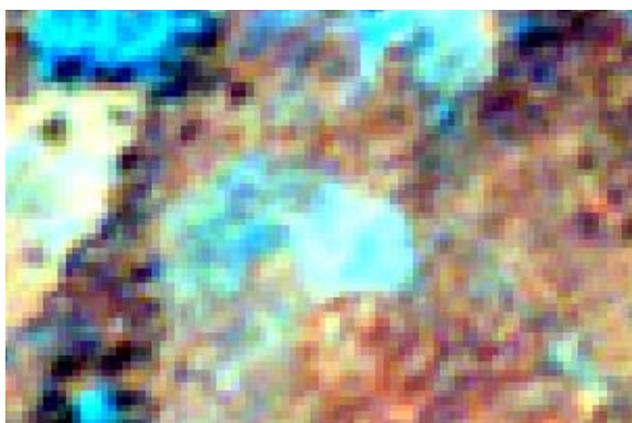


Figura 21: Ejemplo de Clase suelo quemado con combiación 542.

6. Tierras quemadas: Son aquellas tierras que han sido quemadas por acción del hombre para apertura de nuevas chacras. Se encuentran mayormente limitando con el bosque secundario y cultivos. Representan el 0.1% del área total (94.46 ha). En la imagen se ven de color rosado oscuro (321) y azul oscuro en la combinación 542.

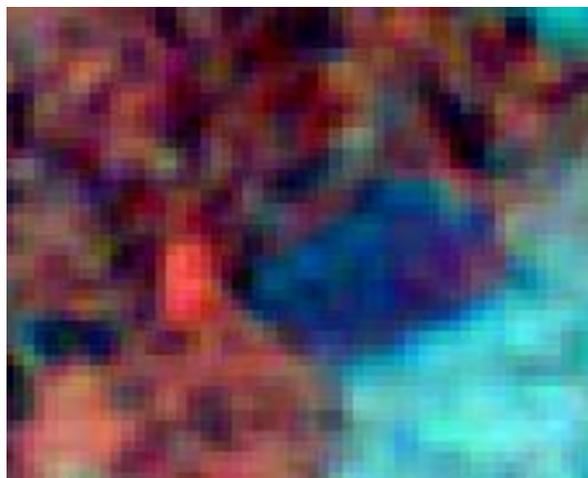


Figura 22: Ejemplo de Clase suelo quemado con combinación 542.

7. Áreas pobladas: Son coberturas donde se presenta infraestructura agrupada, con suelo desnudo, las casas individuales que se encuentran dispersas no se le considera dentro de esta categoría. En la imagen satelital presenta un color blanco brillante con la combinación 321. Presentan un área total de 157.78 ha.

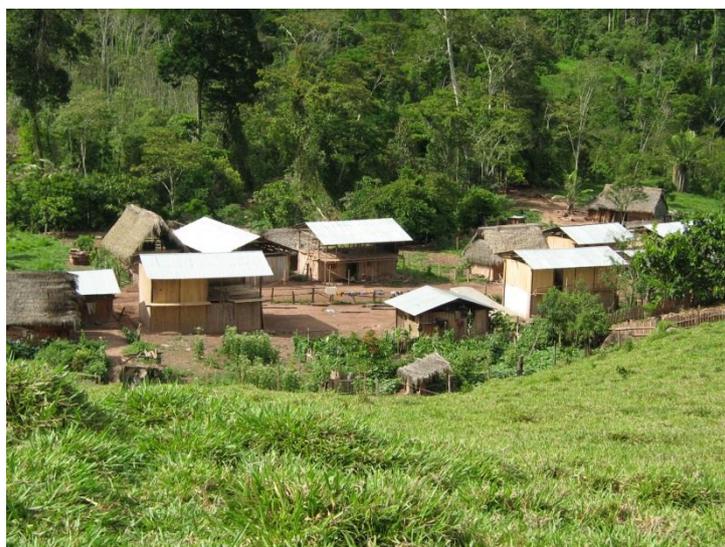


Foto 5: Poblado en Alto Ponaza, fuente CIMA

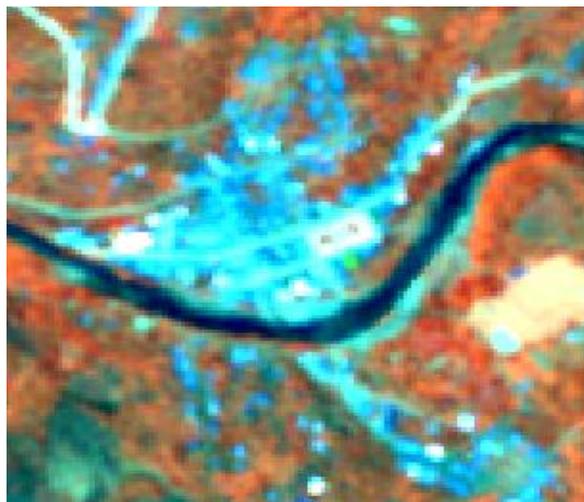


Figura 23: Ejemplo de Clase Areas pobladas con combinación 542.

8. Sombras y nubes: esta cobertura llamada también "sin información" se ubica en toda el área de estudio principalmente en la zona del Parque Nacional Cordillera Azul con nubosidades más grandes (ver Figura 8). Presenta un área de 19 713 ha (25.8%). En la imagen satelital se le observan de color blanco cuando es una nube densa y gris cuando es una nube rala, para las sombras se ven de color gris oscura ambas en combinación 321.



Foto 6: Cobertura de nubes típica de la zona de estudio, fuente CIMA

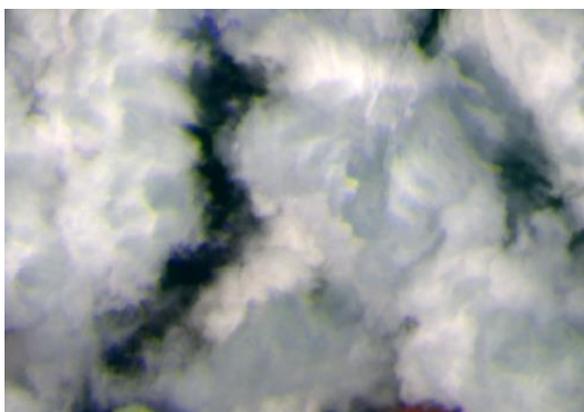


Figura 24: Ejemplo de Clase Cobertura de nube, combinación 542.

9. Red vial: Esta cobertura se encuentra donde hay presencia de poblados o uniendo estas las vías son mayormente carrozables son exclusivamente de tierra. En la imagen satelital se ven de color blanco y textura fina.



Foto 7: Vías carrozable del sector Shambira, fuente CIMA.

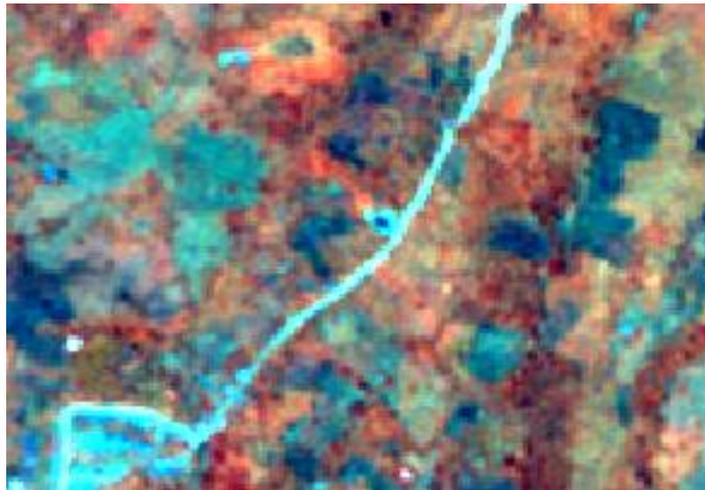


Figura 25: Ejemplo de Clase Vías carrozable, combiación 542.

10. Ríos: Se refiere a los cuerpos de agua que recorren toda el área, se observan ríos y quebradas. Representan un área mínima de 319 ha (0.4%) En la imagen se les reconoce de color blanco en la combinación 321 y celeste claro en la combinación 542.



Foto 8: Quebrada en el Sector de Vista Alegre, fuente CIMA.



Figura 26: Ejemplo de Clase ríos con combinación 542.

6.3 Bosque y no bosque

En el caso de bosque y no bosque se ha considerado a la clase "bosque" lo que representa es el bosque primario (21834.47 ha) y a la clase "no bosque" todas las demás clases (34137.83 ha) excepto la clase "sin información".

Se ha considerado no bosque al bosque secundario debido a que abarca también purna pequeña. También hay que considerar que el bosque primario en su mayoría esta debajo de las nubes y sombras las cuales para este caso no han sido cuantificadas.

En el cuadro 3 se observan las áreas y porcentajes del bosque y no bosque, el mapa se encuentra en el Anexo 2 - Mapa 3

Cuadro 2. Áreas bosque no bosque

N.	Clases	Area (ha)	Porcentaje
1	Bosque	25 480	33.3
2	No bosque	30 963	40.5
3	Sin información	19 713	25.8
4	Cuerpos de agua	319.00	0.4
Total		76 475	100.0

La clase no bosque es la que abarca la mayor parte del área de estudio 40.5%, el cual nos indica que existe una alta deforestación por apertura de áreas para cultivo y pastos, pero también hay áreas que están en proceso de empurmarse (bosque secundario), a su vez se observa un porcentaje muy alto de la clase "sin información" la cual puede ocasionar variaciones en el área de las coberturas de bosque y no bosque.

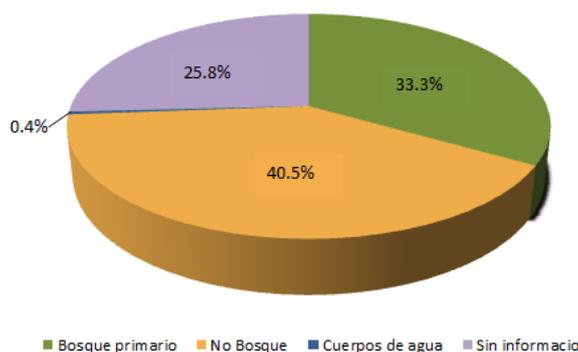


Gráfico 2. Porcentaje por clase de bosque y no bosque

Como se observa en el gráfico 2 la clase cuerpos de agua no forman parte de la categoría no bosque presentando un porcentaje mínimo de 04%.

VII. CONCLUSIONES

Las clases de bosque primario y secundario representan un área de 34 776 ha siendo el 45.5%.

En el área de estudio se observa un uso de la tierra "alta" para actividades de cultivo y pastos (ganadería) incrementando la apertura zonas sin cobertura (tierra desnuda); para realizar la actividad de agricultura se realizan quemas de los suelos los cuales ese han podido encontrar en esta clasificación. Se puede decir que hay procesos de cambio de uso de la tierra iniciando con las quemas del bosque, continuando con cultivos que al momento de volverse pobres los suelos para esta actividad pasan a ser pastos, o en caso contrario luego de ser cultivos son dejados para que se empurme.

La diferenciación entre las clases cultivos y pastos a pesar de tener puntos de campo se tuvo dificultad en poder separarlas debido a los valores espectrales NDVI semejantes especialmente los cultivos pequeños que pueden confundirse con el pasto.

Para la vegetación en transición o bosque secundario en algunos casos podría confundirse espectralmente con bosque primario, como la imagen 909 donde la nubosidad fina y la calidad de la imagen pueden ocasionar estas dudas, y por otra parte la purma baja con cultivos.

La cantidad de nubosidad encontrada en las imágenes en especial las neblinas muy finas hizo complicado realizar la clasificación supervisada debido a que los valores espectrales de las clases varían totalmente, teniendo que utilizar para mejorar la clasificación la digitalización y máscaras. En este trabajo las imágenes satelitales han contenido cantidad alta de neblinas. El problema con la nubosidad se presenta en todo el departamento de San Martín y en general en los trópicos.

Los cambios de coberturas que se observaron en ambos trabajos de campo se deben al gran dinamismo que presentan estos distritos pasando del bosque a agricultura o ganadería principalmente. Hay bosques que pasan a una agricultura cíclica con periodos combinados con barbechos, otros solo son utilizados para agricultura y luego son cambiados definitivamente a pastos y otros pasan solo a ser pastos.

VIII. RECOMENDACION

Antes de interpretar las imágenes, se necesita trabajo de campo para identificar las unidades homogéneas de tierra a los fines de su clasificación. Durante el trabajo de campo, el equipo de análisis puede recolectar información sobre el terreno, la cual puede ser utilizada para entrenamiento y validación. A fin de evitar cualquier confusión, deben crearse dos conjuntos de datos – uno con puntos de entrenamiento y el otro con puntos para validación.

Estos trabajos de campo deben ser realizados en lo posible en las mismas fechas de toma de la imagen para que puedan ayudar al intérprete a tomar mejor los sitios de entrenamiento.

Si en un futuro se realizaría un trabajo similar para cambio de cobertura se recomienda que se utilicen imágenes satelitales de alta resolución Rapideye o similares en resolución para poder compararlas. Es importante considerar la resolución de las imágenes cuando se desarrolle la leyenda del uso del suelo debido a la posibilidad que usos del suelo distintos se vean iguales en una imagen satelital Las unidades cartográficas combinadas se utilizan cuando los elementos que componen una unidad cartográfica son demasiado pequeños como para ser delineados en forma independiente.

Si bien se ha tomado el cuidado para esta clasificación se recomienda tomar esta clasificación solo para esta fecha de toma de la imagen.

IX. REFERENCIAS

Referencias por artículos o trabajos:

- Clark Labs, 2009. Idrisi Focus Paper: “Segmentation and Segment-Based Classification”.
- Honório E, Léo de Moraes. 2004. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA. Acta Amazonica, VOL. 34(3) 2004: 487 - 493.
- Salitchev, K. 1979. Procedimiento para el levantamiento y cartografía de las unidades superiores de los paisajes a escalas 1:50,000–1:250,000 <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/633/procedimiento.pdf>

Referencias por libros:

- Chuvieco E., 2000. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones RIALP S.A.
- Eastman J. R., 2012. Idrisi Selva Tutorial, Manual versión 17. Clark Labs.

X. ANEXOS

Anexo 1: Sitios de entrenamiento

Anexo 2: Mapas

No. 1. Mapa base

No. 2. Mapa de uso de suelo

No. 3 Mapa de Bosque y No Bosque