ANALISIS DE LA PÉRDIDA EN LA COBERTURA VEGETAL A PARTIR DE UN ESTUDIO MULTITEMPORAL 2007 - 2013
PARQUE NACIONAL NATURAL ALTO FRAGUA INDI WASI

LISETH MARTINEZ
LISSA MARIA RUIZ ORJUELA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE RECURSOS NATURALES
BOGOTÁ D.C.
2016

ANALISIS DE LA PÉRDIDA EN LA COBERTURA VEGETAL A PARTIR DE UN ESTUDIO MULTITEMPORAL 2007 - 2013
PARQUE NACIONAL NATURAL ALTO FRAGUA INDI WASI

LISETH MARTINEZ
LISSA MARIA RUIZ ORJUELA

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Gerencia de Recursos Naturales.

Tutor

Alejandro Copete Perdomo

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE RECURSOS NATURALES
BOGOTÁ D.C.
2016

Nota de Aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del Tutor

Bogotá 15 de julio de 2016

NOTA DE LA UNIVERSIDAD

“Este trabajo hace parte de las investigaciones realizadas por la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Sim embargo, las ideas emitidas por el autor son de exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente opiniones de la Universidad“.
(Artículo 117. Acuerdo 029 de 1998).

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Tutor Ing. Alejandro Copete Perdomo

1. Contenido

RESUMEN 4
INTRODUCCIÓN 5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 11
2. JUSTIFICACIÓN 13
3. OBJETIVOS 15
3.1. Objetivo General 15
3.2. Objetivos Específicos 15
4. MARCO DE REFERENCIA 16
4.1. Antecedentes 16
4.2. Marco Geográfico 17
4.2.1. Localización del área general de estudio 17
4.2.2. Características generales del PNN AFIW 18
4.3. Marco Normativo 20
5. METODOLOGÍA 22
5.1. Desarrollo del Sistema de Información - SIG 25
5.2. Estimación y análisis del cambio en la cobertura vegetal 34
6. RESULTADOS 41
6.1. Implementación del Sistema de Información Geográfica - SIG 41
6.2. Estimación y análisis del cambio en la cobertura vegetal 75
7. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 80
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 85
9. BIBLIOGRAFIA 87

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Homologación de información atributiva 31
Figura 2. Información inicial 42
Figura 3. Determinación de subcarpetas de almacenamiento de información.....46
Figura 4. Listado de objetos y su organización en cada carpeta 47
Figura 5. Modelo de base de datos inicial.....50
Figura 6. Ejemplo georeferenciación transepto 2007.....51
Figura 7. Muestra de la Hoja "General BD" correspondiente al Catálogo de Datos construido 52
Figura 8. Ejemplo de la Hoja "Dominios" correspondiente al Catálogo de datos...53
Figura 9. Ejemplo de la Hoja "CoordParcelas" correspondiente al Catálogo de datos 53
Figura 10. Ventana Image Analyst – ArcMAP.....54
Figura 11. Imágenes satelitales disponibles para el proyecto.....55
Figura 12. Herramienta "Clip" para Raster.....56
Figura 13. Toolboox creado para almacenar los geoprocesos a través de Model Builder.....56
Figura 14. Clip de imágenes satelitales - Model Builder 57
Figura 15. Izquierda - Ventana de avance del geoproceso, Derecha – Almacenamiento de resultados en una Base de datos Geográifca 58
Figura 16. Izquierda Clip de Imágenes Aster 2007 descargadas, Derecha, clip de imágenes Rapieye 2010 y 2013 suministradas por el PNN AFIW 58
Figura 17. Opcion Add Raster – ArcGIS.....59
Figura 18. Localización de la herramienta Build Footprints 60
Figura 19. Resultado del cálculo de los Footprints - Mosaico imágenes Aster 2007 60
Figura 20. Raster unificada - Aster 2007 61
Figura 21. Rapieye 2010 – Cuenca del Rio Bodoquerito y Pescado 61
Figura 22. Rapieye 2013 – Cuenca del Rio Bodoquerito y Pescado 62
Figura 23. Muestra del corte de Imágenes 62
Figura 24. Herramienta Filtro textura 63
Figura 25. Imagen de la izquierda corresponde al proceso de filtrado, imagen de la derecha corresponde a la imagen Aster 2007 original. 63

Figura 26. Imagen Superior – Corte Rapieye 2013 Parte 1, Imagen inferior – Corte Rapieye 2013 Parte 2 64
Figura 27. Imagen de la izquierda, Rapieye 2013 original, imagen de la derecha, Rapieye 2013 con filtro mediana.....65
Figura 28. Imagen de la izquierda, Rapieye parte b original, imagen derecha resultado de la aplicación del filtro de media a la imagen.....65
Figura 29. Herramienta Classify Whiout Training – ENVI Tools 67
Figura 30. Clasificación No Supervisada Tres Clases. El resultado generaliza las coberturas, y como base para el análisis no resulta útil.....67
Figura 31. Imagen Derecha, Imagen Aster 2007, Imagen Derecha Clasificación No Supervisada usando 5 Clases 68
Figura 32. Detalle, Imagen Derecha, Imagen Aster 2007, Imagen Derecha Clasificación No Supervisada usando 5 Clases.....68
Figura 33. Resultado de la Clasificación No Supervisada usando 7 clases.....69
Figura 34. Imagen Izquierda, Imagen Aster 2007, Imagen Derecha – Clasificación No supervisada usando 7 clases 69
Figura 35. Imagen Izquierda, Imagen Aster 2007, Imagen Derecha – Clasificación No supervisada usando 9 clases 70
Figura 36. Detalle, Imagen Izquierda, Imagen Aster 2007, Imagen Derecha – Clasificación No supervisada usando 9 clases 70
Figura 37. Par de imágenes recortadas Rapieye 2010.....71
Figura 38. Clasificación No supervisada usando Envi 72
Figura 39. Comparación de los resultados de aplicar un proceso de Clasificación No Supervisada usando 5 clases.....72
Figura 40. Comparación de los resultados de aplicar un proceso de Clasificación No Supervisada usando 7 clases.....73
Figura 41. Comparación de los resultados de aplicar un proceso de Clasificación No Supervisada usando 9 clases.....74
Figura 42. Cambio en la Cobertura Vegetal en el área de estudio 77
Figura 43. Relación entre el número de hectáreas perdidas y recuperadas en el área de estudio. 78
Figura 44. Relación de cambio en la cobertura vegetal entre el año 2007 y 2013, en el área de estudio. 78
Figura 45. Relación del cambio en la cobertura 2007 al 2013 79

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Características generales del área de estudio. 18
Tabla 2. Marco Normativo.....20
Tabla 3. Parámetros del sistema de Referencia 30
Tabla 4. Resguardos Inganos. 35
Tabla 5. Análisis de información recibida.....45
Tabla 6. Relación del Sistema de referencia espacial inicial y Sistema de referencia espacial final 48
Tabla 7. Parámetros del Sistema Coordenado Geográfico.....49

RESUMEN

Año tras año el Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi captura información relacionada con la cobertura vegetal, biodiversidad en fauna y flora y demás características asociadas al entorno que constituye la reserva natural. La implementación de un entorno tecnológico de almacenamiento de información, que permita realizar análisis más detallados de las diferentes variables capturadas y percibidas en cada visita realizada por los funcionarios, estudiantes y demás actores que hacen parte de la vida y el estudio del ecosistema, agilizo la identificación de los cambios, fenómenos presentados y en general la variación de las condiciones del medio natural facilitando la toma de decisiones en proyectos de conservación ante riesgos inminentes que amenacen las condiciones biofísicas del parque.

A través de la conformación de un modelo de almacenamiento de información geográfica, la estandarización de sistemas de referencia y el procesamiento de imágenes satelitales, se proporcionó un entorno de interrelación de variables que facilita la caracterización del área correspondiente a las cuencas de los ríos Bodoquerito y Pescado en cuanto al cambio de la cobertura vegetal.

Como producto de este trabajo de grado, se determinaron las áreas con cambios significativos en la cobertura vegetal (2007 y 2013) a través de análisis multitemporales de estudios realizados en el Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi con la metodología Gentry (1982), representados en mapas temáticos y almacenados en un entorno de base de datos geográfico, facilitando la incorporación de nuevos resultados y permitiendo la realización de análisis espaciales multivariados.

Adicionalmente se facilitó la integración de información de diversas fuentes como el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), el SIAC (Sistema de Información Ambiental de Colombia), el ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales), entre otras organizaciones cuyos estudios aportan variables físicas, sociales, económicas y temporales que son significativas en los análisis de las causas de la pérdida de biodiversidad vegetal generada.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del proyecto, está enmarcado por el área que corresponden a las cuencas de los Ríos Pescado y Micro cuenca Bodoquerito, dentro del área protegida Parque Nacional Natural Indi Wasi, localizado en el suroccidente del departamento de Caquetá, entre los municipios de San José del Fragua y Belén de los Andaquies. El análisis multi-temporal parte de información proporcionada por el Parque Nacional Natural Indi Wasi, de los años 2007 y 2013, así como de información proveniente de fuentes secundarias como el IGAC, el ANLA, el SIAC, entre otras, con una variabilidad de años entre las fechas mencionadas anteriormente.

La materialización de herramientas que permitan la toma de decisiones con un soporte claro y veraz constituye una necesidad de cualquier organización. Con el fin de proporcionar un insumo para la elaboración de planes de manejo y programas de protección en áreas degradadas, se estableció a partir de un análisis multitemporal, la pérdida en la cobertura vegetal en el PNN AFIW a través de georeferenciación de información y geoprocesamientos en un entorno geográfico.

El desarrollo de los levantamientos de información relacionada con cobertura vegetal tiene componentes teóricos muy fuertes, la materialización de estos resultados en modelos espaciales y cartografía temática, permitió la interrelación entre diferentes variables tanto físicas como socioeconómicas y culturales, propias del entorno del parque, facilitando la identificación de áreas vulnerables y que requieren mayor concentración de esfuerzos y recursos para su protección.

Adicionalmente, como aporte a los análisis requeridos, se consolido un mapa de caracterización del cambio en la cobertura vegetal presentada en los años 2007 y 2013 en el PNN AFIW, así como un análisis primario de los posibles factores detonantes, que principalmente están orientados a factores sociales y de disponibilidad de recursos económicos de sustento para la población indígena habitante del parque.

De acuerdo a las necesidades de almacenamiento de información que cuenta con un componente espacial, asociado a las áreas de cobertura estudiadas (Transectos), se generó un modelo de base de datos geográfica que actúa como contenedor de los resultados de estudios realizados, facilitando tanto la actualización de los mismos, como la programación de nuevos estudios en áreas no visitadas en años recientes (Programación), posteriormente, una vez definido el modelo de almacenamiento, se georeferenciaron las áreas correspondientes a los estudios realizados en los años 2007 - 2013 y a partir de la incorporación de

variables adicionales proporcionadas por fuentes secundarias, se identificaron las posibles causas del cambio en cobertura vegetal, así como las áreas con cambios significativos, que requieren análisis, intervención y la elaboración de planes y manejos orientados a la restauración y conservación.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi (PNN AFIW), se presentan graves problemas debido a la destrucción de la cobertura boscosa a través de procesos como la expansión de la frontera agropecuaria, el aprovechamiento forestal, la ganadería y la colonización principalmente, situación que ha traído consecuencias como el deterioro de importantes ecosistemas, que representan índices de diversidad 3:1, donde por cada 3 muestras 1 especie es nueva.

En la actualidad, muchas especies están amenazadas por fenómenos que trasforman su hábitat, la contaminación, el cambio climático, la colonización de áreas por desarrollos humanos, la tala indiscriminada, la búsqueda de recursos en el subsuelo y en nuestro país los fenómenos asociados al desarrollo de cultivos ilícitos en zonas que como en el PNN AFIW, son de difícil acceso, representan un reto para la organizaciones que buscan proteger las reservas ambientales aún existentes.

Siendo así, los procesos de análisis, clasificación, caracterización e identificación de áreas vulnerables, proporcionan una herramienta vital para el desarrollo de proyectos que propendan la conservación de aquellas zonas con conflictos más evidentes y tangibles, sin embargo, el componente espacial, corresponde a un ítem que no tiene la significancia que amerita en este tipo de estudios y levantamientos de información, el mapeo de resultados no constituye un requerimiento necesario para la presentación de resultados, por tanto la posibilidad de interrelacionar información existente de otros periodos de tiempo, así como proveniente de otra entidad resulta una tarea dispendiosa y que toma tiempo, recursos y conocimientos que las personas que participan en estos procesos no tienen.

El proceso de delimitación de franjas a investigar, la determinación de sus características topográficas, geomorfológicas, y generales está supeditada a cartografía temática general existente (escalas 10.000 y 25.000) y al conocimiento autóctono de las personas nativas de la zona. Se tiene una gran potencialidad para desarrollar herramientas espaciales que optimicen los procesos de definición de áreas de recorrido, caracterizando las condiciones geomorfológicas y mapeo de aspectos encontrados durante los recorridos.

El creciente desarrollo de tecnologías y la tendencia de contar con información pública que facilite la interrelación de los diferentes estudios realizados por

entidades gubernamentales, públicas y privadas, pone en marcha una necesidad de actualización de procedimientos de captura de información en campo y su posterior publicación, esto para proporcionar diferentes resultados a partir de la integración de datos socioeconómicos, culturales, ambientales e históricos existentes actualmente y a disposición de la comunidad académica.

A partir de lo mencionado, surgen dos preguntas de investigación que corresponden a:

Cuál es la estructura de almacenamiento adecuada para la integración de información propia del Parque y las demás entidades que participan en procesos de construcción de bases geográficas con aspectos sociales, demográficos, físicos y ambientales.

En el periodo 2007 al 2013 se ha presentado pérdida en la cobertura vegetal en el Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi y cuáles son los factores (físicos, geomorfológicos, climáticos, sociales o económicos) determinantes de la posible pérdida de cobertura vegetal.

2. JUSTIFICACIÓN

Con la resolución 028 del 2007, se dio la conformación del PPN AFIW, bajo las directrices de manejo integrado por la participación social en los procesos de conservación, planificación y control en áreas de conservación que se encuentran traslapadas por resguardos indígenas, en especial por el cambio de prácticas productivas y la tendencia al desarrollo insostenible.

Procesos como el incremento de los pastizales son el resultado de las presiones del sistema de ganadería semi-extensiva que se presenta en la región, que de acuerdo a los estudios que han realizado con anterioridad entidades como él (IGAC, 1979) concluyen que esta región tiene vocación forestal más no ganadera.

Lo anterior, crea la necesidad de tomar medidas que nos permitan cuantificar el deterioro de la cobertura boscosa y diagnosticar el estado del ecosistema en el PNN AFIW.

En este sentido una de las técnicas más usadas en los últimos tiempos, son los análisis multitemporales aplicados a los cambios de las coberturas boscosas, que con la ayuda de las plataformas de sensores remotos, posibilitan dar valor agregado a los resultados obtenidos en el desarrollo de las actividades de captura de información relacionada con la cobertura vegetal presente en una zona, facilitando la integración de diferentes variables evaluadas por otras fuentes de información, aportando al desarrollo de análisis espaciales que interrelacionen diferentes componentes y variables que en el proceso de inspección física no es posible identificar, como las estructuras geológicas, los antecedentes de la zona, el proceso de desplazamiento humano hacia zonas de reserva forestal, entre otros factores que pueden ser decisivos en el cambio y perdida de cobertura vegetal, afectando la flora, la fauna y el ecosistema en general.

El aporte hace parte tanto de un punto adicional en el proceso metodológico (programación de franjas a recorrer, captura de información, mapeo de los resultados), como una propuesta de presentación de los resultados obtenidos durante las inspecciones en campo de las características de las áreas recorridas por los especialistas en biología, fauna y flora. El desarrollo del proyecto, además de identificar los cambios o pérdida de cobertura vegetal que posiblemente se presentó en la zona y en el periodo definido inicialmente, permitió analizar los posibles factores desencadenantes, generando una herramienta a nivel de base de datos que permite espacializar la información recopilada que cada una de las

comisiones de investigadores en terreno captura, con el fin de poder representar los resultados de manera cartográfica, facilitando la interrelación con información proveniente de diferentes fuentes de información.

Inicialmente, se hizo el planteamiento de necesidades en cuanto a modelo de almacenamiento en bases de datos, de manera general, que pueda ser utilizada en los próximos procesos de levantamiento de información que desarrolle el parque, y el demo de análisis multitemporal, se concentrará en el área comprendida en los sectores del Rio Bodoquerito y Pescado, de manera que la metodología de cargue en la base de datos, análisis y presentación de resultados se pueda generalizar a cualquier área del parque.

Dentro del procedimiento de análisis multitemporal del área definida por las directivas del parque, se planteó la combinación de información de tipo geomorfológico, hídrico, urbano, climático y demás variables que pueden ser decisivas y en el desarrollo del proyecto se identificaron como relevantes. Los resultados están asociados a la generación de cartografía temática con la identificación de las áreas que han presentado cambios o pérdida de cobertura vegetal, así como un análisis de posibles variables generadoras del cambio o pérdida.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de información geográfica como instrumento de planificación, e identificación de la posible pérdida en la cobertura vegetal presentada en los años 2007 y 2013 en el Parque Nacional Natural Indi Wasi.

3.2. Objetivos Específicos

Generar un modelo de almacenamiento de información geográfica y alfanumérica (estructura y diseño) asociada a las actividades, características, variables, fenómenos y demás aspectos referentes al Parque Nacional Natural Indi Wasi.

Estimar los cambios de cobertura vegetal presentados en los años 2007 a 2013 en el Parque Nacional Natural Indi Wasi, e identificación de procesos antrópicos o naturales generadores de dicho cambio a partir del uso de herramientas SIG.

4. MARCO DE REFERENCIA

En el presente capítulo se recopila información relacionada con estudios enfocados en la temática propia del proyecto “ANALISIS DE LA PÉRDIDA EN LA COBERTURA VEGETAL A PARTIR DE UN ESTUDIO MULTITEMPORAL ENTRE LOS AÑOS 2007 - 2013 PARQUE NACIONAL NATURAL ALTO FRAGUA INDI WASI, así como el marco geográfico, marco normativo y demás información de importancia en el desarrollo de la investigación.

4.1. Antecedentes

El Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C; en un estudio dirigido por Murcia, G.U.G.; Huertas, M.C.; Rodríguez, J.M.; castellano, H.O. 2011, se realiza el monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana, a escala 1:100.000. Cambios multitemporales en el período 2002 al 2007.

Como resultado del proceso institucional adelantado, con los proyectos BPIN Investigación científica para el establecimiento de modelos de funcionamiento y sostenibilidad en la Amazonia colombiana e Implementación de procesos de gestión de información ambiental de la región para el apoyo a la toma de decisiones, la gestión e investigación ambiental y, a procesos de planificación regional en la Amazonia colombiana, para hacer monitoreo de los bosques amazónicos; y de manera parcial del Convenio Especial para consolidar el Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana SIAT-AC a través de actas de trabajo con CORMACARENA y la Unidad de Parques Nacionales. El objetivo del análisis multitemporal fue detectar los cambios que sufrieron las coberturas durante cinco años; para esto determinaron la situación en el año 2002 y se revisó de nuevo en el año 2007. Los estudios establecieron las dinámicas de pérdida de los bosques como consecuencia de los procesos de deforestación; y el incremento de los pastizales como resultado de las presiones del sistema de ganadería semi extensiva que se presenta en la región. Estos cambios temporales se ubicaron geográficamente al identificar las zonas con mayores transformaciones. Murcia, G.U.G.; Huertas, M.C.; Rodríguez, J.M.; castellano, H.O. 2011.

GeoPlaDes, Realizó el Estudio Multitemporal de Cobertura Vegetal y Uso del Suelo entre los Años 1990, 2010 y Proyección al 2030 a Escala 1:50.000 para el Centro y Sur Oriente de la Amazonía Ecuatoriana y Sistematización de la información sobre los aspectos socio económicos y culturales para facilitar la

toma de decisiones en proyectos de desarrollo y conservación". Interesados en aportar con información espacial para una mejor gestión de los recursos naturales de la Amazonía ecuatoriana, contratan los servicios de Geoplades Cía. Ltda. Para la ejecución de este proyecto, cuyo objetivo principal es generar información espacial de la cobertura vegetal natural y uso actual del suelo para diferentes años (1990, 2010) en la zona centro y sur del oriente, que permita analizar los porcentajes de pérdida de cambio de uso y pérdida de cobertura natural, para con estos insumos y técnicas geo- estadísticas plantear el posible escenario al 2030 si continúan las tendencias de deforestación actuales. De esta forma se definieron las variables más relevantes que influyen en la pérdida de cobertura vegetal natural en la Amazonía a través de un modelamiento en sistemas de información geográfica y su análisis comparativo con la realidad social y económica de la población en el área de estudio

4.2. Marco Geográfico

4.2.1. Localización del área general de estudio

"…La creación de la Reserva Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi está precedido de un arduo trabajo que fue producto de un convenio firmado en Mayo de 1999 entre la Asociación de Cabildos Inganos Tandachiridu Inganokuna, la ONG Norteamericana Amazon Conservation Team y la Unidad de Parques Nacionales Naturales..."[1]

Mediante la emisión de la resolución 0198 el 25 de febrero de 2002, se declara por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible al Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi como reserva y área protegida de carácter nacional.

Se encuentra localizado al suroccidente del departamento del Caquetá, en los municipios de San José de Fragua y Belén de los Andaquies.

Tiene un área de 68 hectáreas y se caracteriza por ser un espacio en muy buen estado de conservación y gran riqueza ambiental. Comprende alturas entre los 900 msnm y los 3275 en sus partes más altas.

[1] Parques Nacionales Naturales. Disponible en Web en: http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.013401

Ver Anexo. Mapa Localización Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi

4.2.2. Características generales del PNN AFIW

A continuación, se resumen las características climáticas, de ecosistemas, hidrología y demás aspectos del PNN AFIW

Tabla 1. Características generales del área de estudio.

NOMBRE	ALTO FRAGUA INDI WASI
RESOLUCIÓN	Resolución 0198 de 25/02/2002
AREA (HA)	68.000 HA
DEPARTAMENTO	Caquetá
MUNICIPOS	- San José del Fragua - Belén de los Andaquíes
CUENCAS	- cuenca del Rio Caquetá medio - cuenca del Rio Pescado
HIDROLOGÍA	Nacen los ríos: - Fraga Grande, Sabaleta, Fraguita, Yurayaco, Luna, San Pedro, Fragua Choroso, Sabando, Boquerito Y Pescado
CLIMA	Pisos bioclimáticos: - Andino (2100 a 2985 msnm) - Subandino (1100 a 2100 msnm) - Basal (600 a 1100 m) Predominante: Subandino (68%)
GEOLOGÍA	Evolución paleo/tectónica de la cordillera oriental y cuenca noroccidental de la Amazonía- - rocas: ígneas, metamórficas y sedimentarias del paleozoico) - afloramientos de batolito de garzón en el flanco oriental de la cordillera oriental y en el borde oriente del macizo, se localizan formaciones sedimentarias. - paisajes: montaña y pie de monte fuertemente inclinadas - presencia de areniscas y lulitas del TRIÁSICO Y JURÁSICO - paisajes: hacia el sur, paisales de lomerio y valles aluviales

	del terciario, paleoceno al eoceno, presencia de areniscas y sedimentos neogenos recientes
UNIDADES DE PAISAJE	- Montaña fluvio - erosional (paisaje predominante 98%) - Colina fluvio - erosional - Lomerio fluvio - erosional - Cresta fluvio - erosional - Valle en forma de u - Abanico de piedemonte - Terraza de piedemonte - Lomerío de piedemonte - Valle de piedemonte
ECOSISTEMAS	Bosque subandino en montaña fluvio-erosional
	Bosque basal en montaña fluvio-erosional
	Bosque basal en lomerío fluvio-erosional
	Bosque basal en valle en u fluvio-erosional
	Bosque andino en montaña fluvio-erosional
	Bosque basal en colina fluvio-erosional
	Bosque basal en abanico de piedemonte aluvio-coluvial
	Bosque basal en terraza de piedemonte aluvio-coluvial
	Bosque subandino en colina fluvio-erosional
	Bosque basal en lomerío de piedemonte aluvio-coluvial
	Bosque subandino en lomerío fluvio-erosional
	Bosque basal en valle de piedemonte aluvio-coluvial
	Bosque basal en cresta fluvio-erosional
USO LOCAL	Maderable (22 especies)
	Ornamental
	Artesanal
	Medicinal

	Domestico
	Constructivo

4.3. Marco Normativo

Actualmente el sector forestal y el ambiente se han convertido en un bien de carácter jurídico, cuya protección y utilización racional es regulada tanto por el derecho, como por el elemento cultural de su relación directa con el bienestar social y la calidad de vida individual, no solo de las generaciones presentes, sino, también, de las generaciones futuras

Tabla 2. Marco Normativo

Norma	Consideraciones
Decreto-Ley 2811 de 1974 Congreso de Colombia	Código de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente. **Art. 8**, literal f- considera factor de contaminación ambiental los cambios nocivos del lecho de las aguas. Literal g, considera como el mismo de contaminación, la extinción o disminución de la biodiversidad biológica.**Art.9**Se refiere al uso de elementos ambientales y de recursos naturales renovables. **Art.137**Señala que serán objeto de protección y control especial las fuentes, cascadas, lagos y otras corrientes de agua naturales o artificiales, que se encuentren en áreas declaradas dignas de protección. **Art 329**precisa que el sistema de parques nacionales tiene como uno de sus componentes las reservas naturales. Las reservas naturales son aquellas en las cuales existen condiciones de diversidad biológica destinada a la conservación. Investigación y estudio de sus riquezas naturales.

La Ley 1021	Está enfocada en crear las acciones necesarias para combatir la deforestación, la tala indiscriminada e ilegal de los bosques naturales y el cambio en el uso de los suelos
LEY 99 DE 1993	Por la cual, se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA- y se dictan otras disposiciones
Política de Participación Social en la Conservación del 2001 Ministerio del Medio Ambiente y la Unidad Administrativa Especial del Sistema Nacional de Parques Naturales	Regula las actividades de protección y conservación de las áreas protegidas y que contempla entre otras acciones la conservación in situ de las especies nativas, planes de manejo y ordenamiento territorial de estas áreas, educación y capacitación ambiental, sistemas de financiación e investigación para estimular la preservación de los Parques Naturales y las áreas de carácter protector.
CONPES No. 2834 de 1996, "Política de Bosques	Brinda respuestas efectivas e integrales que contribuye a proteger y conservar nuestros bosques; a detener y reversar sus procesos de deterioro; a prevenir los impactos negativos generados por las políticas públicas de otros sectores y a asegurar el compromiso de la sociedad civil y del sector privado en la conservación, utilización y aprovechamiento sostenible de los bosques

5. METODOLOGÍA

Dentro del desarrollo de este capítulo, se busca solucionar la pregunta de si se ha presentado cambio o pérdida en la cobertura vegetal en el Parque Nacional Natural alto Fragua Indi Wasi (Rio Bodoquerito y Pescado), en el periodo comprendido entre 2007 y 2013.

Tipo de Investigación

La finalidad del proyecto de investigación de tipo descriptivo, es dar a conocer las condiciones asociadas a los cambios en la cobertura vegetal en el PNN AFIW, describiendo las características que se presentaron en los periodos de tiempo definidos (2007 y 2013) en cuanto a los resultados obtenidos luego del proceso de inventario florístico realizado por personal del Parque Nacional Natural, identificando la relación entre las diferentes variables, permitiendo así, proporcionar un análisis que facilite la detención de zonas donde se presentó cambio o pérdida en la cobertura vegetal, así como las posibles causas del mismo. La interrelación entre variables y el almacenamiento y presentación de los resultados tanto de los inventarios como del proceso geoanalítico que se desarrollará, facilitará la toma de acciones en zonas que requieren intervención prioritaria enfocada a la recuperación o protección.

Variables e Indicadores

- **Variables**

    - **Variable 1.** Área de Estudio
    - **Variable 2.** Nro Especies por unidad de área.
    - **Variable 3.** Año estudio
    - **Variable 4.** Clima
    - **Variable 5.** Geomorfología
    - **Variable 6.** Procesos de Tala
    - **Variable 7.** Procesos de Minería
    - **Variable 8.** Actividad económica de la región
    - **Variable 9.** Usos del suelo

- **Indicadores**

Relación del cambio en la cobertura vegetal presentado en el periodo de tiempo definido.

Sin Cambio: Abarca las zonas que en el periodo de tiempo definido no han experimentados cambios importantes en cuanto al uso del suelo y cobertura vegetal.

Cambio de Uso: Incluye áreas donde se evidencia cambio en la cobertura vegetal entre periodos, es decir, cambio de especies presentes, nativas por plantadas,

Pérdida de Cobertura: corresponde a aquellas áreas que han sufrido cambios significativos en cuanto a su cobertura vegetal. Incluye:

- Extracción selectiva de especies maderables
- Cambio en el curso de cuerpos de agua
- Fenómenos de remoción en masa
- Degradación de suelos
- Expansión de áreas urbanas

Recuperación de cobertura: Áreas en las que se evidencia la recuperación de la cobertura vegetal natural.

Relación entre el cambio en la cobertura vegetal y proyectos mineros

Existe correlación: Incluye las áreas que presentan cambios en la cobertura vegetal y adicionalmente se intersectan con áreas de desarrollo de proyectos mineros.

No Existe Correlación: Incluye las áreas que presentan cambios en la cobertura vegetal, pero no se intersectan con áreas de desarrollo de proyectos mineros.

Relación entre el cambio climático y la pérdida de cobertura vegetal

Existe correlación: Incluye las áreas que presentan cambios en la cobertura vegetal y adicionalmente se evidencian variaciones en el clima entre los periodos estudiados.

No Existe Correlación: Incluye las áreas que presentan cambios en la cobertura vegetal, pero en las cuales no se evidencian variaciones en el clima entre los periodos estudiados.

Estos indicadores se miden a través de una matriz y una intercepción de polígonos de transectos de los periodos definidos como límite temporal del proyecto de investigación.

Recolección de información

- **Fuentes primarias**

  - Listado de requerimientos modelo de almacenamiento en base de datos. Corresponde al levantamiento de requerimientos desarrollado en el durante la primer visita al Parque.

  - Estudio de diversidad florística de especies "DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE ESPECIES ARBÓREAS, EN UN BOSQUE AMAZÓNICO EN LOS SECTORES DEL RÍO PESCADO Y MICROCUENCA BODOQUERITO, PARQUE NACIONAL NATURAL, ALTO DEL FRAGUA INDI WASI, COLOMBIA" realizado por la Lic. En Biología Liseth Martinez.

  - Georeferenciación de información plana suministrada (transectos). Construcción de una representación geográfica de los inventarios realizados por el PNN AFIW.

- **Fuentes secundarias**

  El proceso de recolección de información parte de la solicitud formal al personal del Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi, quienes a través de carpetas compartidas suministraron archivos Excel con coordenadas de los transectos recorridos y los resultados de los estudios de diversidad vegetal realizados en el área en los años especificados.

  Adicionalmente se contó con las siguientes fuentes de información secundaria.

  - Información Cartográfica propia del PNN AFIW. "Evaluación ecológica rápida"

  - Imágenes Satelitales Lansatd 8 2015

  - Imágenes ASTER 2017

- Información cartográfica SIGOT (Sistema de Información Geográfica para la Planificación y el Ordenamiento Territorial SIG-OT)
- Información cartográfica del UPRA (Zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales)
- Información cartográfica del ANLA (Sistema de Información Ambiental de Colombia)
- Información cartográfica del SINAP (Atlas Nacional de Áreas Protegidas Continentales de Colombia)
- Estudio Monitoreo de los Bosques y otras coberturas de la Amazonía Colombiana a escala 1: 100.000, periodo 2002 al 2007, realizado por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi.

5.1. Desarrollo del Sistema de Información - SIG

5.1.1. Reunión para recepción de requerimientos y recibo de información secundaria

En esta etapa se realizó la recepción de información suministrada por las diferentes fuentes, así como la búsqueda de imágenes satelitales del periodo definido como marco para la identificación de cambio en la cobertura vegetal.

5.1.2. Consolidación y evaluación de la información

Una vez recopilada toda la información primaria y secundaria, se realizó un proceso de evaluación de tipo, características, completitud y consistencia de la información, a fin de descartar aquella información que no aportaba a la investigación.

Como parte del proceso de recepción de información proporcionada por el PNN AFIW, se realizó de manera simultánea la consulta de diferentes coberturas que las entidades relacionadas con temas ambientales proporcionarán de manera gratuita, en este proceso encontramos:

- **Fuente Principal. PNN AFIW**
  El Parque suministro información geográfica correspondiente a:

a. **Información Vectorial**

- ***Cobertura 2007.shp*** – Corresponde a una reclasificación de la imagen satelital del año 2007 correspondiente a la cuenca de los Ríos Pescado y Bodoquerito.
- ***Cobertura 2010.shp*** – Corresponde a una reclasificación de la imagen satelital del año 2010 correspondiente a la cuenca de los Ríos Pescado y Bodoquerito.
- ***Cobertura 2013.shp*** – Corresponde a una reclasificación de la imagen satelital del año 2013 correspondiente a la cuenca de los Ríos Pescado y Bodoquerito.
- ***Subcuencas.shp*** - Contiene la delimitación de las subcuencas de los ríos Pescado y Bodoquerito.

b. **Información Raster**

- ***Imagen 2007 (15 x 15)*** – Formato GRID
- ***Imagen Satelital 2010*** – Formato: IMAGINE
- ***Bandas Imagen 2013c1, 2013c2, 2013c3, 2013c4, 2013c5*** – Formato: IMAGINE
- ***Imagen 2013*** (Combinación en color verdadero) – (5 x 5) Formato: GRID Stack 7.x

- **Fuentes Secundarias.**

Existen diferentes instituciones que como resultado a sus actividades investigativas y de análisis, generan productos cartográficos que para el desarrollo del proyecto pueden ser de utilidad dada su orientación a la representación de coberturas vegetales y la evolución de las mismas a través de los años.

En el año 2010, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI realizó un estudio llamado “Estudio Monitoreo de los Bosques y otras coberturas de la Amazonía Colombiana a escala 1: 100.000, periodo 2002 al 2007”, a partir de este análisis, se generaron y publicaron algunas coberturas geográficas que se van a utilizar como punto de referencia para comparar el producto de los análisis de imágenes satelitales y la información suministrada por el PNN AFIW correspondiente a las cuencas de los ríos Bodoquerito y Pescado.

a. **SINCHI.** A partir de la información geográfica que el instituto SINCHI publicó en la web, como resultado a sus proyectos de investigación, tenemos coberturas escala 1: 100.000, con un sistema de referencia

geográfico que utiliza los parámetros correspondientes al elipsoide WGS84.

- Coberturas Tierra 2014.shp
- Frontera Agropecuaria 2007.shp
- Frontera Agropecuaria 2012.shp
- Áreas de Intervención 2002.shp
- Áreas de Intervención 2007.shp
- Áreas de Intervención 2012.shp
- Áreas de Intervención 2014.shp
- Perdida de Bosque.shp

b. SIAC. El Sistema de Información Ambiental para Colombia, proporciona de manera gratuita el producto cartográfico de diferentes estudios y análisis realizados en el instituto. La escala de la cartografía mencionada a continuación corresponde a 1:100.000 y el sistema de coordenadas corresponde a un sistema geográfico que usa los parámetros del elipsoide WGS84.

- **Áreas prioritarias conservación**. Contiene información sobre el portafolio de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en la zona de estudio del proyecto “"Planeación ambiental del sector hidrocarburos para la conservación de la biodiversidad en áreas de interés de la Agencia Nacional de Hidrocarburos en Colombia". (Región Andes, Pacífico y Caribe).
- **Áreas prioritarias conservación**. Contiene información sobre el portafolio de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en la zona de estudio del proyecto "Planeación ambiental del sector hidrocarburos para la conservación de la biodiversidad en áreas de interés de la Agencia Nacional de Hidrocarburos en Colombia". (Región Andes, Pacífico y Caribe).
- **Áreas Transformadas 2007.** Mapa área intervenida al 2007. Región Amazónica. Versión 1.0. (1:100.000).
- **Áreas transformadas 2012.** Mapa área intervenida al 2012. Región Amazónica. Versión 1.0. (1:100.000).
- n Monitoreo de Bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana. Cambios multitemporales 2007-2012.
- **Impacto Potencial 2011 – 2040.** Impactos potenciales del cambio climático para el periodo 2071-2100 sobre el medio

biofísico y sus servicios ambientales, variable usada en el análisis de vulnerabilidad dentro de la Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

- **Índice Relativo de Afectación 2010.** El Índice Relativo de Afectación se obtiene a través de una matriz evaluada por expertos, para evaluar las pérdidas intangibles en las coberturas, ecosistemas y territorios. Con dicha matriz se sintetiza en un índice el impacto potencial de las variables relacionadas con los bienes y servicios (Pobreza, desplazamiento, perdidas de especies, afectación de población vulnerable), a través del análisis de los componentes social, económico y ambiental.
- **Nuevas Áreas y ampliación de parques.** Límites de las propuestas de Nuevas Áreas y Ampliaciones de Parques Nacionales Naturales de Colombia con la eliminación de la propuesta de Acandi, Playón y Playona la cual pasó a formar parte de Parques Nacionales. Año 2012, escala 1:100.000
- **Pozos Otorgados.** En esta capa se presenta los puntos de localización de pozos que se encuentran en estado de seguimiento del sector de hidrocarburos de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA- .Año 2013
- **Praderización 2007 – 2012**. Define el área identificada como praderización en el área de influencia de la Amazonia colombiana, usada en la determinación de proyectos para esta región que tengan por fin su evaluación, uso y conservación 2007-2012.
- **Vulnerabilidad ambiental 2011** – 2040. Mapa de Vulnerabilidad Ambiental del Territorio. República de Colombia. Periodo 2011-2040
- **Sensibilidad ambiental 2010.** Este mapa representa una calificación cualitativa de la sensibilidad del territorio colombiano (muy alta, alta, moderada, baja y susceptible) en función de las peores condiciones o escenarios climáticos futuros. Las variables empleadas para obtener el índice sensibilidad ambiental o biofísica (ISA) fueron las pendiente y profundidad efectiva a partir del mapa de suelos), el índice de aridez, los ecosistemas según su grado de transformación y degradación, las coberturas en función de la protección de

otros recursos naturales y la erosión en zonas secas. Estas variables utilizadas se tomaron con igual peso a partir del promedio simple.

c. **IGAC.** El Sistema de Información Geográfico para el Ordenamiento territorial, reúne cartografía general y temática de diferentes aspectos tanto físicos, morfológicos y socioeconómicos de un municipio determinado, en general la información cartográfica corresponde a escalas 1:100.000 y el sistema de coordenadas corresponde a un sistema geográfico que usa los parámetros del elipsoide WGS84.
    - Resguardos Indígenas 2012
    - Límites Municipales
    - Drenaje Doble
    - Drenaje Sencillo

d. **Earth Science Data Interface**
- Imagen satelital Landsat 8
- Imágenes Aster año 2007

5.1.3. Creación del modelo de almacenamiento de información general y específica del parque

A partir de los requerimientos expresados por los funcionarios del parque, y de acuerdo a las recomendaciones propias, se realizó la creación del modelo de almacenamiento de información geográfica y alfanumérica asociada al desarrollo del proyecto. Definiendo entre otras cosas:

- Geometría de elementos, atributos requeridos, valores por defecto y dominios, sistema de referencia espacial, geprocesos para el análisis de la información y relaciones entre entidades geográficas.

Creación del modelo XML con la estructura de la Base de datos.

Con el fin de generar de archivos de intercambio (UML – XML) se generaron archivos XML con la definición de la arquitectura de la base de datos útil para la creación de la Base de datos en cualquier ambiente local, en la nube.

Nota. Los resultados de esta etapa se encuentran detallados en el capítulo 6 de resultados metodológicos.

5.1.4. Definición del Sistema de referencia Espacial

De acuerdo al análisis de información realizado, se decidió que para garantizar que los procesos de integración de información con otras instituciones, el sistema de referencia espacial debía ser un sistema Geográfico correspondiente a:

Tabla 3. Parámetros del sistema de Referencia

Nombre del SCG:	GCS_MAGNA
WKID:	4686 Authority: EPSG
Unidades Angulares:	Grados (0,0174532925199433)
Primer Meridiano:	Greenwich (0,0)
Datum:	D_MAGNA
Elipsoide:	GRS_1980
SemiejeMayor:	6378137
SemiejeMenor	6356752,314
Inversa Factor de Achatamiento:	298,2572221

Nota. Los resultados de esa etapa se documentan en el capítulo de resultados metodológicos

5.1.5. Migración de información de las fuentes iniciales al Modelo de BD creado

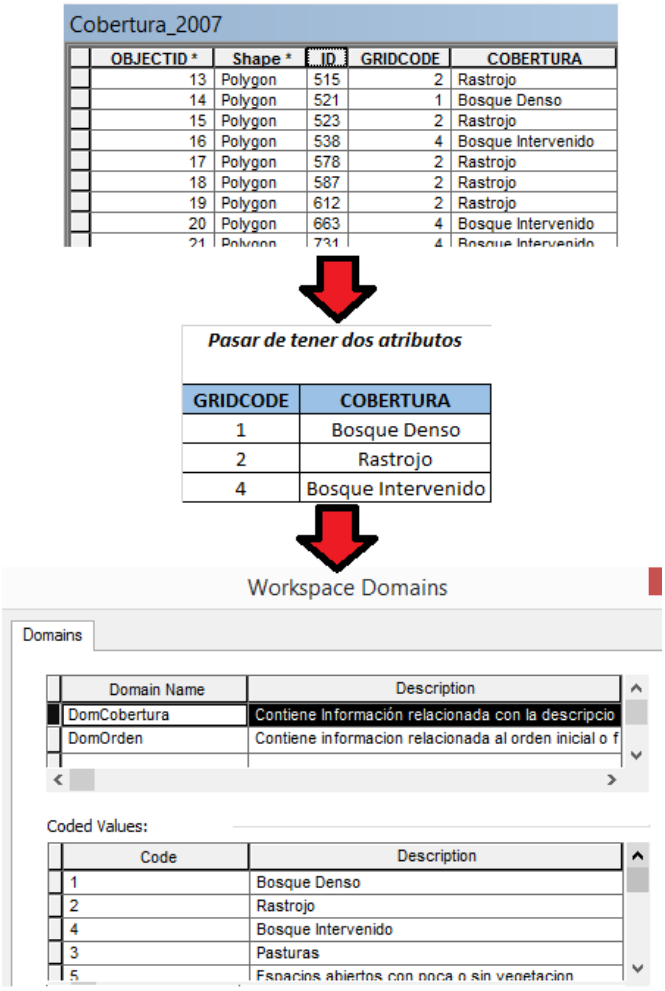
Dentro de esta etapa, se realizaron las labores de cargue, digitalización y edición de información atributiva necesaria para almacenar la información original en un esquema eficiente.

a. Migración de coberturas generales

Luego de la definición de entidades geográficas, atributos, dominios y valores por defecto, se estandarizó la información y se realizó el proceso de ***"Load Data",*** que permite pasar información desde una cobertura específica a otra con ciertas características similares (geometría y atributos).

Como en el proceso de estandarización del modelo de base de datos se crearon dominios que facilitan el cargue de información, fue necesario establecer un proceso de homologación de valores a fin de mantener la información original consistente en la base de datos final.

Figura 1. Homologación de información atributiva



Cobertura_2007

OBJECTID *	Shape *	ID	GRIDCODE	COBERTURA
13	Polygon	515	2	Rastrojo
14	Polygon	521	1	Bosque Denso
15	Polygon	523	2	Rastrojo
16	Polygon	538	4	Bosque Intervenido
17	Polygon	578	2	Rastrojo
18	Polygon	587	2	Rastrojo
19	Polygon	612	2	Rastrojo
20	Polygon	663	4	Bosque Intervenido
21	Polygon	731	4	Bosque Intervenido

Pasar de tener dos atributos

GRIDCODE	COBERTURA
1	Bosque Denso
2	Rastrojo
4	Bosque Intervenido

Workspace Domains

Domains

Domain Name	Description
DomCobertura	Contiene Información relacionada con la descripcio
DomOrden	Contiene informacion relacionada al orden inicial o f

Coded Values:

Code	Description
1	Bosque Denso
2	Rastrojo
4	Bosque Intervenido
3	Pasturas
5	Espacios abiertos con poca o sin vegetacion

Fuente propia

b. Georreferenciación de información plana suministrada (Excel con coordenadas de transectos y resultados de estudios)

A partir de la información suministrada por el parque, se realizó la creación de una entidad geográfica tipo punto con las coordenadas de los puntos inicial y final de las parcelas inventariadas, luego de la creación de esta entidad, se realizó la materialización de los puntos correspondientes a dos parcelas inventariadas en el año **2007.**

El protocolo de demarcación de parcelas permite determinar espacialmente los puntos de inicio y fin del proceso de inventario de especies florísticas, además adicionar información correspondiente al

personal encargado de la actividad, así como el periodo de tiempo utilizado en la procedimiento.

La intensión de involucrar al modelo de base de datos la información correspondiente a los transectos, es la de mantener un control y seguimiento de aquellas áreas inventareadas y así programar futuras zonas teniendo en cuenta los recorridos realizados anteriormente.

5.1.6. Creación de los catálogos de datos

En esta etapa se consolidaron las características de la base de datos dentro de un catálogo en donde se describe cada entidad, la geometría, los dominios, los tipos de datos, el tamaño de los mismos, los valores que puede tomar cada atributo, etc. Este catálogo es útil y fácil de comprender, sirve como documentación.

Nota: *Los resultados de esta etapa se encuentra detallada en el capítulo 3.7 – Resultados metodológicos.*

5.1.7. Procesamiento de Imágenes Satelitales

El análisis multitemporal basado en el procesamiento de imágenes consiste en la comparación de imágenes de diferentes periodos de tiempo, esto haciendo uso de software especializados para el mapeo de coberturas en función de los valores de pixeles almacenados. Dentro de los suministros de información entregados por el Parque Nacional Natural AFIW se tiene segmentos de imágenes de las cuencas de los ríos Bodoquerito y Pescado en los años 2007, 2010 y 2013.

Para garantizar una comparación actual, se descargaron imágenes ASTER (Gratuitas) con cobertura en el área general del PNN AFIW y correspondientes al año 2007.

Ver el capítulo 3.7 Resultados metodológicos.

Los procesos de transición de coberturas en estos años (2007, 2010, 2013 y 2016) se vectorizaron y proporcionan un insumo de análisis para evidenciar los cambios generalizados en cobertura vegetal, así como los procesos de recuperación y reforestación.

a. Corte de las Imágenes en función del área del Parque

En esta etapa, se hizo uso de software especializados para el tratamiento y procesamiento de imágenes satelitales.

Se realizó el corte de las imágenes de acuerdo al límite del área del Parque suministrado por el Personal, este corte excluye áreas de análisis y geoprocesamiento que no hacen parte del área de estudio y pueden sesgar los resultados en la aplicación de filtros y Clasificación No supervisada.

b. **Aplicación de filtros**
En esta etapa se realizó la comparación de imágenes de diferentes periodos de tiempo, con el fin de identificar las áreas donde se presentó cambio en la cobertura vegetal del parque.

c. **Clasificación No Supervisada**
El proceso de Clasificación No supervisada se realizó utilizando el Software ArcGIS y ENVI, que realiza una caracterización de los pixeles de acuerdo al número de clases que se especifiquen en el procedimiento. Se realizó una clasificación No supervisada debido a que no se tiene información directa acerca de las coberturas vegetales que permita asignar niveles de pixel a clasificaciones específicas.

d. **Análisis Multitemporal**
En esta etapa se realizó la comparación de imágenes de diferentes periodos de tiempo, con el fin de identificar las áreas donde se presentó cambio en la cobertura vegetal del parque.

5.1.8. Creación de los manuales de actualización de información

Los protocolos de administración, actualización y en general mantenimiento de la base de datos geográfica en función de las actividades desarrolladas en oficina y en terreno, fueron establecidos de manera clara y usando apoyos gráficos (Pantallazos del procedimiento) con el fin de facilitar el manejo de la información por parte de cualquier funcionario que retome la gestión de los datos.

5.1.9. Creación de las plantillas de mapas para la generación de cartografía temática (Salidas gráficas)

De acuerdo a las especificaciones normativas y generales emitidas por el parque, se diseñaron plantillas .mxd para la generación masiva de cartografía temática, así como para la publicación de mapas en ambiente web.

5.2. Estimación y análisis del cambio en la cobertura vegetal

El procedimiento metodológico dos está enfocado a dar cumplimiento al objetivo específico 2 que corresponde a la estimación de los cambios de cobertura vegetal presentados en los años 2006 a 2015 en el Parque Nacional Natural Indi Wasi, e identificación de procesos antrópicos o naturales generadores de dicho cambio a partir del uso de herramientas SIG.

Para desarrollar este proceso metodológico, se requirió tener en una fase avanzada el desarrollo del objetivo 1.

5.2.1. Definición de requerimientos

- Los requerimientos iniciales emitidos por los funcionarios del Parque corresponden a:

    - Es importante para el PNN AFIW saber cuál es el porcentaje de área que ha sufrido cambio en el uso del suelo durante en el periodo de tiempo 2006 a 2015, esto, a partir del análisis de información suministrada por el parque, así como las posibles diferencias con estudios realizados por otras instituciones como SINCHI.
    - Es necesario identificar si la presencia de resguardos indígenas tiene relación espacial con los procesos de perdida de cobertura vegetal en el área del parque.
    - Se requiere la integración de estudios y diversa documentación que pueda proporcionar una herramienta de juicio para la asociación de procesos antrópicos y sociales a la perdida de cobertura vegetal
    - Resulta importante analizar de manera documental el cambio climático presentado y su impacto en el parque, la posibilidad de presentar incendios forestales o procesos de cambios en la humedad relativa de la zona que afecte las especies nativas de la zona.
    - Se requiere contar con un geoproceso que facilite la generación de cartografía.
    - Como parte del trabajo operativo desarrollado por los funcionarios del PNN AFIW, es necesario proporcionar una interfaz gráfica donde sea posible capturar información relacionada con los recorridos de inventario de diversidad florística.

5.2.2. Recepción de información

El proceso de recepción de información tuvo dos enfoques, el enfoque netamente geográfico que se resumen en el proceso metodológico 1, y el proceso de investigación de estudios e informes relacionados con temas sociales, económicos y culturales que impactan el medio ambiente y la evolución del mismo.

- **Componente social- cultural**

Los inganos descienden de varias etnias. Por un lado, están los grupos migratorios que llegaron procedentes del Amazonas peruano y ecuatoriano, por otro los que habitaban el bajo Putumayo, conocidos como mocoas, y algunos sobrevivientes de los andakíes.
Esta región además de albergar los primeros pueblos de los colonos, es el lugar de asentamiento, en la actualidad, de las comunidades indígenas del departamento, los resguardos indígenas fueron constituidos en la década de los 90 por el INCORA, a partir de terrenos baldíos nacionales y los predios del fondo nacional agrario. La extensión de estos resguardos es de aproximadamente 2.600 hectáreas. Las comunidades indígenas *yurayaco* y *san miguel* se encuentran asentadas en la zona de influencia del Parque, que está ubicado dentro de un rango altitudinal que varía desde los 900 hasta picos alrededor de los 3.275 m.s.n.m.
En la actualidad los inganos están localizados en la región del Fragua, con cinco resguardos (ver tabla 1). En el Caquetá conforman la Asociación de Cabildos Tandachiridu Inganokuna.

Tabla 4. Resguardos Inganos.

Resguardo	Resolución de constitución	Extensión (Hectáreas)	Habitantes (2008)
Resguardo indígena Páez del Portal.	Res. 32/1991	186,5	213
Resguardo indígena Páez de La Esperanza	Res. 12/1995	1278,1	133
Resguardo indígena Embera Katio. La Cerinda	Res. 045/1996	51	143
Resguardo indígena Inga de San Miguel	Res. 08/1992	924,9	150
Resguardo indígena Inga de Yurayaco	Res. 007/2003	157	170

Subsisten de la caza, pesca, cultivo de yuca, plátano, maíz, de las artesanías y de ganadería extensiva.
El problema de territorio para el pueblo ingano es múltiple y grave, Sus resguardos y asentamientos no permiten la auto-subsistencia. Los territorios se encuentran atomizados, fragmentados y dispersos entre sí, lo que impide la unidad territorial, ambiental y productiva.

Problemas Priorizados desde el plan de acción del PNN AFIW

El estado actual de los resguardos refleja un grave deterioro ambiental, con una severa disminución de los recursos genéticos: bosques, cacería, pesca, plantas medicinales y suelos fértiles por la imposibilidad de hacer rotación de chagras.
Son inmensas las amenazas ambientales a las que están expuestos los actuales territorios: cultivos ilícitos, exploraciones petroleras, tala indiscriminada de bosques y propuestas de megaproyectos e infraestructuras de vías.
La presión de la población campesina colona e indígena sobre los recursos naturales y las selvas en el límite sur oriental del Parque (*Municipios de San José del Fragua y Belén de los Andaquíes, Caquetá)*. Es alta a causa de la ausencia de alternativas productivas adecuadas para las condiciones ambientales andino amazónicas, lo que produce el agotamiento de los suelos.
Conflicto armado y tensa situación de orden público por la falta d empleo genera la instalación de cultivos ilícitos y con esto la expansión de la frontera en las zonas de traslape entre resguardo y parque.
La Policía de Antinarcóticos, en abril de 1999, realizó una operación de erradicación de cultivos ilícitos para la destrucción de arbustos de matas de coca, mediante fumigación aérea con glifosato. Por lo cual se interpuso un acto administrativo por daño ambiental en el bosque primario por contaminación y que dio lugar en el Consejo de Estado que ordenó a la Policía Nacional y al Ministerio de Defensa poner en marcha un proyecto de reforestación con especies maderables propias de la región como el cedro, achapo, nogal, balso, carbonero, ahumado, con el objetivo de obtener una reparación de los bosques afectados.

- **Componente espacial**

  Los bordes occidente y norte del parque coinciden con la frontera entre los departamentos del Cauca-Caquetá y Huila-Caquetá respectivamente. Estos sectores corresponden con relieves muy pronunciados a los que la colonización no ha tenido acceso y, por lo tanto, en los que la problemática de los linderos es aparentemente menor.

  En el caso de los bordes sur y oriental, que miran hacia la llanura amazónica, existe la necesidad de enfocar con mayor cuidado la definición del límite, especialmente si se toma en cuenta el frente de colonización que se ha venido desarrollando en dirección ascendente hacia la cordillera.

  El proyecto de investigación desarrollado conjuntamente entre el Instituto de Etnobiología y el Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Colombia, con la participación de la Asociación Tandachiridu Inganokuna y la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales, estuvo encaminado a brindar los elementos necesarios para sustentar los criterios de delimitación del área protegida. Los resultados han permitido evaluar la evolución de los frentes de colonización, asociados con los procesos de transformación de las selvas, y relacionarlos con la pertinencia de los linderos del Parque Nacional Natural Alto Fragua Indiwasi, demostrando que la cota 900msnm ha sido adecuado para demarcar el límite máximo al que habían ascendido las fincas para el año de declaración.

  El proyecto se apoya en técnicas de percepción remota para acopiar los criterios adecuados en el proceso de revisión y comprobación del límite del Parque. Con el fin de establecer un diagnóstico de los usos del suelo, de su dinámica y su posible evolución.

  El análisis de dinámica espacial confirmó que la zona de llanura amazónica (por debajo de los 400msnm), es la zona en la que los procesos de deforestación y abertura de potreros han avanzado de manera más amplia en los últimos 12 años. Esto comprueba que existe una relación directa entre la pendiente y el nivel de transformación de las selvas.

  Los bosques se distribuyen en amplios gradientes altitudinales bajo una cobertura boscosa continua, ocasionalmente interrumpidos por un patrón de deforestación incipiente a manera de corredores paralelos a los principales ríos que drenan la región y las vías de comunicación existentes. A alturas inferiores a los 1.000 m de elevación en general se presenta un patrón de intervención fuerte y generalizado sobre le paisajes del piedemonte y de la planicie disectada amazónica.

La problemática actual de esta región surge del poblamiento en las últimas tres décadas, que ha ocasionado un cambio drástico del medio natural y sus recursos. El resultado es una cadena de efectos negativos como pérdida de la diversidad biológica, empobrecimiento químico de los suelos, compactación de los mismos, alteración del balance hídrico y activación de procesos erosivos, que hacen insostenible el sistema productivo con el paso del tiempo (Ariza et al. 1998).

Entre las principales amenazas de las áreas protegidas, se encuentran la expansión de la población en el territorio, la introducción o trasplante de especies (terrestres y acuáticas), la colonización de tierras que están dentro de las áreas protegidas (áreas de manejo especial) y la transformación de ecosistemas complejos a sistemas de estructuras más sencillas (monocultivos y praderas de gramíneas, acompañados de la introducción de especies foráneas). En los últimos años, en la región sur de la Amazonia colombiana se ha observado un proceso de disminución de la cobertura boscosa, del cual es posible obtener una información relativamente confiable a partir de las imágenes de satélite. Hasta 1989, según Etter (1992), se habían deforestado algo más de 1.900.000 ha de un total de 3.965.000 ha que habían sido intervenidas.

En el municipio de Florencia (Caquetá) se detectó que la deforestación total entre 1989-2002 fue de 14.525 ha, a una tasa media anual de 1.117 ha, sobre un área de 194.466 ha (72,2% del municipio). En esta zona, durante este mismo período, el bosque cambió principalmente a rastrojos en 21% y a pastos en 6% (Sinchi 2004b).

5.2.3. Definición de procesos de integración de información geográfica, alfanumérica y documental.

A partir del desarrollo del objetivo 1 (Base de datos geográfica), se realizará la conceptualización de los cruces de información requeridos a nivel gráfico, es decir la definición de análisis requeridos y que se traducirán en el modelo de geoproceso en el software de manejo de la base de datos geográfica. El objetivo de esta etapa es la delimitación de los procedimientos requeridos para dar solución a los requerimientos del PNN AFIW relacionados con:

- Relación entre la pérdida de cobertura vegetal y el cambio climático
- Relación entre el cambio en la cobertura vegetal y proyectos mineros
- Relación del cambio en la cobertura vegetal y procesos sociales, económicos y culturales asociados a los resguardos indígenas presentes.

- Diferencias entre los diversos estudios y la información encontrada a través del procesamiento digital de imágenes

5.2.4. Integración de información para la generación de resultados de análisis

En esta etapa se desarrollará la ejecución de los geoprocesos planteados como necesarios para identificar posibles cambios en la cobertura vegetal. Dichos procesos involucran tanto la información vectorial, como la información raster suministrada y obtenida.

Al integrar variables como delimitación de proyectos mineros, estudios de impacto potencial, vulnerabilidad ambiental, aspectos sociales y culturales correspondientes a la población indígena de la zona, con la evidencia de cambios en la cobertura vegetal soportada a partir de imágenes satelitales, es posible realizar diagnósticos que faciliten la toma de decisiones relacionadas con protección, conservación y recuperación de áreas degradadas.

5.2.5. Desarrollo de análisis espaciales enfocados a resolver la hipótesis

A partir de la definición de los modelos de geoprocesos, se integra la información de las diversas fuentes para dar respuesta a la hipótesis.

Con el fin de facilitar el desarrollo de posteriores análisis y comparación entre coberturas geográficas, se generaron modelos de geo-procesamiento automatizados, proporcionando a usuarios poco expertos en el manejo de software de información geográfica la posibilidad de general consultas, cartografía y análisis de variables generales.

5.2.6. Análisis de los resultados (Con apoyo de personal especializado del PNN AFIW)

Los resultados generados luego de la aplicación de modelos de geo-procesos serán evaluados con apoyo de personal experto del parque, proporcionando como resultado tanto una matriz de indicadores, así como la determinación de factores detonadores del cambio y propuestas de mejora en cuanto a la priorización de actividades para la protección de zonas en riesgo por perdida de cobertura vegetal.

5.2.7. Generación de informes de resultados con caracterización de las áreas que han sufrido cambio o pérdida de cobertura vegetal.

El informe contendrá el procedimiento realizado desde la recepción de la información, la metodología de Georeferenciación, análisis desarrollados y finalmente la cartografía y matrices con los resultados.

5.2.8. Comunicación y difusión de los resultados encontrados y los productos.

Como cierre del desarrollo del proyecto, se programará una reunión con funcionarios del parque, con el fin realizar la socialización de los resultados obtenidos y las recomendaciones en cuanto a priorización de áreas aptas para la implementación de proyectos de conservación o recuperación de cobertura vegetal.

6. RESULTADOS

En este capítulo, se describen los resultados de la investigación, desde el procesamiento de datos, la consolidación del SIG y los análisis posteriores donde se identifican los posibles factores que incidieron en la pérdida o cambio de la cobertura vegetal.

6.1. Implementación del Sistema de Información Geográfica - SIG

6.1.1. Reunión para recepción de requerimientos y recibo de información secundaria

A través de un proceso de comunicaciones desarrollado con los funcionarios del parque PNN AFIW, se evidenció la necesidad de contar con un apoyo en temas asociados al manejo de información geográfica. Dentro del flujo de conversaciones se encontró:

- Existe gran variedad de información, pero el esquema de organización de la misma no facilita la consulta o exportación a diferentes formatos.

- Debido a las múltiples actividades que deben desarrollar los funcionarios del parque, no se tiene la disponibilidad de tiempo y recursos necesarios para consolidar una estructura de almacenamiento y un protocolo de actualización de la información recolectada en campo, así como la integración de la información con la proveniente de otras fuentes.

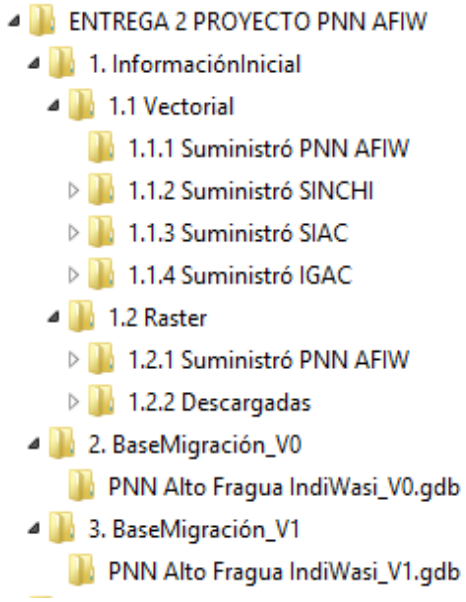
- Se cuenta con información de gran valor que no ha sido procesada y contextualizada en un entorno geográfico, que facilite la identificación de aspectos generales asociados al estado del parque y áreas de impacto que requieren priorización de esfuerzos para la conservación y recuperación.

- Como requerimiento, está la construcción de una base de datos geográfica que permita integrar información asociada a los resultados de análisis e investigaciones desarrolladas por otras instituciones (públicas y privadas), con la información producto del análisis y levantamientos desarrollados en campo por funcionarios propios del parque.

6.1.2. Consolidación y evaluación de la información

De acuerdo a la información suministrada y consultada a través de diferentes fuentes, se consolido una base de datos primaria que permitió organizar los datos obtenidos y parametrizar el modelo de base de datos deseado.

Figura 2. Información inicial



Fuente: Propia.

La evaluación de la información se hizo en función de:

- Entidades geográficas disponibles
- Sistema de referencia espacial
- Información atributiva
- Resolución espacial (Escala)
- Resolución temporal (Año de captura de información)
- Formato de almacenamiento

El resumen de evaluación principal de la información geográfica obtenida para el proyecto se encuentra en el siguiente cuadro:

NOMBRE ELEMENTO	ENTIDAD	TIPO ELEMENTO	FORMATO	GEOMETRIA	ESCALA	SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL		COBERTURA	CUENTA CON INFORMACION EN EL AREA DE ESTUDIO
						ELIPSOIDE	PROYECCION		
Cobertura 2007.shp	PNN AFIW	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	UTM ZONA 18N	AREA DE ESTUDIO	SI
Cobertura 2010.shp	PNN AFIW	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	UTM ZONA 18N	AREA DE ESTUDIO	SI
Cobertura 2013.shp	PNN AFIW	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	UTM ZONA 18N	AREA DE ESTUDIO	SI
Subcuencas.shp	PNN AFIW	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	UTM ZONA 18N	AREA DE ESTUDIO	SI
Imagen 2007 (15 x 15) – Formato GRID	PNN AFIW	RASTER	GRID	NO APLICA	TAMANO PIXEL (15 X 15)	NO DEFINIDO	NO DEFINIDO	AREA DE ESTUDIO	SI
Imagen Satelital 2010 – Formato: IMAGINE	PNN AFIW	RASTER	IMAGINE	NO APLICA	TAMANO PIXEL (15 X 15)	WGS84	Proy. Transversa Mercator (Marco_Geocentrico_Nacional_de _Referencia_Transverse_Mercator)	AREA DE ESTUDIO	SI
Imagen 2013c1, 2013c2, 2013c3, 2013c4, 2013c5	PNN AFIW	RASTER	IMAGINE	NO APLICA	TAMANO PIXEL (5 X 5)	WGS84	UTM ZONA 18N	AREA DE ESTUDIO	SI
Imagen 2013 (Combinación en color verdadero)	PNN AFIW	RASTER	GRID Stack 7.x	NO APLICA	TAMANO PIXEL (5 X 5)	WGS84	UTM ZONA 18N	AREA DE ESTUDIO	SI
Coberturas Tierra 2014.shp	SINCHI	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	NO DEFINIDO	NACIONAL	SI
Frontera Agropecuaria 2007.shp	SINCHI	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	NO DEFINIDO	NACIONAL	SI
Frontera Agropecuaria 2012.shp	SINCHI	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	NO DEFINIDO	NACIONAL	SI
Áreas de Intervención 2002.shp	SINCHI	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	NO DEFINIDO	NACIONAL	SI
Áreas de Intervención 2007.shp	SINCHI	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	NO DEFINIDO	NACIONAL	SI
Áreas de Intervención 2012.shp	SINCHI	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	NO DEFINIDO	NACIONAL	SI
Áreas de Intervención 2014.shp	SINCHI	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	NO DEFINIDO	NACIONAL	SI
Perdida de Bosque.shp	SINCHI	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	NO DEFINIDO	NACIONAL	SI

Áreas prioritarias conservación.	SIAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	NACIONAL	SI
Áreas Transformadas 2007.	SIAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	NACIONAL	SI
Áreas transformadas 2012	SIAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	NACIONAL	SI
Bosques Degradados.	SIAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	NACIONAL	SI
Impacto Potencial 2011 – 2040.	SIAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	NACIONAL	SI
Índice Relativo de Afectación 2010.	SIAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	NACIONAL	SI
Nuevas Áreas y ampliación de parques.	SIAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	NACIONAL	SI
Pozos Otorgados.	SIAC	VECTOR	SHAPEFILE	PUNTO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	NACIONAL	NO
Praderización 2007 – 2012.	SIAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	NACIONAL	SI
Vulnerabilidad ambiental 2011 – 2040.	SIAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	NACIONAL	SI
Resguardos Indígenas 2012	IGAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (GAUSS_BTA_MAGNA)	NACIONAL	SI
Limites Municipales	IGAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (GAUSS_BTA_MAGNA)	NACIONAL	SI

Drenaje Doble	IGAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLIGONO	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (GAUSS_BTA_MAGNA)	NACIONAL	SI
Drenaje Sencillo	IGAC	VECTOR	SHAPEFILE	POLILINEA	1:100.000	WGS84	Proy. Transversa Mercator (GAUSS_BTA_MAGNA)	NACIONAL	SI
Imagen satelital Landsat 8	EARTH SCIENCE DATA INTERFACE	RASTER	JFIF	NO APLICA	TAMANO PIXEL (30 X 30)	WGS84	UTM ZONA 18N	AREA DE ESTUDIO	SI

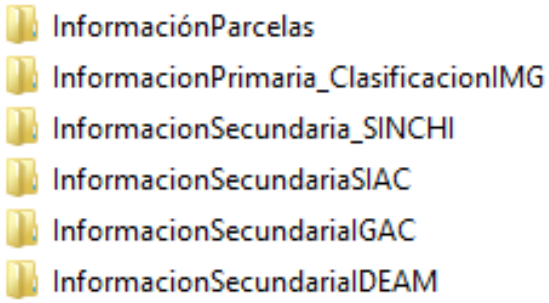
Tabla 5. Análisis de información recibida

6.1.3. Creación del modelo de almacenamiento de información general y específica del parque

De acuerdo a las especificaciones de los funcionarios del parque y la necesidad de comparar información del cambio en la cobertura vegetal evidenciado en imágenes satelitales y los resultados de los estudios y análisis desarrollados por otras instituciones, se establece un único contenedor de información que permita integrar datos provenientes de diversas entidades organizando los formatos, atributos, sistemas de coordenadas y demás aspectos requeridos para adelantar geoprocesos útiles en la inteligencia de datos para la toma de decisiones.

Inicialmente, se crearon 3 *"Dataset"* (Subcarpetas) que permiten almacenar coberturas de diferentes geometrías pero conservando el sistema de referencia espacial. Cada *"Dataset"*, agrupa elementos de cada una de las entidades generadoras de cartografía utilizadas como fuente de información secundaria.

Figura 3. Determinación de subcarpetas de almacenamiento de información



Fuente: Propia

Posterior a la definición de subcarpetas que organicen de acuerdo a cierto criterio la información, fue necesario establecer el listado de objetos que hacen parte de cada subcarpeta.

Figura 4. Listado de objetos y su organización en cada carpeta

Fuente: Propia

Tanto las coberturas suministradas por el PNN AFIW, como las descargadas del instituto SINCHI, el SIAC, el SIGOT, el IDEAM, corresponden a información tipo Shapefile, se evidenció que contaban con atributos generales que podían ser optimizados y disminuidos a través del uso de dominios, así como la necesidad de especificar la fuente de información, el año de actualización y el usuario que edito dichos datos (Metadatos).

De acuerdo a estas consideraciones, se formularon Objetos geográficos – ***"Feature Class"***, Dominios generales que pueden ser utilizados por cada elemento de la base de datos, atributos asociados a la trazabilidad de edición y simbologías de acuerdo a las especificaciones propias de los funcionarios del parque (Catalogo de símbolos).

Nota: Para ver el esquema general (Dominios, Subtipos, tipos de datos, etc.) *ver el Anexo_Catálogo de Datos.xlsx*

Definición del Sistema de referencia Espacial

La generalidad en cuanto a sistemas de referencia espacial se orienta cada vez más a que los datos de todo tipo se estandaricen en el mismo esquema de coordenadas, permitiendo la comparación, integración y geoproceso de datos provenientes de diferentes fuentes.

De acuerdo a lo anterior, se estableció que, pensando en un objetivo orientado a la publicación de datos en ambiente web, el sistema de

referencia espacial utilizado debe ser un Sistema Coordenado Geográfico, esto debido a que, dependiendo de la zona del país, las proyecciones cartográficas varían en sus parámetros, lo que agrega factores de error y disminuye en cierto porcentaje la precisión de los resultados obtenidos luego de un geo-proceso que integre información general de Colombia.

El proceso de definición de sistema de referencia inicia con la siguiente comparación:

Tabla 6. Relación del Sistema de referencia espacial inicial y Sistema de referencia espacial final

NOMBRE ELEMENTO	SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL		SISTEMA DE REFERENCIA GEOGRÁFICO
	ELIPSOIDE	PROYECCION	
Cobertura 2007.shp	WGS84	UTM ZONA 18N	GCS_MAGNA
Cobertura 2010.shp	WGS84	UTM ZONA 18N	GCS_MAGNA
Cobertura 2013.shp	WGS84	UTM ZONA 18N	GCS_MAGNA
Subcuencas.shp	WGS84	UTM ZONA 18N	GCS_MAGNA
Imagen 2007 (15 x 15) – Formato GRID	NO DEFINIDO	NO DEFINIDO	GCS_MAGNA
Imagen Satelital 2010 – Formato: IMAGINE	WGS84	Proy. Transversa Mercator (Marco_Geocentrico_Nacional_de_Referencia_Transverse_Mercator)	GCS_MAGNA
Imagen 2013c1, 2013c2, 2013c3, 2013c4, 2013c5	WGS84	UTM ZONA 18N	GCS_MAGNA
Imagen 2013 (Combinación en color verdadero)	WGS84	UTM ZONA 18N	GCS_MAGNA
Coberturas Tierra 2014.shp	WGS84	NO DEFINIDO	GCS_MAGNA
Frontera Agropecuaria 2007.shp	WGS84	NO DEFINIDO	GCS_MAGNA
Frontera Agropecuaria 2012.shp	WGS84	NO DEFINIDO	GCS_MAGNA
Áreas de Intervención 2002.shp	WGS84	NO DEFINIDO	GCS_MAGNA
Áreas de Intervención 2007.shp	WGS84	NO DEFINIDO	GCS_MAGNA
Áreas de Intervención 2012.shp	WGS84	NO DEFINIDO	GCS_MAGNA
Áreas de Intervención 2014.shp	WGS84	NO DEFINIDO	GCS_MAGNA
Perdida de Bosque.shp	WGS84	NO DEFINIDO	GCS_MAGNA
Áreas prioritarias conservación.	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	GCS_MAGNA
Áreas Transformadas 2007.	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	GCS_MAGNA
Áreas transformadas 2012	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	GCS_MAGNA
Bosques Degradados.	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	GCS_MAGNA

Impacto Potencial 2011 – 2040.	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	GCS_MAGNA
Índice Relativo de Afectación 2010.	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	GCS_MAGNA
Nuevas Áreas y ampliación de parques.	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	GCS_MAGNA
Pozos Otorgados.	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	GCS_MAGNA
Praderización 2007 – 2012.	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	GCS_MAGNA
Vulnerabilidad ambiental 2011 – 2040.	WGS84	Proy. Transversa Mercator (MAGNA_Colombia_Bogota)	GCS_MAGNA
Resguardos Indígenas 2012	WGS84	Proy. Transversa Mercator (GAUSS_BTA_MAGNA)	GCS_MAGNA
Límites Municipales	WGS84	Proy. Transversa Mercator (GAUSS_BTA_MAGNA)	GCS_MAGNA
Drenaje Doble	WGS84	Proy. Transversa Mercator (GAUSS_BTA_MAGNA)	GCS_MAGNA
Drenaje Sencillo	WGS84	Proy. Transversa Mercator (GAUSS_BTA_MAGNA)	GCS_MAGNA
Imagen satelital Landsat 8	WGS84	UTM ZONA 18N	GCS_MAGNA

En resumen, los parámetros del sistema de referencia seleccionado corresponden a

Tabla 7. Parámetros del Sistema Coordenado Geográfico

Nombre del SCG:	GCS_MAGNA
WKID:	4686 Authority: EPSG
Unidades Angulares:	Grados (0,0174532925199433)
Primer Meridiano:	Greenwich (0,0)
Datum:	D_MAGNA
Elipsoide:	GRS_1980
SemiejeMayor:	6378137
SemiejeMenor	6356752,314
Inversa Factor de Achatamiento:	298,2572221

6.6.4. Migración de información de las fuentes iniciales al Modelo de BD creado

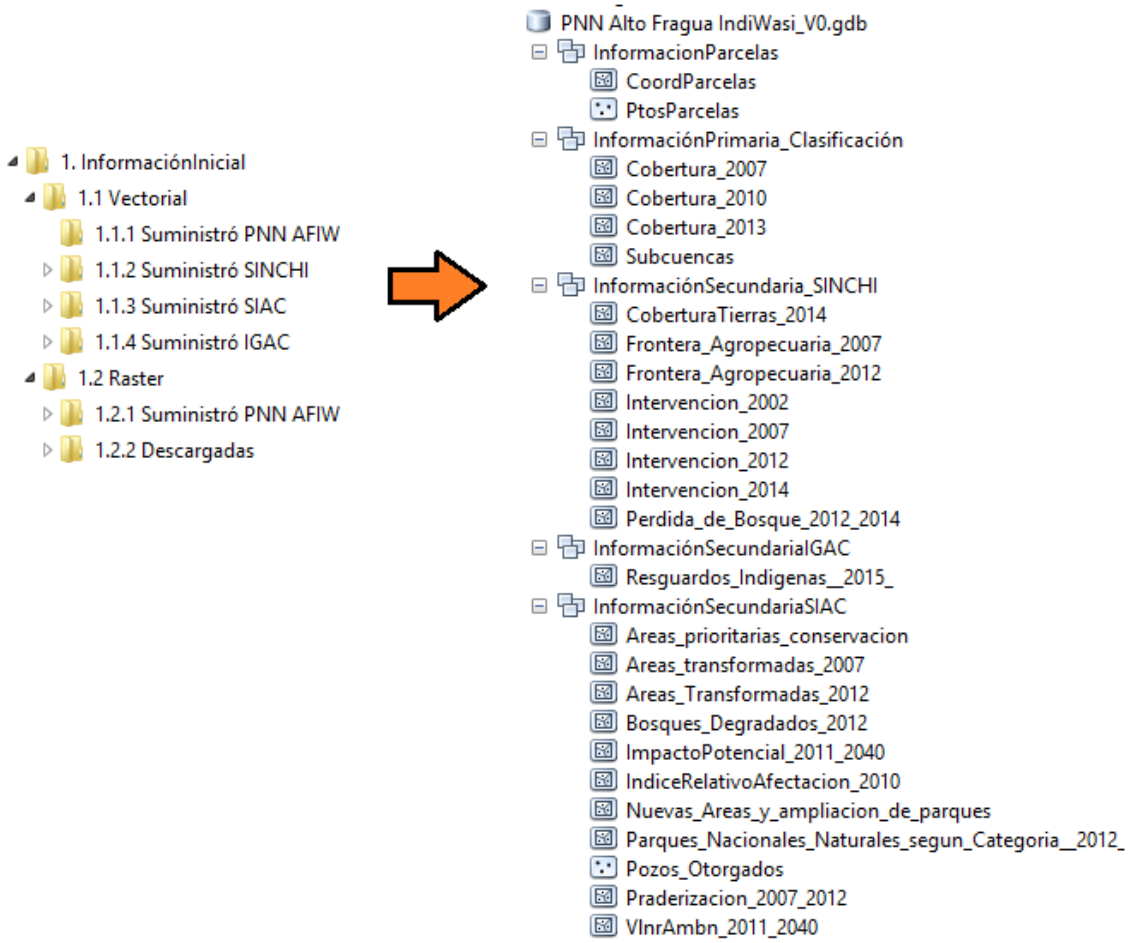
En el proceso de migración de la información y luego de la determinación de un modelo de base de datos en función de la información existente y futura,

se realizó el proceso de homologación de valores, dominios y geometrías, es decir el cálculo de campos necesarios para estandarizar los valores.

Migración de las coberturas generales

Inicialmente se consolido una base de datos donde consolidar toda la información proveniente de las diferentes fuentes, en donde se facilitaba el manejo de los datos y la estructuración de un modelo de base de datos consistente.

Figura 5. Modelo de base de datos inicial



Fuente: Propia

Luego de la definición de entidades geográficas, atributos, dominios y valores por defecto, se estandarizó la información y se realizó el proceso de ***"Load Data",*** que permite pasar información desde una cobertura

específica a otra con ciertas características similares (geometría y atributos).

Como en el proceso de estandarización del modelo de base de datos se crearon dominios que facilitan el cargue de información, fue necesario establecer un proceso de homologación de valores a fin de mantener la información original consistente en la base de datos final.

Georreferenciación de información plana suministrada (Excel con coordenadas de transectos y resultados de estudios)

A partir de la información suministrada por el parque, se realizó la creación de una entidad geográfica tipo punto con las coordenadas de los puntos inicial y final de las parcelas inventariadas, luego de la creación de esta entidad, se realizó la materialización de los puntos correspondientes a dos parcelas inventariadas en el año **2007.**

De igual forma se generó el polígono correspondiente al transepto recorrido. El objetivo de mantener esta cobertura en la base de datos, es que se realice el cargue de los transectos inventariados, facilitando la programación de los futuros, sin repetir áreas ya recorridas por personal del parque.

Figura 6. Ejemplo georeferenciación transepto 2007

Fuente: Propia

6.6.5. Creación de los catálogos de datos

El catálogo de datos corresponde a un documento que permite identificar las características de almacenamiento de la base de datos, geometrías,

dominios asignados y valores por defecto que facilitan la edición de información en el esquema de almacenamiento definido.

Facilita la validación de la estructura y da pautas para futuros controles de cambio de diseño en la base de datos. De acuerdo a las necesidades presentes y futuras del parque, se puede optimizar el modelo de almacenamiento.

Durante el proceso de creación del modelo de datos, se inició con la creación de los archivos XML que contienen la estructura del modelo de datos, posteriormente se generalizó el diseño en un archivo Excel fácil de consultar y entender por parte de cualquier administrador de bases de datos.

La información relacionada en el Catalogo inicia con el índice general de información almacenada en la Base de datos, continua con la definición de Dominios y descripción de las entidades.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de consolidación del catálogo de Datos.

Figura 7. Muestra de la Hoja "General BD" correspondiente al Catálogo de Datos construido

	TIPO DE CONTENEDOR		File Geodatabase	
	ITEM	TIPO	NOMBRE	FEATURE CLASS
3	1	Feature Dataset	IP_ParcelasPNN_AFIW	Parcelas
4				PtosParcelas
5	2	Feature Dataset	IP_PNN_AFIW	Cobertura_2007
6				Cobertura_2010
7				Cobertura_2013
8				Cruce_2007_2010_1013
9	3	Feature Dataset	IS_IDEAM	Clasif_Clima_Lang_2011_2040
10				Radiacion_Solar_Global_ProAnual
11				ISA_2010
12	4	Feature Dataset	IS_IGAC	Geopedología_2008
13				Resguardos_Indigenas
14	5	Feature Dataset	IS_SIAC	AreasPrioritarias Conservación
15				AreasTransformadas_2007
16				AreasTransformadas_2012
17				BosquesDegradados_2012
18				ImpactoPotencial_2011_2040
19				IndiceRelativoAfectación_2010
20				Parques_Nacionales_Naturales_segun_Categoria__2012
21				NuevasAreas_AmpliaciónParques
22				PozoOtrogadosExplotación
23				Praderización_2007_2012
24				VInrAmbn_2011_2040_Clip
25	6	Feature Dataset	IS_SINCHI	CoberturaTierras_2014
26				FronteraAgropecuaria_2007
27				FronteraAgropecuaria_2012
28				Intervención_2007
29				Intervención_2012

Hoja1 | General BD | CoordParcelas | PtosParcelas | Cobertura_2007 | Cobe

Fuente: Propia

Figura 8. Ejemplo de la Hoja "Dominios" correspondiente al Catálogo de datos

NOMBRE DOMINIO	CÓDIGO DOMINIO	DESCRIPCIÓN
DomPaisaje	ID_PAISAJE	PAISAJE
	1	Valle
	2	Planicie
	3	Piedemonte
	4	Superficie de Aplanamiento
	5	Altiplanicie
	6	Lomerío
	7	Montaña
DomAmbienteMorf	ID_AMB_MORF	AMBIENTE_MORFOLOGICO
	1	Aluvial
	2	Coluvio Aluvial
	3	Estructural Erosional
	4	Fluvio Gravitacional
	5	Fluvio Marina
	6	Residual (Peneplanicie)
	7	Eólica
	8	Glaciárica
	ID_PENDIENTE	PENDIENTE
	1	< 7%
	2	> 7%
	3	< 12%

Dominios | DomDrenaje | DomAmbienteMorf | DomPaisaje | DomPendiente | DomRegion

Fuente: Propia

Figura 9. Ejemplo de la Hoja "CoordParcelas" correspondiente al Catálogo de datos

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Nombre entidad	CoordParcelas				
Descripción	Entidad geográfica que almaneca información relacionada con las áreas de inventariado de especies vegetales y animales.				
Geometría	Poligono				
Dataframe	IP_ParcelasPNN_AFIW				
Atributo	***Código***	***Descripción***	***Dominio***	***Tipo de Dato***	***Tamaño***
OBJECTID		Object ID			
SHAPE		Geometry			
NroParcela				Short Integer	
Nombre				Text	100
AreaTransecto				Double	
ResponsableTransecto				Text	100
TiempoEjecucion	1	1 Semana	DomTiempoEjecicion	Short Integer	
	2	2 Semanas			
	3	3 Semanas			
	4	4 Semanas			
	5	5 Semanas			
	6	6 Semanas			

Hoja1 | General BD | CoordParcelas | PtosParcelas | Cobertura_2007 | Cobertu

Fuente: Propia

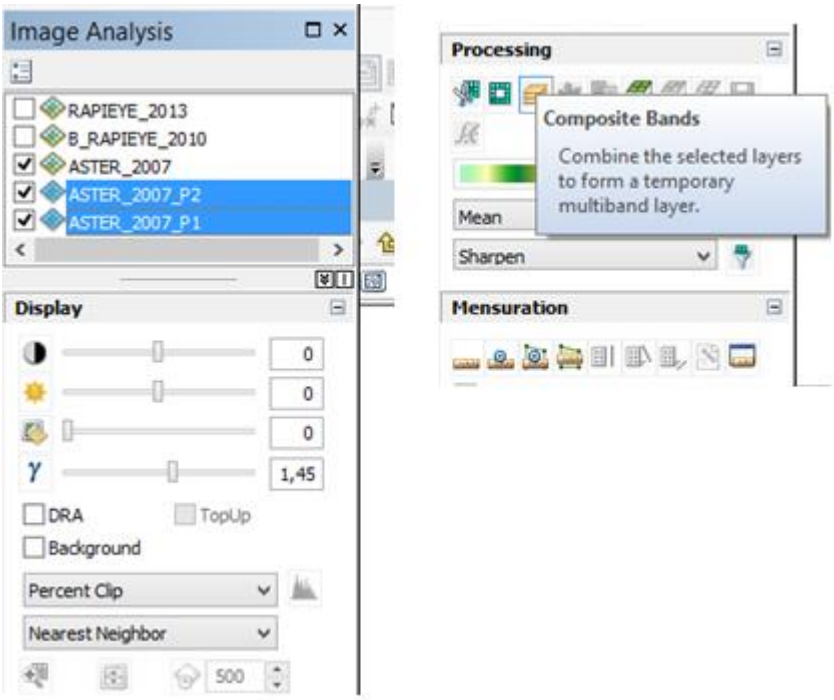
6.6.6. Procesamiento de Imágenes Satelitales

El análisis multitemporal basado en el procesamiento de imágenes consiste en la comparación de imágenes de diferentes periodos de tiempo, esto haciendo uso de software especializados para el mapeo de coberturas en función de los valores de pixeles almacenados. Dentro de los suministros de información entregados por el Parque Nacional Natural AFIW se tiene segmentos de imágenes de las cuencas de los ríos Bodoquerito y Pescado en los años 2007, 2010 y 2013.

Para garantizar una comparación actual, se descargaron imágenes ASTER (Gratuitas) con cobertura en el área general del PNN AFIW y correspondientes al año 2007.

Inicialmente, se realizó la generación de la combinación de color con las imágenes proporcionadas por el parque, esto a través del uso de la herramienta "**Image Analyst"**.

Figura 10. Ventana Image Analyst – ArcMAP



Fuente: Propia.

Esta herramienta permite de manera sencilla crear los archivos de combinación de bandas de las imágenes existentes para el proyecto.

Como la herramienta crea una imagen temporal a la vista del mapa, es necesario exportar los resultados a la base de datos donde se tiene la información vectorial y alfanumérica.

Como parte de la entrega de las imágenes satelitales “ASTER 2007”, “GEOEYE 2010”y “GEOEYE 2013”, se especificó por parte del personal del Parque, que las imágenes se encontraban orthorectificadas y georeferenciadas por el proveedor de servicios de imagen a partir el cual, el parque adquirió las imágenes.

El consolidado de imágenes existentes para el desarrollo del proyecto corresponden a:

Figura 11. Imágenes satelitales disponibles para el proyecto

ASTER_2007	Imagen Aster 2007 suministrada por el parque
ASTER_2007_P1	Imagen Aster 2007 Parte 1 descargada
ASTER_2007_P2	Imagen Aster 2007 Parte 2 descargada
B_RAPIEYE_2010	Imagen Rapieye 2010 suministrada por el parque
D_DEM_ASTER	DEM ASTER Descargado
RAPIEYE_2013	Imagen Rapieye 2013 suministrada por el parque

Fuente: Propia.

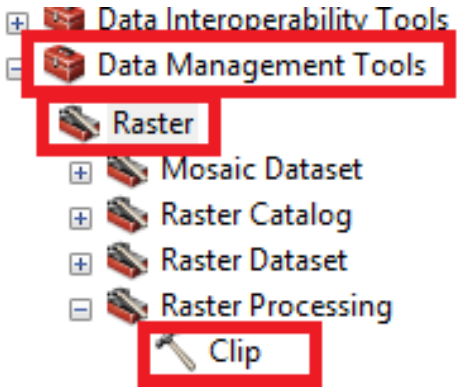
Procesamiento digital de imágenes usando ArcGIS y ENVI

En esta etapa, se hizo uso de software especializados para el tratamiento y procesamiento de imágenes satelitales.

A través del uso de la herramienta ENVI, se realizaron los índices de vegetación y posterior preparación de las coberturas para la interpretación de coberturas.

Inicialmente, se realizó el clip de las imágenes en función del área del parque, para esto se utilizó la herramienta ***Data Management Tools – Raster – Raster Procesing – Clip***

Figura 12. Herramienta "Clip" para Raster



Fuente: Propia.

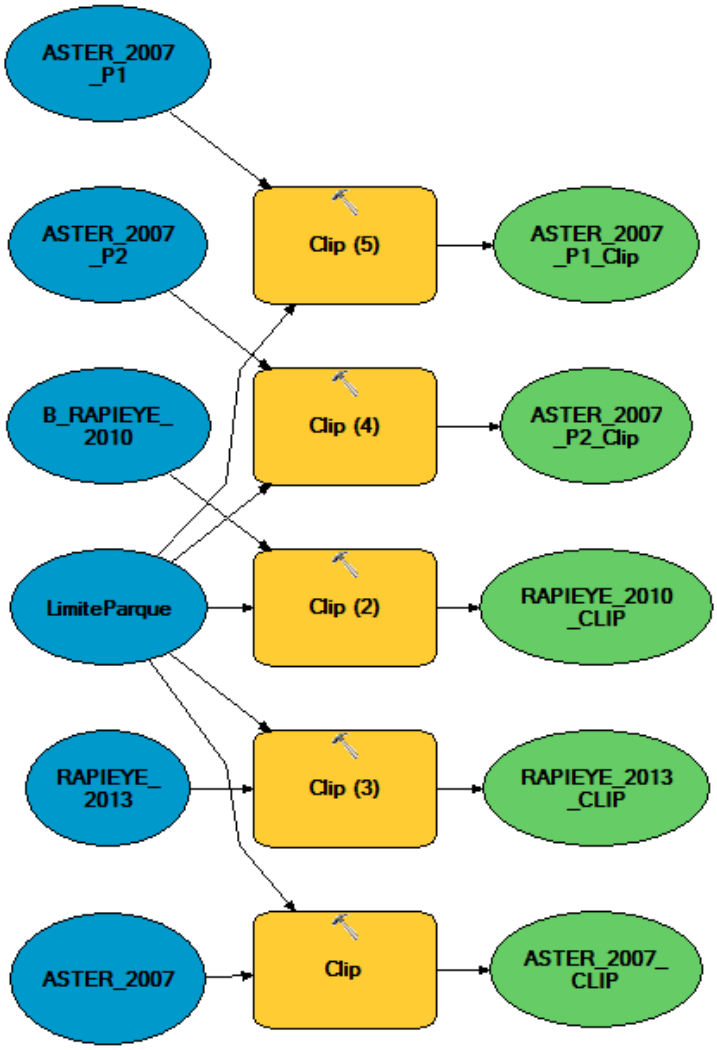
Para optimizar el uso de las herramientas y generar un modelo de procesamiento unificado se generó un toolboox con un Model Builder que almacena los geoprocesos aplicados.

Figura 13. Toolboox creado para almacenar los geoprocesos a través de Model Builder

Fuente: Propia.

El geoproceso de Clip de las imágenes satelitales en función del área del parque corresponde a:

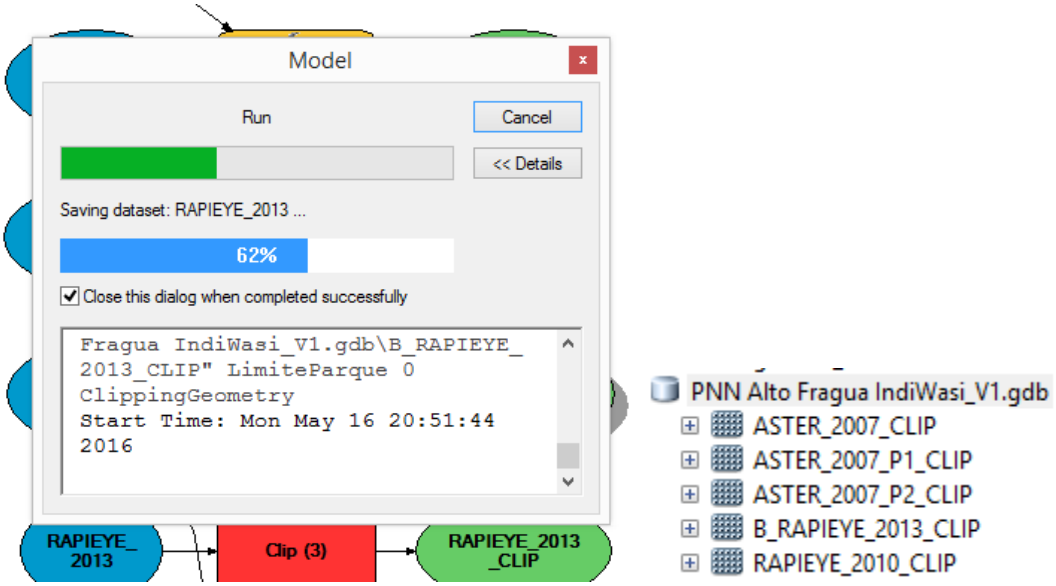
Figura 14. Clip de imágenes satelitales - Model Builder



Fuente: Propia.

Durante la ejecución del geoproceso aparece la siguiente ventana mostrando el avance de la herramienta

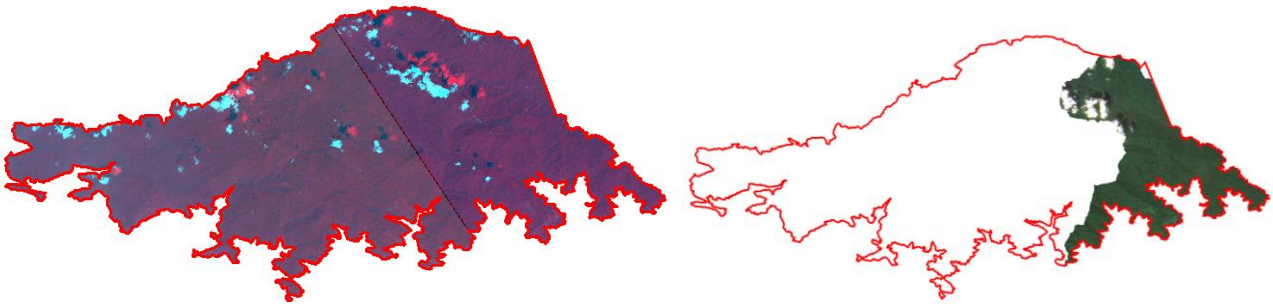
Figura 15. Izquierda - Ventana de avance del geoproceso, Derecha – Almacenamiento de resultados en una Base de datos Geográifca



Fuente: Propia.

Como resultado del proceso tenemos:

Figura 16. Izquierda Clip de Imágenes Aster 2007 descargadas, Derecha, clip de imágenes Rapieye 2010 y 2013 suministradas por el PNN AFIW



Fuente: Propia.

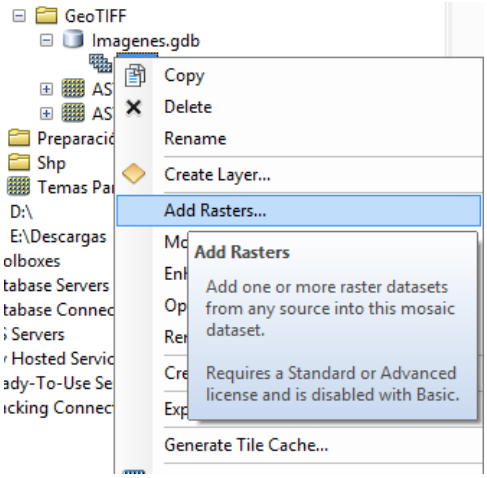
a. Aplicación de Filtros usando ENVI

Durante el procesamiento de imágenes, se realizaron las pruebas asociadas a los posibles filtrados que permitieran acentuar las características propias de la imagen facilitando la digitalización o clasificación.

Como parte del proceso investigativo, se descargaron dos imágenes Aster 2007 cuya área de cobertura estuviera presente en el PNN AFIW. Las características de resolución, el path y row, entre otras características aparecen en el ***Anexo Catalogo de Datos***.

- Fusión de las imágenes Aster 2007.
  El proceso de creación de una única imagen Aster a partir de un par inicia con la creación de un ***Mosaic Dataset***, sobre el cual se cargan las imágenes Aster descargadas a partir del uso de la opción ***"Add Raster"*.**

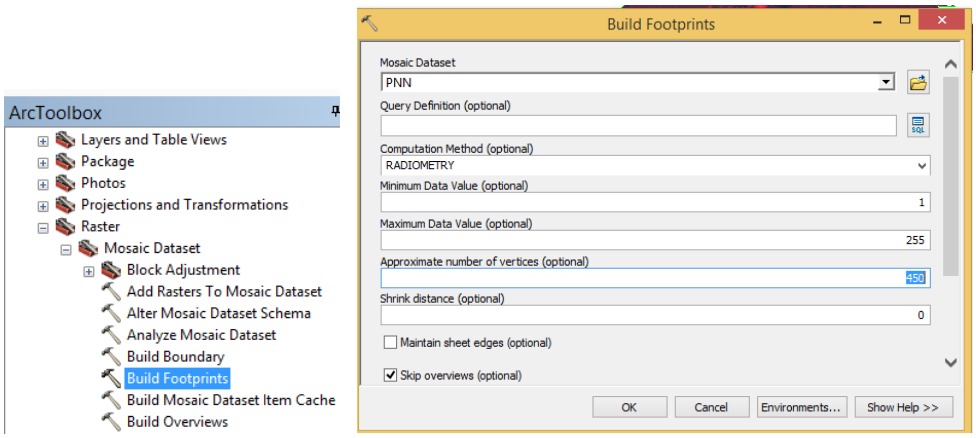
Figura 17. Opcion Add Raster – ArcGIS



Fuente: Propia.

A continuación es necesario recalcular los Footprints, que corresponden al área asociadas a las imágenes raster cargadas en el Mosaic Dataset usando la herramienta existente en ArcTollbox ***"Data Management Tools"*** → ***"Raster"*** → ***"Build Footprints"***

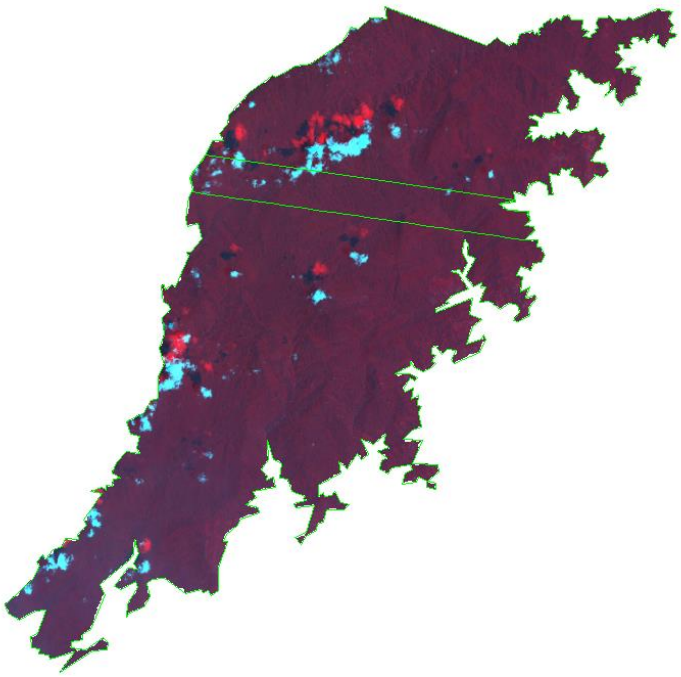
Figura 18. Localización de la herramienta Build Footprints



Fuente: Propia.

Como resultado, se obtiene la imagen Aster 2007 con una cobertura del 100% del área del PNN AFIW. Dentro del proceso, es necesario ingresas el número de vértices que tendrá la creación de los Footprints, entre mayor el número de vértices, mayor el detalle de los límites de la imagen resultante.

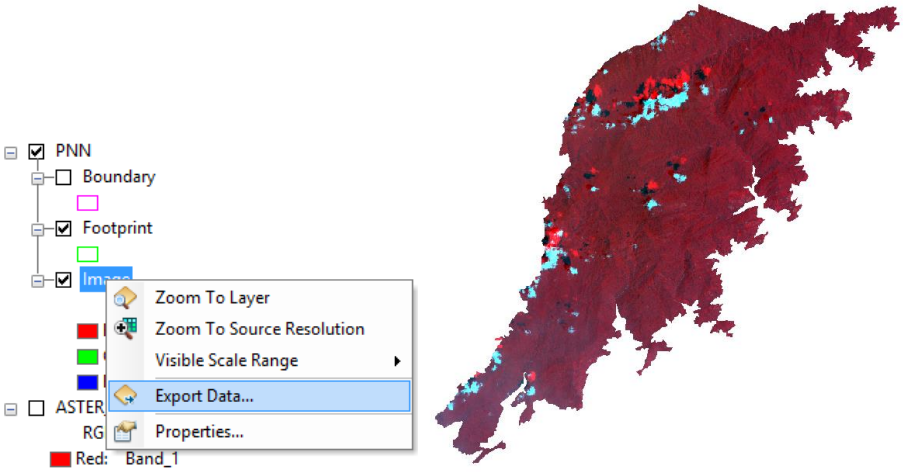
Figura 19. Resultado del cálculo de los Footprints - Mosaico imágenes Aster 2007



Fuente: Propia.

A continuación, resulta necesario exportar la imagen almacenada en el Mosaic Dataset para generar un único archivo que facilite el procesamiento de la imagen.

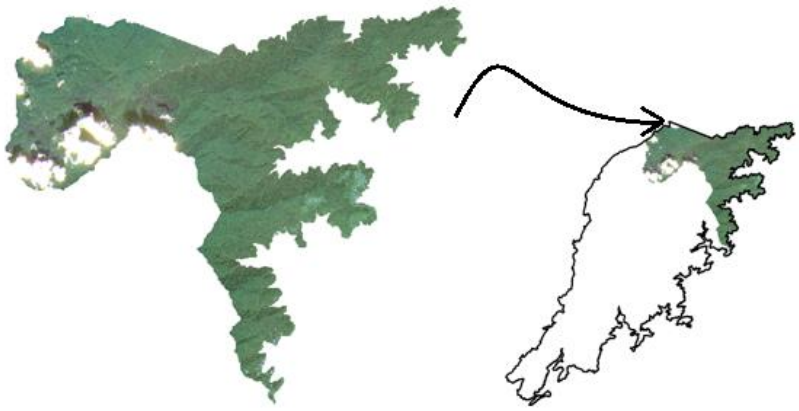
Figura 20. Raster unificada - Aster 2007



Fuente: Propia.

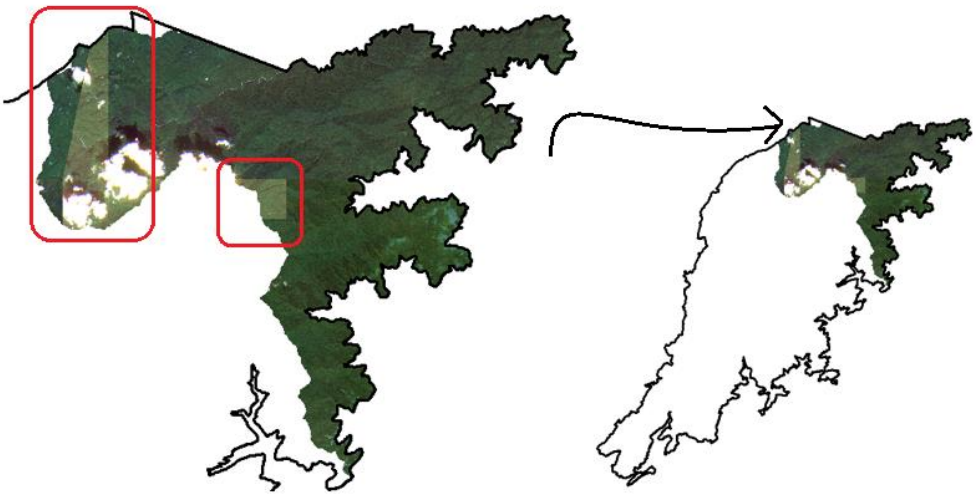
Las imágenes de los años 2010 y 2013 corresponden a recortes suministrados por funcionarios del parque. Dichos recortes hacen parte del área significativa para el estudio de cambio en la cobertura vegetal, en las cuencas de los ríos bodoquerito y pescado.

Figura 21. Rapieye 2010 – Cuenca del Rio Bodoquerito y Pescado



Fuente: Propia.

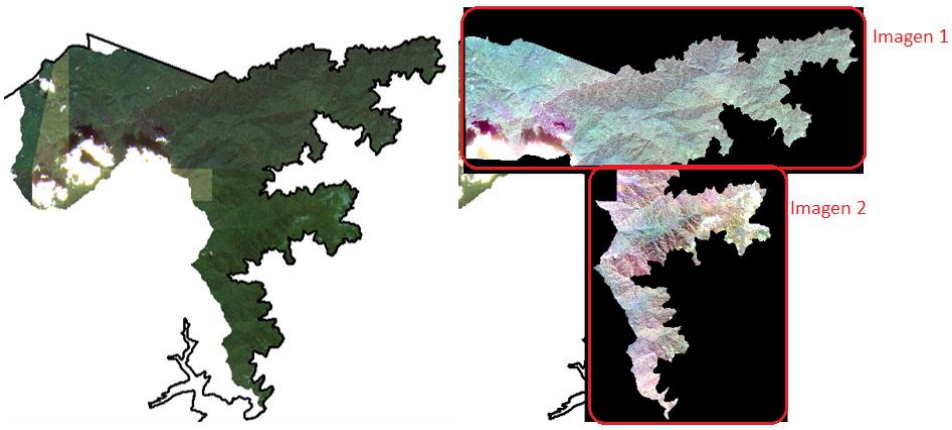
Figura 22. Rapieye 2013 – Cuenca del Rio Bodoquerito y Pescado



Fuente: Propia

Las áreas encerradas en rojo evidencian la realización de un mosaico de varias imágenes con niveles de radiometría diferentes, estas características impiden la realización de un filtrado y una clasificación supervisada general, por tanto es necesario cortar esta imagen y extraer las áreas señaladas evitando que el histograma de las imágenes se distorsione.

Figura 23. Muestra del corte de Imágenes



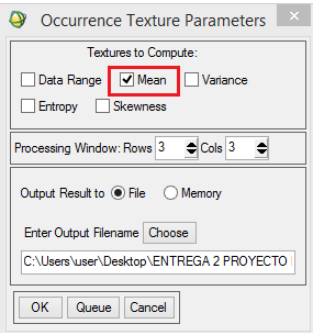
Fuente: Propia

- Aplicación de filtros para resaltar las imágenes satelitales.

Usando el software ENVI, se realizó la identificación de los filtros que acentúan las características de las imágenes satelitales y facilitan así la

clasificación de coberturas. El proceso consiste en la homogenización o variabilidad de pixeles vecinos, con el objetivo de destacar o eliminar ciertas características de las imágenes. Luego de un proceso de prueba y error, se identificó que el filtro que mejor se ajusta a las condiciones de las imágenes existentes es el filtro “Mediana”.

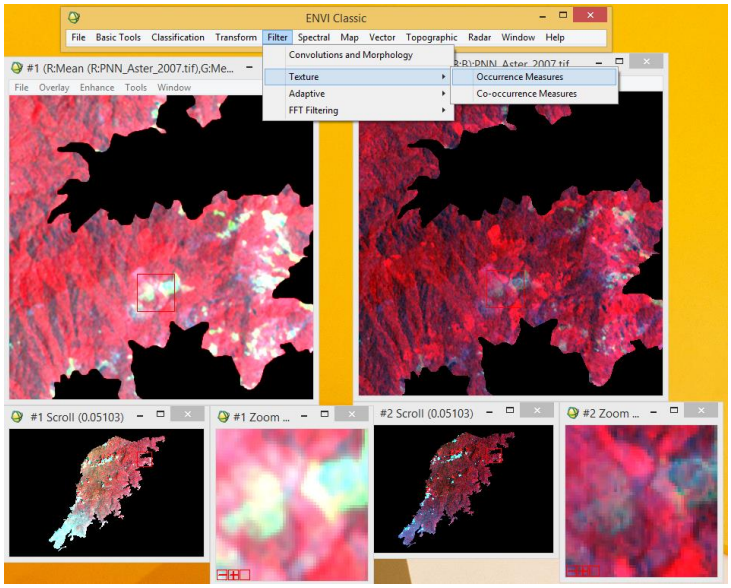
Figura 24. Herramienta Filtro textura



Fuente: Propia

En la opción ***Processing Windows*** se definen la cantidad de celdas que se quieren generalizar en el proceso de filtrado, para este caso, seleccionamos 3X3.

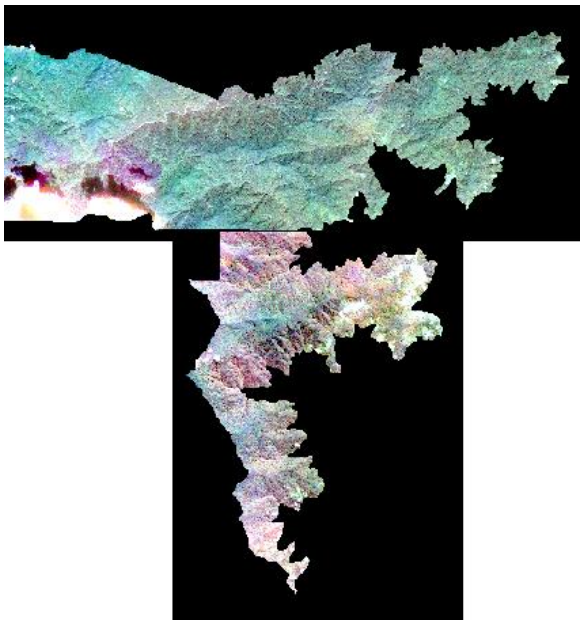
Figura 25. Imagen de la izquierda corresponde al proceso de filtrado, imagen de la derecha corresponde a la imagen Aster 2007 original.



Fuente: Propia

El proceso de aplicación de filtros para resaltar las características de las imágenes se realizó con todas las imágenes disponibles. Rapieye 2013 Parte 1, Rapieye 2013 parte 2.

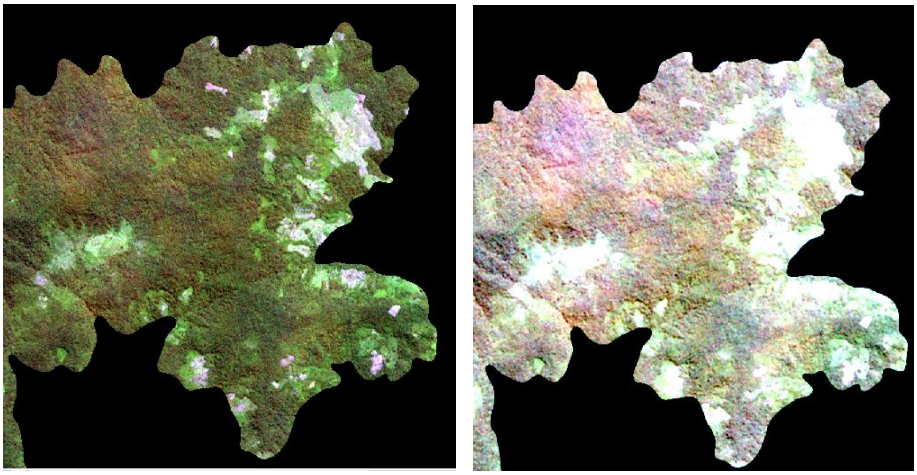
Figura 26. Imagen Superior – Corte Rapieye 2013 Parte 1, Imagen inferior – Corte Rapieye 2013 Parte 2



Fuente: Propia

La aplicación del filtro de mediana facilita la identificación de áreas donde se evidencia pérdida de cobertura vegetal. En las áreas aledañas al resguardo indígena, se puede visualizar con mayor facilidad dichas áreas descubiertas.

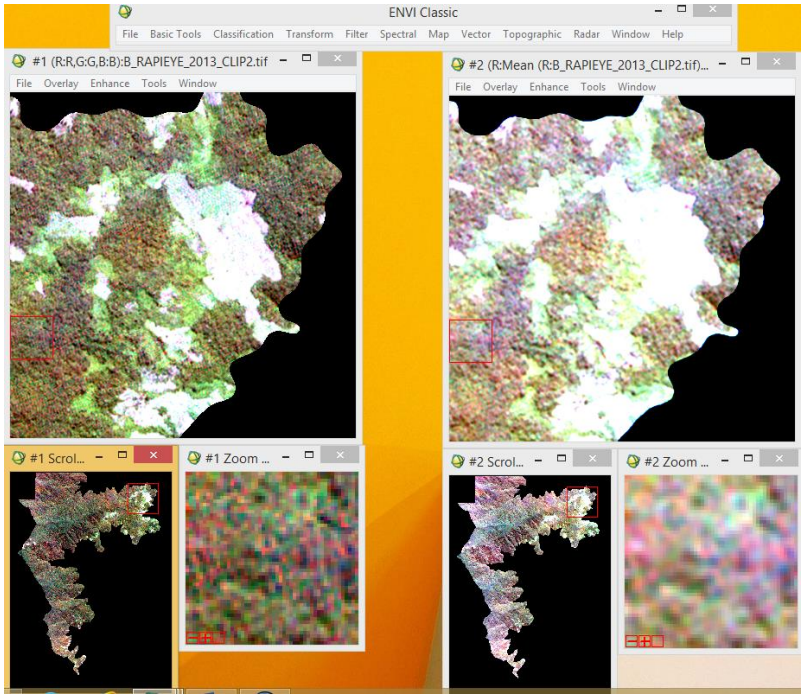
Figura 27. Imagen de la izquierda, Rapieye 2013 original, imagen de la derecha, Rapieye 2013 con filtro mediana.



Fuente: Propia

Al aplicar el filtro media en la imagen Rapieye 2013, se evidencia que es mejor hacer la clasificación usando la imagen original

Figura 28. Imagen de la izquierda, Rapieye parte b original, imagen derecha resultado de la aplicación del filtro de media a la imagen



Fuente: Propia

- Clasificación No Supervisada.

La imagen Rapieye 2010 suministrada por el parque, corresponde a un periodo de tiempo intermedio que será tomado en cuenta como punto de comparación, pero los análisis principales se realizarán en función de los dos límites temporales, 2007 y 2013.

Una vez se realiza el procedimiento de aplicación de filtros a las imágenes existentes, a través del uso de la herramienta ArcGIS for Desktop, se realiza el procedimiento de Clasificación No Supervisada.

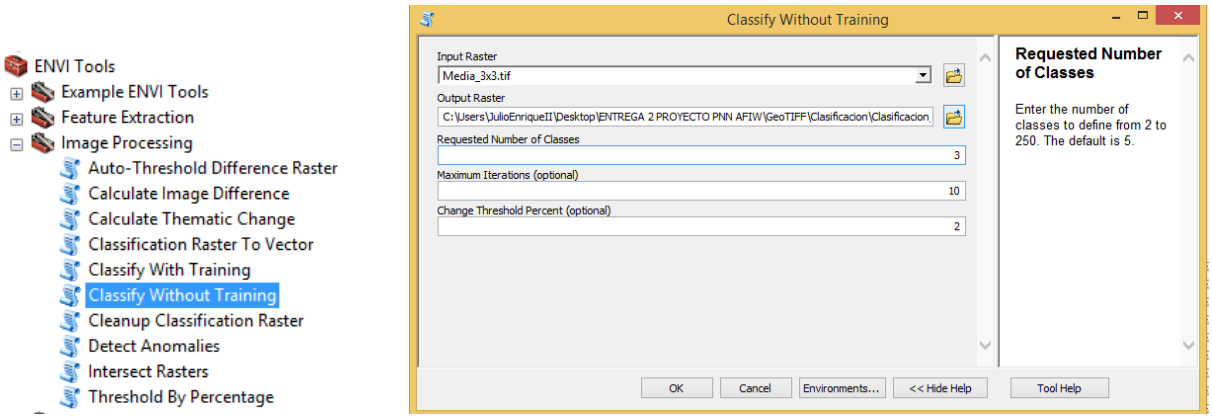
La razón por la cual no se realiza una Clasificación Supervisada es porque para dicho proceso, se requieren conocimientos previos de la zona de interés, el cual permita delimitar zonas representativas de los usos “sitios de entrenamiento” (Universidad de Murcia, 2003).

El procedimiento involucra la selección de áreas de entrenamiento, donde se delimitan áreas representativas de las distintas clases, posteriormente se calculan los parámetros que caracterizan la distribución de los datos espectrales de las áreas definidas como muestras, se hace el análisis de las áreas muestras y finalmente la clasificación. Como no se cuenta con un conocimiento propio de una visita al sitio como para tener la posibilidad de generar áreas muestra, se recurre a la generación automática de clasificaciones realizada por los software que a partir de la división del histograma en clases, facilita la identificación de coberturas.

Sin embargo, la tarea comparativa de los cambios en la cobertura vegetal se realizará simultáneamente a partir de las coberturas previamente generadas por el PNN AFIW que son producto de una clasificación Supervisada y las capas resultantes de la Clasificación No Supervisada.

Para adelantar las actividades de clasificación no supervisada, se realizó el procedimiento para 3, 5, 7 y 9 clases a partir de la imagen filtrada a través del uso de la herramienta ***“Classify Whitout Training”***

Figura 29. Herramienta Classify Whiout Training – ENVI Tools



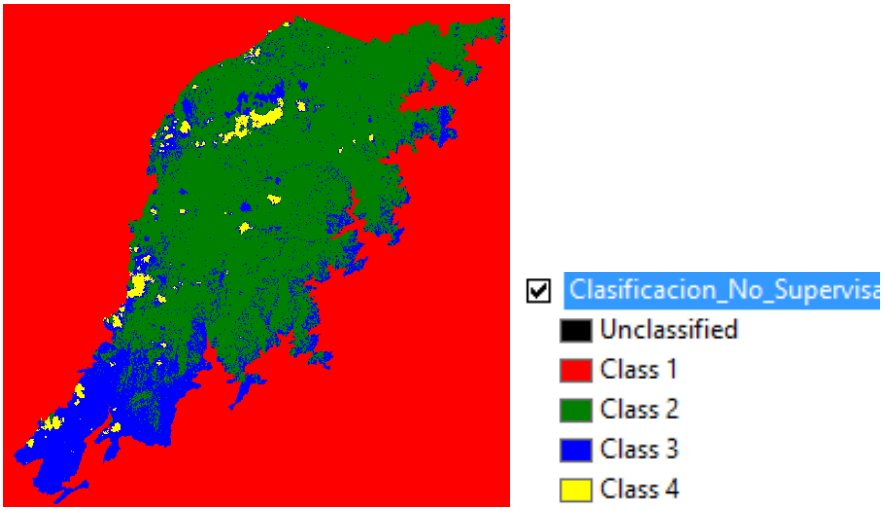
Fuente: Propia

Clasificación No supervisada Imagen ASTER 2007 con filtro Media.

- **Clasificación No Supervisada 3 Clases**

Como parte del análisis de resultados del procedimiento de Clasificación No Supervisada, se realizó utilizando 3, 5, 7 y 9 clases con el fin de evaluar la mejor opción para la digitalización y análisis de cambio en la cobertura vegetal.

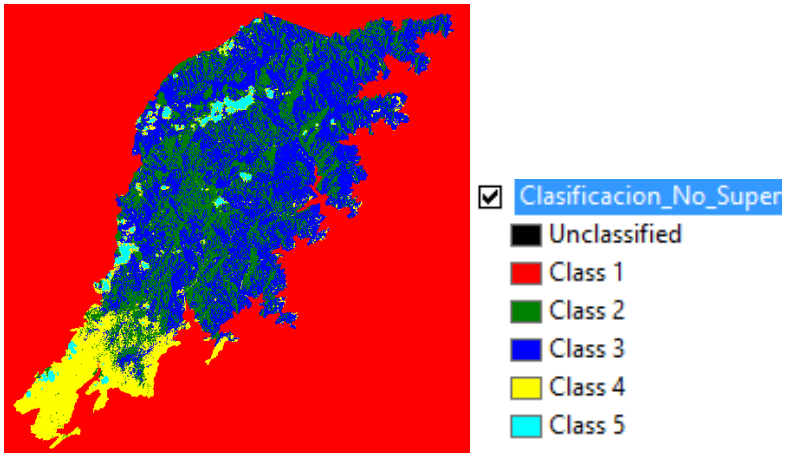
Figura 30. Clasificación No Supervisada Tres Clases. El resultado generaliza las coberturas, y como base para el análisis no resulta útil.



Fuente: Propia

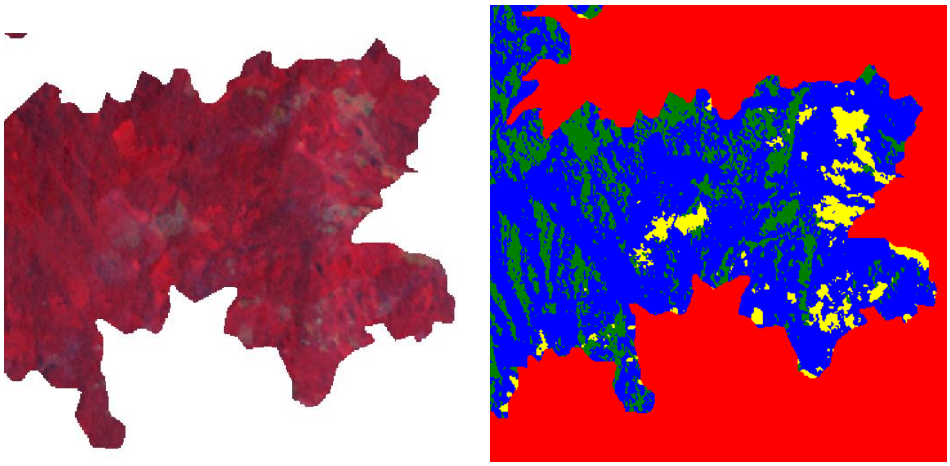
- **Clasificación No Supervisada 5 Clases**
  Al realizar la clasificación no supervisada usando cinco clases, se evidencian mayores detalles

Figura 31. Imagen Derecha, Imagen Aster 2007, Imagen Derecha Clasificación No Supervisada usando 5 Clases



Fuente: Propia

Figura 32. Detalle, Imagen Derecha, Imagen Aster 2007, Imagen Derecha Clasificación No Supervisada usando 5 Clases



Fuente: Propia

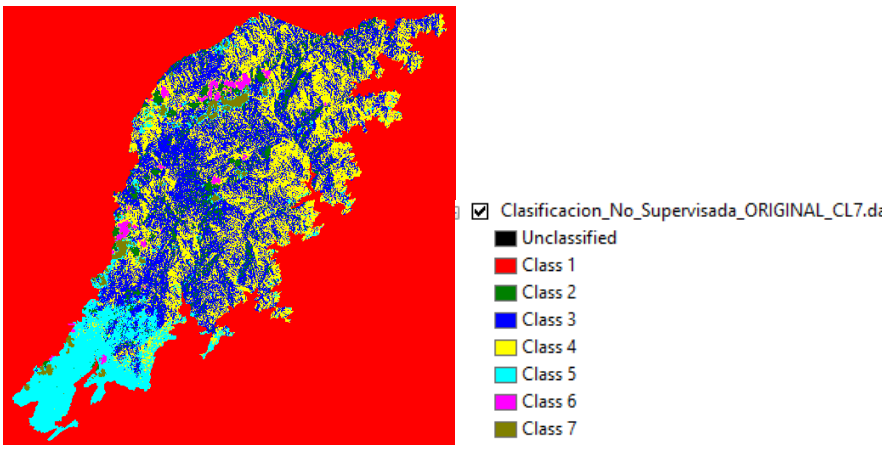
La Clasificaición No Supervisada, permite generar coberturas de acuerdo a los niveles digitales, lo que facilita la digitalización y la inspección de áreas con pérdida de cobertura vegetal. Con esta clasificación es posible apoyar las actividades de digitalización, a partir de la generación de coberturas editales y hacer a partir de una

Clasificación No Supervisada, un proceso supervisado en la segunda instancia en la generación de cartografía.

- **Clasificación No Supervisada 7 Clases**

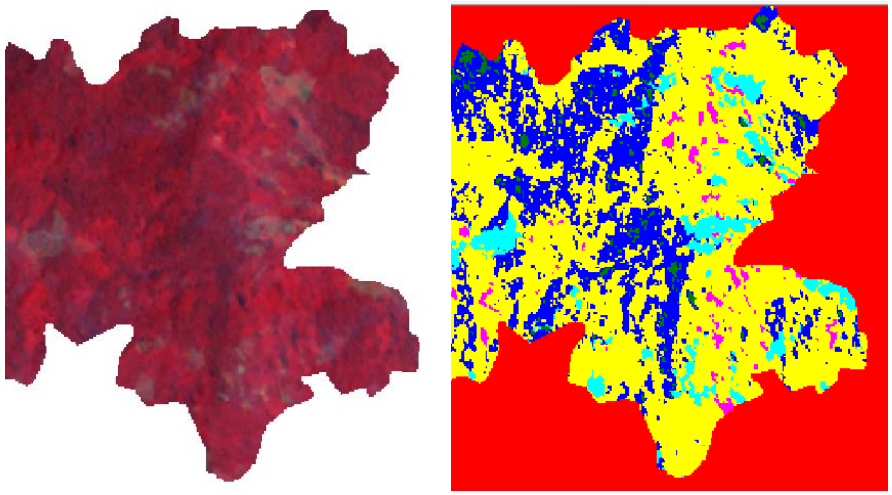
A medida que en el proceso de Clasificación No Supervisada se añaden clases, el nivel de detalle del resultado refleja los posibles cambios de cobertura, de igual forma, al añadir detalle, también dificulta la depuración de la cobertura vectorial resultante.

Figura 33. Resultado de la Clasificación No Supervisada usando 7 clases



Fuente: Propia

Figura 34. Imagen Izquierda, Imagen Aster 2007, Imagen Derecha – Clasificación No supervisada usando 7 clases



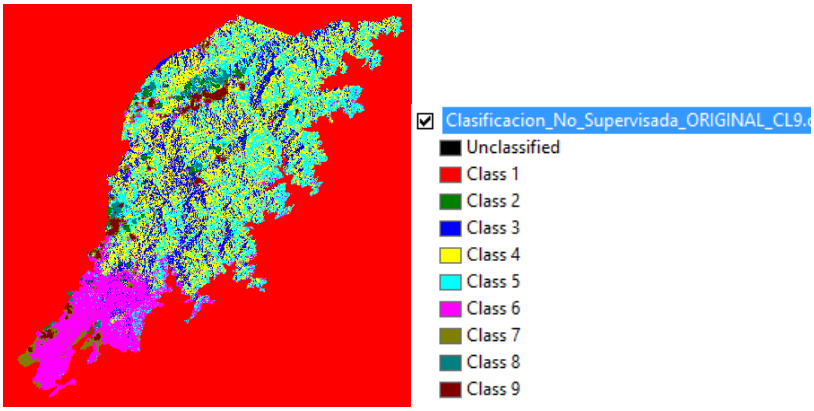
Fuente: Propia

Se evidencia mayor detalle de aquellas áreas que en la imagen original se perciben con ausencia de vegetación.

- **Clasificación No Supervisada 9 Clases**

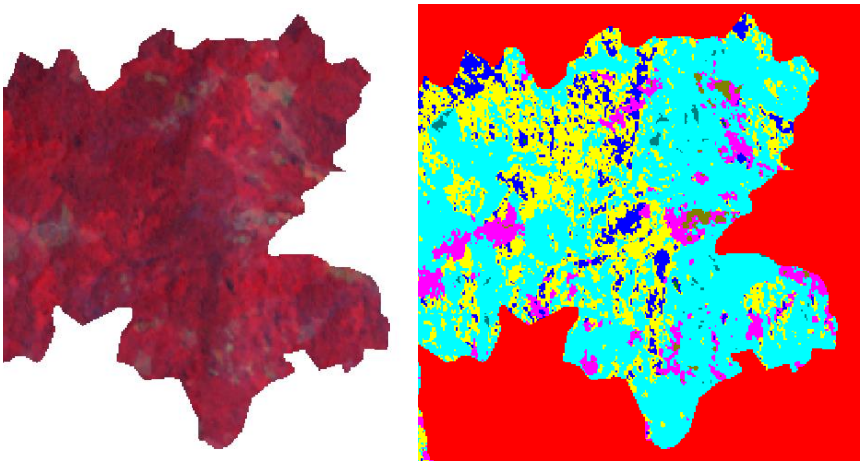
La Clasificación No Supervisada utilizando 9 clases genera un nivel detalle mayor que podria ser util en el afinamiento de los límites de las áreas con coberturas vegetales escasas, sin embargo anade mayor grado de dificultan en el proceso de depuración del vector resultante, mayor al de utilizar una clasificación con menos clases y que facilite las actividades del interprete final.

Figura 35. Imagen Izquierda, Imagen Aster 2007, Imagen Derecha – Clasificación No supervisada usando 9 clases



Fuente: Propia

Figura 36. Detalle, Imagen Izquierda, Imagen Aster 2007, Imagen Derecha – Clasificación No supervisada usando 9 clases

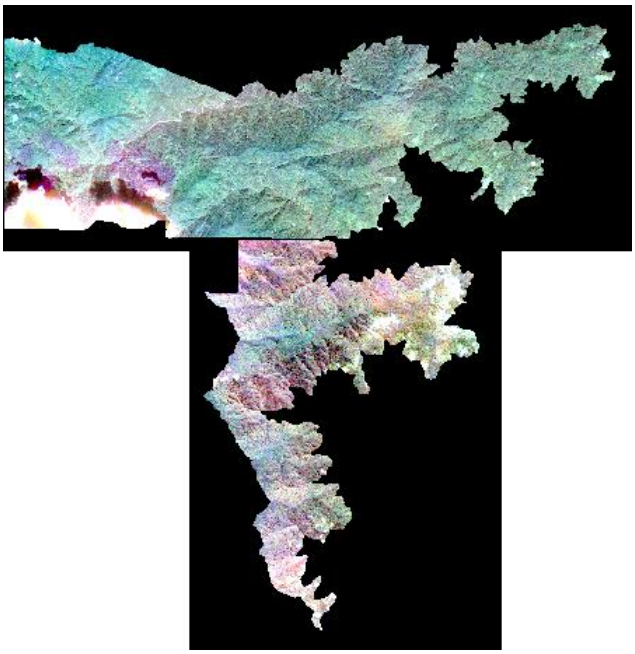


Fuente: Propia

Clasificación No supervisada Imagen Rapieye 2013 suministrada por el PNN AFIW

Como parte del análisis de resultados del procedimiento de Clasificación No Supervisada, se realizó utilizando 3, 5, 7 y 9 clases con el fin de evaluar la mejor opción para la digitalización y análisis de cambio en la cobertura vegetal para las imágenes Rapieye cortadas anteriormente.

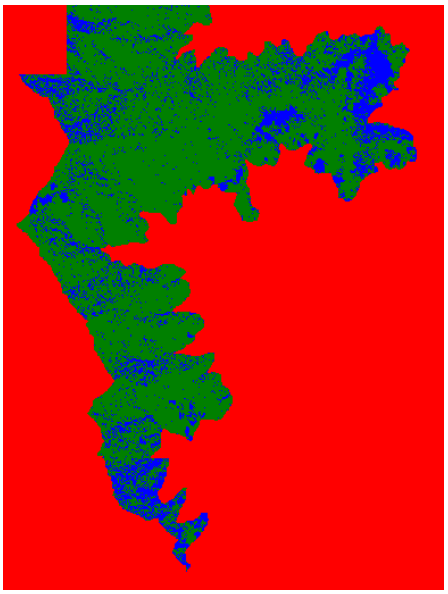
Figura 37. Par de imágenes recortadas Rapieye 2010.



Fuente: Propia

- **Clasificación No Supervisada 3 Clases imagen 2**
  El proceso de clasificación No supervisada se realizó con la imagen original sin filtro, ya que conserva las características necesarias para generar clases sin necesidad de acentuar los niveles radiométricos.

Figura 38. Clasificación No supervisada usando Envi

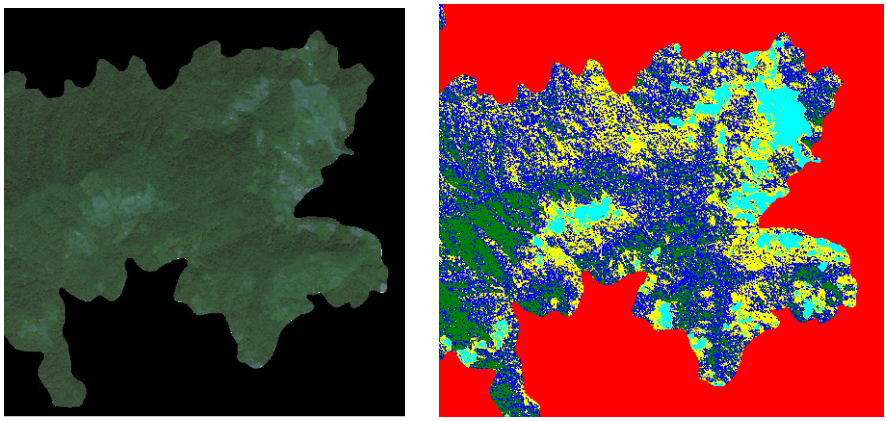


Fuente: Propia

- **Clasificación No Supervisada 5 Clases imagen 2**

  Aumentar el número de clases facilita la identificación de características de suelo que pueden cartografiarse de manera sencilla en un proceso de interpretación de imágenes.

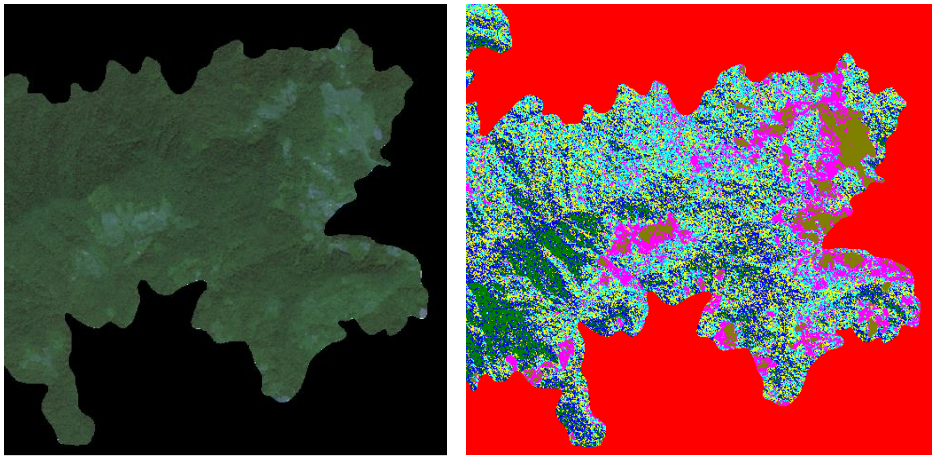
Figura 39. Comparación de los resultados de aplicar un proceso de Clasificación No Supervisada usando 5 clases



Fuente: Propia

- **Clasificación No Supervisada 7 Clases imagen 2**
  Aunque aumentar el número de clases facilita la identificación de aspectos significativos de las imágenes, pueden generar dificultades en los casos donde la información resultante tenga niveles de generalización tan pequeños que la interpretación sea compleja.

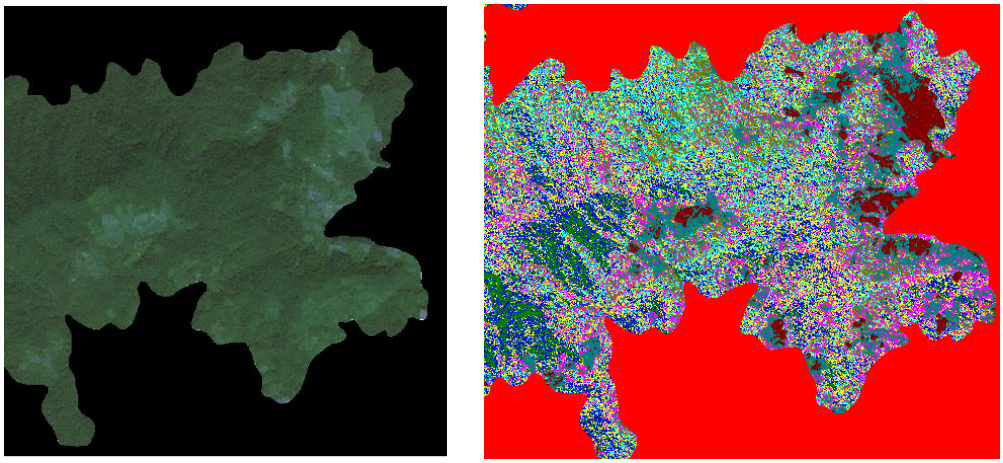
Figura 40. Comparación de los resultados de aplicar un proceso de Clasificación No Supervisada usando 7 clases



Fuente: Propia

- **Clasificación No Supervisada 9 Clases imagen 2**
  El objetivo de realizar la Clasificación No supervisada utilizando 9 clases es evidenciar que para los procesos de generalización de niveles radiométricos son funcionales para identificar ciertas características como nubes o ruido en las imágenes, pero para el caso de estudio no son la mejor posibilidad de clasificación.

Figura 41. Comparación de los resultados de aplicar un proceso de Clasificación No Supervisada usando 9 clases



Fuente: Propia

De acuerdo a las pruebas de clasificación No Supervisada realizada con las imágenes suministradas por el parque, es notable que la clasificación que mejor se ajusta para adelantar procesos de interpretación y generación de coberturas son aquellos realizados definiendo 5 clases.

6.6.7. Creación de los manuales de actualización de información

El proceso de actualización de la información se hará en dos frentes, el primero, la recopilación de información asociada a los transectos recorridos y de los cuales se tienen las coordenadas en medios físicos (Reportes) y medios magnéticos (Tablas de Excel). Los manuales se enfocaron al proceso de construcción del archivo de intercambio para el cargue en las entidades geográficas correspondientes a los puntos de inicio y fin de los transectos y las áreas que cubren dichos recorridos, así como la información asociada al responsable, tiempo de ejecución (con el que se determina grado de actualización de la información relacionada al inventario de fauna y flora).

El segundo aspecto a actualizar, son los cambios relacionados a las coberturas y usos del suelo que a medida del transcurso de los recorridos y visitas se vayan identificando. En este aspecto, la digitalización se realiza de manera directa sobre la cobertura poligonal más reciente (Cobertura 2013), la priorización de las verificaciones de áreas se debe realizar en función de aquellas áreas determinadas con pérdida de cobertura vegetal, para

identificar si se presentó aumento de dicha área, disminución de las mismas o traslado a nuevas áreas propensas a deterioro o explotación.

6.6.8. Creación de las plantillas de mapas para la generación de cartografía temática (Salidas gráficas)

La generación de cartografía asociada a los resultados del análisis, características de las áreas de cobertura del parque, y demás aspectos temáticos requiere la determinación de escalas de trabajo en función de las cuencas. Los parámetros fueron determinados por funcionarios del parque y especifican la necesidad básica de contar con:

- Leyenda general del tema a cartografiar
- Rotulo (Información básica de elaboración, Localización general, sistema de referencia, Escala gráfica y numérica)
- Espacio para localización de un logo asociado al Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi.

6.2. Estimación y análisis del cambio en la cobertura vegetal

El análisis de la cobertura comprendió diferentes etapas y procedimientos, desde la estandarización de las fuentes de información hasta la identificación de variables que afectan el cambio de la cobertura.

La distribución de la tierra dentro del resguardo, obedece a situaciones propias de las dinámicas internas y de los niveles de organización, encontrándose en total ocho parcelas, que oscilan entre la menor con 3 has y la mayor con 120 has, para la familia que posee una mayor extensión de tierra. Esta distribución se ha realizado sobre la base de la antigüedad de cada familia en el resguardo. De las 1278 has del resguardo, las familias indígenas usufructúan 351 has.

La Gerencia Regional del INCORA realizó en el mes de Julio de 1991 el estudio socioeconómico, expresa que el área del resguardo es de 1278 has, y para la fecha actual según información suministrada por funcionarios del PNN AFIW, es de 927 has, en expansión sin respetar las zonas de amortiguación y el interior del parque.

6.2.1. Recepción de información

La primera parte de la información es proveniente del sistema cartográfico con el que cuenta el PNN-AFIW, y como segundo insumo, se comparó con la información proveniente del Institutos que realizaron estudios similares, sobre

la cuantificación de la Tasa de Deforestación Anual en Colombia. Este estudio que se desarrolló a nivel nacional contó con la interpretación satelital de imágenes de resolución 30m restituidas a escala 1:100.000; dichas imágenes tienen una temporalidad de cada 2 años y se identificaron mapas temáticos de Bosque, No Bosque y cambio de cobertura.

6.2.2. Determinación de la perdida de cobertura vegetal

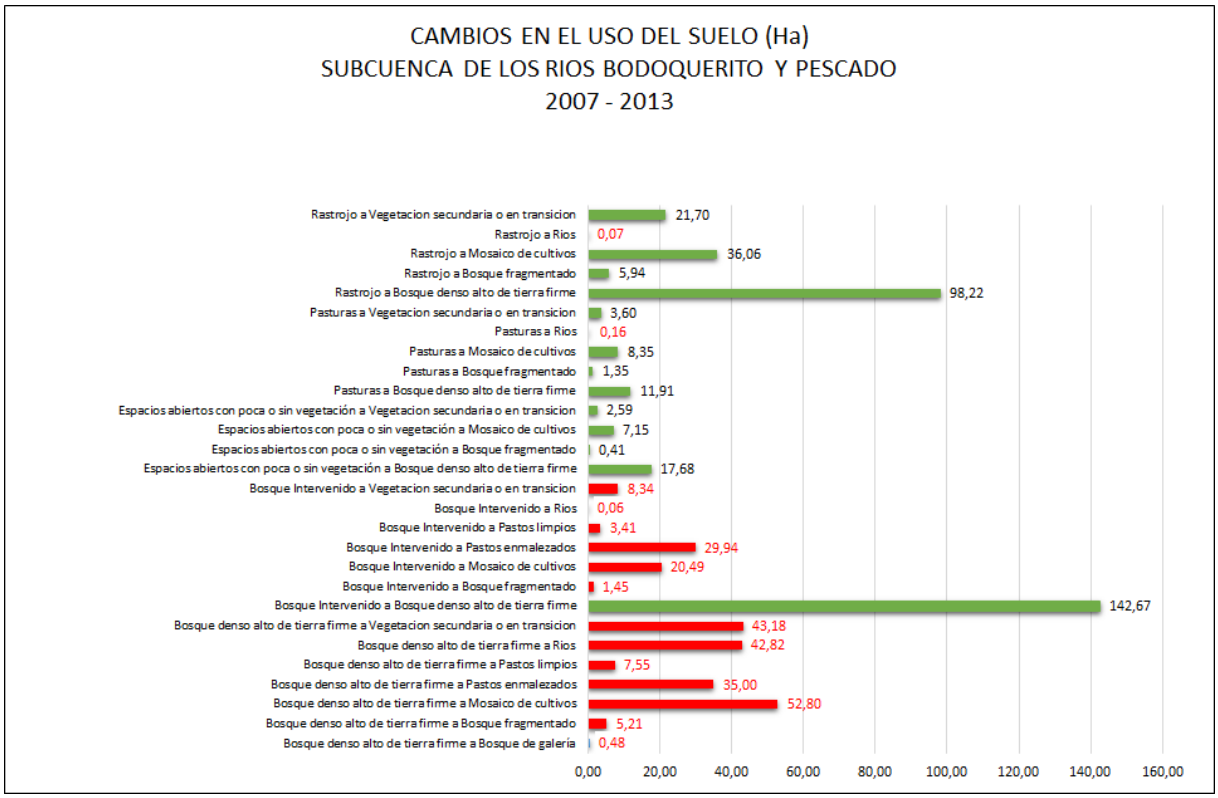
La determinación de la cobertura, fue realizada mediante una clasificación supervisada.

A partir de esta clasificación fue posible la realización de los diferentes análisis de pérdidas de cobertura y usos del suelo.

Una vez revisada y corregida la información resultante de los mapas de las matrices de cambio, se procede a cuantificar la deforestación histórica para la zona de estudio en los periodos 2007 al 2013, partir del cual se generó la Figura 42, que permite identificar los diferentes usos que se ha dado a la zona de estudio y sus procesos de variación.

Se logró identificar para la zona de estudio, que dada la ubicación geográfica y política del resguardo La Esperanza, con respecto al Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi, el 70% del resguardo se encuentra dentro de la zona núcleo y el 30% restante hacen parte de su zona amortiguadora, configurándose como un agente de presión sobre el recurso natural del bosque, ya que se infiere que la comunidad en su cotidianidad realizan procesos extractivos de la maderas para dar diferentes usos, que hacen parte de su sustento y bajo sus concepciones y cosmovisiones no denotan la gravedad del proceso.

Figura 42. Cambio en la Cobertura Vegetal en el área de estudio

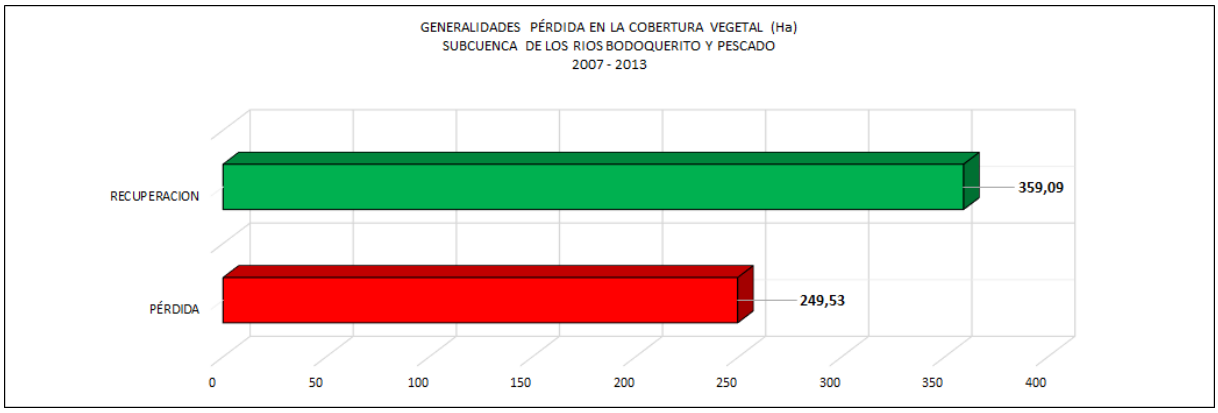


Fuente: Propia

Adicional a esto existen varios de información porque problemas de comunicación entre las comunidades indígenas y los técnicos del PNN AFIW.

Por esta razón, pensamos se hace necesario el establecimiento de relaciones más cercanas que se orienten hacia la Construcción Participativa del Régimen Especial de Manejo, en la implementación de Política de la Participación Social en la Conservación de la Unidad de Parques. A partir de los análisis de imágenes y las inferencias sobre las relaciones antrópicas del resguardo indígena con el recurso, se identifica que la actual composición biofísica del territorio que comprende el resguardo Páez la Esperanza, ubicado en el municipio de Belén de los Andaquíes es producto de diferentes procesos evolutivos, de uso y ocupación antrópica, generados durante los últimos 40 años, dentro de los cuales se iniciaron actividades de tipo extractivo en una primera fase y posteriormente de transformación de la estructura del paisaje; se presenta un patrón de intervención fuerte y generalizada sobre el paisaje.

Figura 43. Relación entre el número de hectáreas perdidas y recuperadas en el área de estudio.

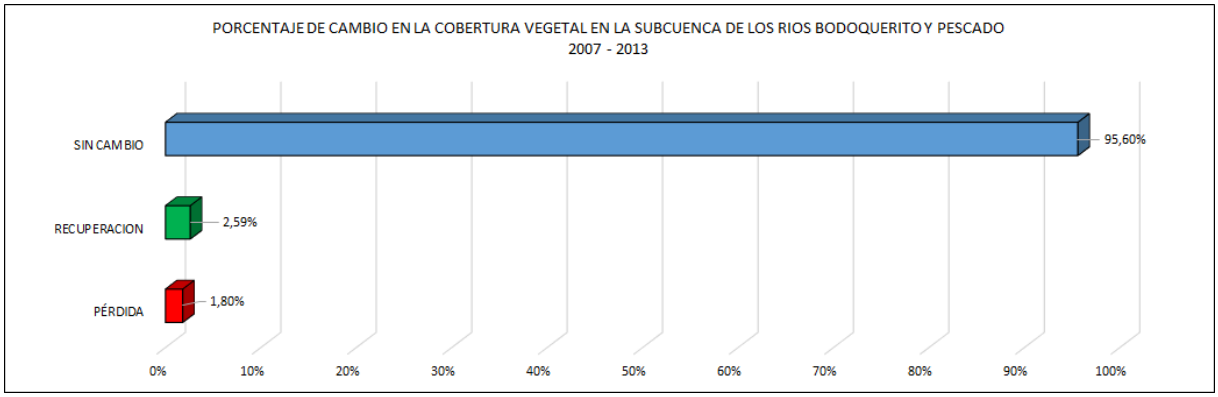


Fuente: Propia

Se logra identificar que los procesos extractivos forestales, realizados en el área de estudio dentro de las 13.839 Ha, corresponden en perdida 249,53 Ha, y con recuperación 359,09 Ha donde se encuentran pastos, rastrojos y relictos de bosque en procesos de crecimiento.

También, a partir del análisis de imágenes satelitales, se logra identificar procesos naturales de regeneración de la cobertura vegetal o de plantación de cultivos y pastos. No se puede inferir la naturaleza de los pastos si son 100% naturales o sembrados para el mantenimiento de reses.

Figura 44. Relación de cambio en la cobertura vegetal entre el año 2007 y 2013, en el área de estudio.



Fuente: Propia

La intervención antrópica asciende hasta los 1000 m.s.n.m, por debajo de esta cota, se encuentra en su mayoría en cultivos, pastos y rastrojos y en menor proporción

en montaña; sin embargo, la parte alta del Resguardo que correspondiente al Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi se encuentra en montaña virgen.

Figura 45. Relación del cambio en la cobertura 2007 al 2013

Análisis de Cambio en la Cobertura Vegetal 2007 - 2013 Parque Nacional Natural Alto Fragua IndiWasi					n = 6 años
Clasificación	Area 2007 (Ha)	%	Area 2013 (Ha)	%	Tasa de Variación
Bosque denso alto de tierra firme	13361,60	96,55%	13445,03	97,15%	0,0010
Bosque Intervenido	206,36	1,49%	14,85	0,11%	-0,0023
Espacios abiertos con poca o sin vegetación	38,60	0,28%	79,42	0,57%	0,0005
Pasturas	49,38	0,36%	13,84	0,10%	-0,0004
Rastrojo	183,08	1,32%	117,92	0,85%	-0,0008
Mosaico de cultivos	0,00	0,00%	124,85	0,90%	0,0015
Rios	0,00	0,00%	43,12	0,31%	0,0005
Total	13839,03	100,00%	13839,03	100,00%	

Fuente: Propia

El análisis mostró que en la comparación de las coberturas boscosas de 2007-2013, las zonas de área degradada y área generada se aprecian mayormente sobre los bordes del área de influencia de los Ríos y las Quebradas que sobre las zonas boscosas internas u homogéneas.

Para los propósitos de la cuantificación de la deforestación histórica se utilizó una leyenda de coberturas de la tierra (principalmente vegetales), constituida por 7 clases de cobertura de la Tierra y basada en la adaptación para Colombia de la leyenda de CORINE Land Cover -CLC Colombia-, en sus niveles I y II. Esta metodología nos permitió realizar diferentes análisis del proceso de deforestación, es decir, un análisis del tipo Bosque/No Bosque, pero también fue útil para interpretar el cambio de coberturas boscosas a otros tipos de coberturas de la Tierra.

Para lo cual se generaron los mapas Anexo_A, Anexo_B, Anexo_C y Anexo_D **(ver Anexos)** donde se logra identificar las zonas donde se ha perdido cobertura vegetal nativa hacia el NOR ORIENTAL del resguardo indígena *La esperanza*, por lo cual se infiere que tanto colonos como nativos hacen uso indiscriminado del recurso sin cambiar la configuración interna del resguardo.

Los procesos regenerativos dados en el área se encuentran coberturas de pastos, cultivos y bosques. Para los cuales se establece una escala de valores de 1 a 5 con los que se clasifican los procesos según la variación resultante en la escala de temporalidad trabajada.

7. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los cambios observado dentro del área de estudio suponemos obedecen al frente de colonización que se ha venido desarrollando en dirección ascendente hacia la cordillera, pasando de un paisaje del casi 100% natural a uno de un 30% de intervención o antropizado y un 70% del mismo manejando casería, madera para autoconsumo y comercialización, este último desarrollado tanto por los actuales cabildantes como por pobladores de las veredas circunvecinas al resguardo como Tendidos, la Pradera, Santa Teresa y del caserío de San Antonio. En muchos casos sobrepasando los límites del resguardo.

Geología

Las características geológicas del área del resguardo la Esperanza traslapada con el *Parque Nacional Natural Alto Fragua Indiwasi* están determinadas por la evolución paleó tectónica de la cordillera oriental y de la cuenca nororiental de la amazonia, donde se ubica. El territorio se caracteriza por estar conformado por diferentes tipos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias que datan del paleozoico y posteriores. Es una cordillera en formación lo que la hace vulnerable a los deslizamientos y remociones en masa.

Topografía

La mayor parte del área es quebrada, pequeñas y grandes ondulaciones; el drenaje es natural como consecuencia de ello se presentan pendientes que oscilan entre los 25 y 45 grados en buena parte, con presencia de unas pocas terrazas aluviales en las que se han centrado los procesos productivos, en las partes más altas las pendientes son mayores lo que dificulta su acceso e intervención, siendo una de las razones por las cuales gran parte del resguardo se encuentra con una buena cobertura boscosa.

El resguardo presenta una cobertura boscosa en aproximadamente el 70% de su territorio, bosque primario con algunas actividades de entresaca. Debido a la tala rasa y al aprovechamiento selectivo de especies maderables valiosas se han reducido considerablemente el número de algunas especies. Se destacan por su escasez, valor económico y calidad de la madera el *Ahumado Real, Negro y Minche, Cedro, Achapo, Perrillo, Amarillo, y Comino Real.*

Estas especies son utilizadas especialmente para la construcción y/o remodelación de viviendas (vigas, bloques, postas, correas para corrales y varillones). Según la comunidad indígena las especies *Nogal, Madura Plátano, Marfil y Ahumado Mochilero*, se cuenta con su disponibilidad dentro del área del resguardo de estas especies. También se han identificado pequeños relictos de bosques secundarios, con un alto potencial dentro energético con especies como *chilco blanco, boca de indio y guamo* los cuales son utilizados también para la construcción de sus viviendas.

La parcela actual se caracteriza por la simplicidad de los productos cultivados, que se limitan al plátano, yuca y maíz, para el caso del maíz se acostumbra realizar dos cosechas al año. La disponibilidad actual de la tierra dentro del resguardo se encuentra distribuida de la siguiente manera:

- El 84% es de uso forestal, seguidos por los rastrojos (8%), pastos (3%) y cultivos (5%) es decir que 1072 hectáreas se encuentran en montaña, 102 has en rastrojos, 64,5 en cultivos y 39,5 en pastos.

Vale la pena recordar que según estudios hechos por especialistas de diferentes ramas de las ciencias agrícolas y naturales la vocación de estos suelos es forestal.

La presencia sobre estas zonas específicas se explica por las actividades que las comunidades hacen y ejercen en los alrededores de las fuentes hídricas, demás por procesos de explotación forestal, puesto que el piedemonte andino-amazónico, se caracteriza por ser un lugar que posee una selva tropical húmeda natural, con gran variedad de especies, que van desde maderas de gran resistencia a maderas de baja resistencia y toda su gama intermedia, también diversidad de tamaño y finura de estas. La extracción selectiva de especies maderables de valor comercial (*Abarco, Achapo, Amarillo canelo Amargo, Bálsamo, Caimito, Guayacán, y Virola* entre otros) ha sido identificada como la de mayor impacto para el área, por los impactos sobre los ecosistemas y el nivel de extracción actual.

Dentro de los efectos están la pérdida de servicios ecosistémicos como la eliminación del recurso forestal, la alteración de la capa orgánica del suelo, erosión del suelo, alteración del clima local, la alteración de la estructura y composición del bosque.

En Caquetá, los aprovechamientos forestales ilegales, están impidiendo la continuidad y el mantenimiento de los procesos de regeneración natural poniendo en peligro la persistencia de valiosas especies de alto valor comercial y originando presión sobre algunas especies como el Abarco, Caoba y Cedro, La movilización de volúmenes de metros cúbicos de maderas como el Abarco (21.413 m3), el Cedro

con 2.359 m3, el *Roble* 299 y *el achapó* con y 170 m3, muestran la presión a la que están siendo sometidas estas especies y el grado de amenaza del bosque en dicho municipio. (Corpoamazonia, 2008).

La ampliación de la frontera agrícola y ganadera. Al igual que la explotación forestal, la agricultura y la ganadería practicada de forma irracional y sin asistencia técnica, causan consecuencias graves a los bosques donde se practica, lo anterior obedece a que estas actividades se desarrollan mayormente en suelos de vocación forestal, además es una actividad itinerante que por las mismas condiciones del suelo, los degrada rápidamente y exige en corto plazo nuevas tierras, lo que implica nuevamente la fragmentación del bosque. La ganadería extensiva representa casi el 60% de la deforestación en el país y para la zona de estudio se está convirtiendo en una problemática.

El uso de cultivos ilícitos, al igual que la expansión de la frontera agrícola y ganadera, la minería y la explotación forestal, causa daños graves e irreversibles a la cobertura vegetal que se ve afectada por la siembra de estos. Esto obedece a la alta rentabilidad de estos y sobre todo en estas regiones donde no hay presencia del estado, donde la existencia de grupos armados ilegales garantizan la seguridad de los cultivos, donde no existen vías de comunicación, el estar localizados en zonas aisladas de difícil acceso para la autoridades, la existencia de abundantes cuerpos de agua que les permita su uso para la siembra, producción y disposición de residuos producto de los procesos de fabricación de las drogas como el uso de estas corrientes para introducción de las sustancias químicas básicas para la producción, el estar localizados en zonas de frontera donde el ingreso y transporte de insumos es más fácil y en regiones donde su índice de población es muy bajo, es importante recalcar que ni los parques naturales de Colombia se vieron excluidos de estas prácticas. Un elemento fundamental es la presencia de áreas con abundante cobertura vegetal que dificulte la localización de los cultivos como de los laboratorios.

Se presentan por primera vez datos a nivel de paisaje del cambio de la cobertura boscosa en el área de estudio, puesto que a pesar que el PNN AFIW está bajo jurisdicción del Servicio Nacional de Áreas Protegidas SINAP, el tema de la deforestación no se ha tratado desde una perspectiva cuantitativa y analítica.

La importancia de este análisis hacia los problemas ambientales, es por cuanto se sufren modificaciones por el efecto combinado de alteraciones en otros componentes o, directamente por el hombre y su dinámica, lo que determina o influye sobre los cambios en otros componentes de la envoltura geográfica.

Lamentablemente, en numerosos casos, se trata de asentamientos humanos, desarrollo de actividades económicas y prácticas agrícolas no conservacionistas en terrenos peligrosos, es decir, sitios donde existe la posible acción de un fenómeno natural potencialmente dañino, capaz de producir cambios radicales en el medio ambiente, ante los cuales, la comunidad difícilmente podrá responder de manera eficaz ante la prevención, y evitar pérdidas, tanto materiales como humanas

Existe el agravante de usos agrícolas inadecuados que contribuyen a la afectación por colapsos de materiales rocosos, sedimentación acelerada, degradación progresiva, e inundaciones.

De esta manera, en la zona de estudio, la intervención antrópica constituye un permanente modificador de los elementos que conforman la superficie de la tierra con un efecto desestabilizador sobre áreas montañosas. Las principales modificaciones que contribuyen con la inestabilidad de las laderas, están representadas por cortes en la geometría de las laderas, cambio de la estructura y condiciones de la capa superficial de suelo por prácticas agrícolas inapropiadas sobre áreas susceptibles, pastoreo, métodos de labranzas inadecuados, tala de bosques, lo que propicia degradación de la cobertura vegetal y ocupación del espacio sin planificación.

La forma de tenencia de la tierra principal es la explotación directa, es decir, el propietario explota directamente la tierra con su trabajo (propiedad del Ingano) o con trabajo asalariado (colonos).

La intervención antrópica y su influencia en la amenaza geomorfológica por inestabilidad de las laderas, es una característica de amenaza que se relaciona, principalmente, con la intervención antrópica, las condiciones geológicas, el ángulo de inclinación de las pendientes y las precipitaciones.

La intervención antrópica adquiere especial significado en la microcuenca del Rio Bodoquerito, al dejar desprovistas las formaciones geológicas de sus cubiertas naturales con lo que se induce a un aumento de los procesos erosivos y gravitacionales en las áreas deforestadas y con fuertes pendientes. La influencia de estos procesos antrópicos unida a las condiciones naturales contribuyen con el desarrollo de medios morfo-dinámicamente activos y de amenaza geomorfológica moderada y alta,

En el área estudiada los procesos de perdida de cobertura vegetal a través de los años 2007 al 2013, se caracteriza por la poca cobertura vegetal, pendientes menores al 14%, además, es un espacio con cursos de agua tipo torrencial y

vertientes altamente susceptibles a los procesos erosivos. También, el sobrepastoreo y la agricultura de autoconsumo contribuyen notablemente con la degradación progresiva con prácticas agrícolas no conservacionistas que reducen la vegetación primaria.

En las áreas de altas pendientes, se presentan los problemas más graves de erosión, debido fundamentalmente a la acción del hombre en su búsqueda mejores tierras para la agricultura y la ganadería y se constituye en un factor de desequilibrio morfo-dinámico.

Como resultado, se observa la proliferación de deslizamientos y derrumbes activos asociados al incremento de la frontera agrícola en detrimento de los bosques primarios y áreas de preservación.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se identifican cuatro grandes grupos de agentes importantes para el análisis de los procesos de transformación de la cobertura boscosa a nivel nacional: Agricultores, Ganaderos, Industria Maderera y actores armados. Los comportamientos o decisiones de los diferentes grupos, pueden llegar a determinar tanto procesos de deforestación como procesos de recuperación de bosques.

Esto se explica por la competencia entre las coberturas forestales y los usos agrícolas por el recurso tierra. Los agricultores generalmente se ven incentivados a deforestar si una baja productividad de la tierra no les permite materializar las expectativas de ganancias.

La falta de mecanismos políticos adecuados permite a los grandes terratenientes mantener y expandir su control sobre el territorio, fenómeno que generalmente está asociado a prácticas violentas e ineficientes de uso de la tierra que convierten grandes zonas de bosque en pastizales con una baja densidad de animales o en sistemas agrícolas poco productivos.

Los pequeños agricultores, desplazados y con un mínimo apoyo estatal, se ven obligados a ampliar la frontera agropecuaria o a migrar a las zonas urbanas, lo que en algunos casos genera procesos de recuperación de la cobertura boscosa en las tierras abandonadas.

De la experiencia obtenida en este estudio, se deduce la importancia de identificar las condiciones generadoras y detonadoras de procesos de perdida de cobertura vegetal nativa, que adicionalmente se convierten en responsables de amenaza geomorfológica por inestabilidad de laderas

Esta información puede ser interpretada como una probabilidad espacial que permite la orientación para el ordenamiento de cuencas hidrográficas prioritarias como la microcuenca de Bodoquerito, que requiere un esfuerzo coordinado por parte de las instituciones, entes gubernamentales y la participación activa de la población para su preservación y conservación.

Al realizar la comparación con los estudios realizados por el Instituto SINCHI y el SIAC, es posible evidenciar que las áreas identificadas dentro del análisis multitemporal, coinciden con las determinadas como de alta intervención indicadas por dichas fuentes de información, el nivel de detalle en los análisis presenta diferencias pero a nivel general nos permite asumir que el proceso se realizó de manera adecuada.

Sin duda alguna, los sistemas de información geográfica nos permiten entender y predecir, así sea de manera parcial, el cambio en el uso de la tierra y las coberturas terrestres, que generalmente se deriva de la necesidad de considerar, y acoplar dinámicas antrópicas y biofísicas de una forma espacialmente explícita.

Desde los planteamientos anteriores se identifica por parte del grupo investigador la necesidad de articular el plan de manejo del PNN AFIW, con acciones que vinculen a las comunidades allí asentadas, para mejorar la comunicación entre los actores que protegen y subsisten de los recursos del parque.

Se sugiere la realización de actividades que fomenten nuevas acciones de ingreso económico para la comunidad local y que permitan al personal del parque involucrarse de manera activa para la protección del mismo con apoyo de los residentes.

9. BIBLIOGRAFIA

- Corine Land Cover. 1999. A key database for European integrated environmental assessment. 1999. European Enviroment Agency. Geographic Information Management NV (Belgium).

- Cárdenas, A., W. Palacios & R. Sierra. 2009. Ecosistemas de la Amazonía. Mapa de ecosistemas amazónicos de Ecuador. Ecociencia. Quito

- CORPOAMAZONÍA. 2010. Proyecto Conservación y Manejo Sostenible del Bosque Natural. Programa Familias Guardabosques. Corporación para el desarrollo sostenible del sur de la Amazonía. Orito, Mocoa, Putumayo.

- Ideam, 2010. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Bosques 2009. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Bogotá d.c.,

- Murcia, G.U.G.; Huertas, M.C.; Rodríguez, J.M.; Castellanos, H.O. 2011. Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana, a escala1:100.000. Cambios multitemporales en el período 2002 al 2007. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C., 226 p., 104 Anexos.

- Ronald Vargas M.Sc. Benjamín Gossweiler M.Sp. Fabiola Torrico M. 2006. Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Río Grande-Santa Cruz. Tesis de Grado.

- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2009). Informe sobre la Conservación de las Especies Vegetales: Una revisión de los progresos realizados en la aplicación de la Estrategia Mundial para la Conservación de Plantas (GSPC)).

- Van Dan Chris, 1999. La tenencia de la tierra en América Latina. El Estado del arte de la discusión en la región. Documento para la iniciativa Global Tierras, territorios y derechos, acceso. Unión mundial para la naturaleza UICN.

ANEXOS

De acuerdo a las especificaciones de publicación de anexos en la plataforma del RUID, se generaron los siguientes documentos:

- MartinezLiseth_RuizOrjuelaLissaMariaAnexo-1. Corresponde a la base de datos donde se consolidaron las coberturas
- MartinezLiseth_RuizOrjuelaLissaMariaAnexo-2. Corresponde al catálogo de datos y algunos archivos con análisis de información
- MartinezLiseth_RuizOrjuelaLissaMariaAnexo-3. Corresponde al desarrollo del proceso metodológico 2, PDF con cartografía y mxd con plantillas.
    - Anexo A. Analisis de cambios en la CV- PNN AFIW. pdf
    - Anexo B. Principales_Áreas_Cambio Cobertura_Vegetal. pdf
    - Anexo C. ComparacionSINCHI – PNN AFIW.pdf
    - Anexo D. ComparacionSIAC – PNN AFIW.pdf
- MartinezLiseth_RuizOrjuelaLissaMariaAnexo-4. Corresponde al resultado del procesamiento de imágenes.