

**DEFINICION DE AREAS DE CONECTIVIDAD ESPACIAL PARA
CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD EN ZONAS CAFETERAS POR
MEDIO DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICO ENVI Y ARCGIS**

Proyecto de grado para optar por el título de Especialistas en Sistemas de
Información Geográfica presentado por:

JORGE WILLIAM RESTREPO BEDOYA

Director
En proceso

UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA
AÑO 2013

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
1. JUSTIFICACIÓN	8
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
3. HIPOTESIS	11
4. OBJETIVOS	12
4.1 OBJETIVO GENERAL	12
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
5. METODOLOGÍA PROPUESTA	12
5.1 Revisión Bibliográfica	12
5.2 Determinación del área de Trabajo.....	12
5.3 Información no Espacial	13
5.4 Procesamiento de la Información y Resultados.....	13
5.4.1 Procesamiento y Clasificación de la Imagen satelital	13
5.4.2 Procesamiento de la Información de coberturas para el análisis de Patrones de Paisaje y definición de áreas de conectividad.....	13
6. ESTADO DEL ARTE O MARCO TEORICO.....	16
7. GENERALIDADES.....	19
7.1 Localización del Área de Estudio.....	19
7.2 Clima	20
7.3 Flora y Fauna	20
8. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION Y RESULTADOS.....	23
8.1 Métodos de Clasificación de la Imagen satelital.....	23
8.1.1 Segmentación de la Imagen	23
8.1.2 Combinación de segmentos	26
8.1.3 Filtración de segmentos.....	27
8.1.4 Selección de Atributos	28
8.2 Análisis General del Paisaje	37
8.2.1 Algunas Métricas del Paisaje.....	39
8.2.2 Conectividad del Paisaje	40
8.2.3 Modelación de Áreas de Conectividad Espacial	41
9. CONCLUSIONES.....	¡Error! Marcador no definido.
BIBLIOGRAFIA.....	¡Error! Marcador no definido.

TABLA DE FIGURAS

Figura.1 Diagrama de Metodología Propuesta.....	15
Figura.2 Mapa de Ubicación de área de Trabajo	20
Figura.3 Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Segmentación.	24
Figura 4. Vista de Imagen Sector Coberturas de análisis	25
Figura.5 Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Segmentación.	25
Figura.6 Izquierda Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Segmentación Fraccionamiento tomado Rango 40. Derecha Resultado.....	26
Figura.7 Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Combinación de Segmentos. Izquierda Combinación Rango 90. Derecha Combinación Rango 20	27
Figura.8 Izquierda Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Combinación de Segmentos. Rango Seleccionado 60	27
Figura.9 Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Detalle de aplicación de Atributo relacional	29
Figura.10 Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Selección de atributos espectrales para la cobertura de bosque avgband_3.....	32
Figura.11 Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Selección de atributos espectrales para la cobertura de bosque avgband_3 –Arriba Coberturas.abajo Resultado del proceso.....	33
Figura.12 Selección de atributos espectrales para la cobertura de infraestructura, Vías Caminos, Viviendas e avgband_3 – Arriba Coberturas. Abajo Resultado del proceso	34
Figura.13 Proceso Selección de atributos de textura para la cobertura de bosque, otros árboles y guadua Tx_Variance – Arriba Coberturas. Abajo Resultado del proceso	36
Figura.14 Envi Zoom Modulo Feature Extraction Resultado final del proceso de Clasificación de Imagen, para coberturas de Bosque y otros árboles.	37
Figura.15 Mapa Final de Coberturas y Uso del Suelo.....	38
Figura.16 Vista Arcgis Modulo Patch Analyst. Izquierda Cobertura Bosques y otros árboles con rango distancia 20 m. Derecha Núcleos de los parches generados.....	40
Figura.17 Vista Arcgis Modulo 3D Analyst Mapa de Pendientes por porcentajes. Derecha Valores de reclasificación asignados para las pendientes.	42
Figura.18 Aplicación Proceso Distancias Euclidianas	43
Figura.19 Resultado Cálculo de distancias Euclidianas y Reclasificación Derecha Distancia de viviendas. Izquierda Distancias de Vías y Camino	43
Figura.20 Superposición Ponderada (weighted Overlay) Dataset Infraestructura, Pendientes; Vías y caminos.....	44
Figura.21 Dataset resultante Superposición Ponderada (weighted Overlay) Dataset Infraestructura, Pendientes; Vías y caminos	45

Figura.22 Superposición Ponderada (weighted Overlay)	
Dataset Weight final y Bosques y otros arbol	46
Figura. 23 Resultado Final del análisis de Costo menor- relación espacial áreas de potenciales de conectividad ambiental (color rosa), con las vías, infraestructura y Cobertura de bosque y Otros árboles.	46
Figura.24 Herramienta creada en Arctoolbox – Modelo de Conectividad y Modelo Conectividad de Bosques.....	48
Figura. 25 Vista Modelo diseñado con Model Buidar - Conectividad de Bosques y Otros Arboles	48

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de Atributos espaciales y su Descripción	30
Tabla 2. Tabla de Atributos y Rangos por variable para cada cobertura espaciales y su Descripción	36
Tabla 3. Coberturas Identificadas.....	37
Tabla 4. Rango de Área por Parches identificados	37
Tabla 5. Métricas del Paisaje – Forma y Tamaño	39
Tabla 6. Métricas del Paisaje - Conectividad.....	40

ANEXOS

Anexo 1. Descripción y Formulas de los atributos Espaciales ENVI.....	53
Anexo 2. Mapa de Cobertura y Uso del Suelo	54
Anexo 3. Mapa de Conectividad Detalle	55

RESUMEN

Con el presente estudio se pretende realizar un análisis de un Imagen satelital de alta resolución por medio del SIG ENVI y el Modulo ENVI ZOOM, utilizando la metodología de Clasificación Orientada a Objetos, con la que se quiere obtener la Cobertura y el Uso actual de suelo de un sector del Municipio de Riosucio, en el Corregimiento de San Lorenzo.

Esta metodología tiene como principio el uso de parámetros o variables de entrada, y donde la Unidad de información son regiones definidas (Segmentación) que son zonas homogéneas que se caracterizan no solo por la similitud espectral si no espacial de los elementos identificados. Es decir Cada cobertura definida, es identificada por elementos característicos específicos e individuales, de tipo espectral, Espacial, de textura y ordenamiento.

Al final con estos datasets obtenidos se quiere hacer un análisis general del Paisaje del sector y establecer unas posibles zonas de conectividad espacial ambiental, utilizando para ello herramientas de Sistema de Información Geográfica como el Arcgis. Aplicando metodologías de Costo menor en distancias con el módulo Spatial Analyst.

Con el estudio se quiere aportar elementos de análisis para la conservación y protección de especies en fauna y flora en las regiones cafeteras, las cuales se caracterizan por estar muy intervenidas por la actividad del hombre.

Palabras Claves: Procesamiento de Imagen, Clasificación Orientada a Objetos, ENVI, Arcgis, Paisaje, Conectividad

1. JUSTIFICACIÓN

La Teledetección y los SIG en la actualidad tienen muchas aplicaciones en diferentes campos como la agricultura, Geología, obras civiles, y exploraciones petroleras entre otras. Dentro de lo que corresponde a las ciencias agropecuarias hay una amplia gama de aplicaciones desde la medición y seguimiento de grandes áreas cultivadas, el manejo y control de cuencas hidrográficas, hasta el control del estado de cultivos a nivel de finca.

En Colombia diferentes entidades han implementado el empleo de las imágenes satelitales como el IGAC, La Federación de Cafeteros, IDEAM y Federación de Arroceros, como base para identificar y controlar los cambios que sufre la cobertura natural por efecto de la actividad del hombre.

El desarrollo agropecuario de las regiones que estaban naturalmente cubiertas por bosques ha venido generando una disminución paulatina de estos ecosistemas que proveen la diversidad y conservación de las Especies de Fauna y Flora.

Para nuestra zona la región andina el efecto causado por la actividad antrópica ha traído como consecuencia la conversión de las laderas de bosques en Zonas de pastos, cultivos, y cafetales, originando una fragmentación de bosques, en parches o segmentos aislados. Esta Fragmentación de Bosques origina una discontinuidad de los ecosistemas y hábitat natural de las especies, la división de los bosques en pequeñas y alejadas áreas entre sí, representan una de las dificultades que enfrentan las plantas y animales para su conservación.

La pérdida y fragmentación de hábitats han sido reconocidas como los principales factores responsables del alto riesgo de extinción que sufren las especies animales y vegetales (Goodwin & Fahrig, 2002).

Para mejorar las condiciones de vida de las especies y facilitar la conservación de la biodiversidad y la reproducción en la zona para nuestro caso la zona cafetera, se deben implementar una serie de acciones y prácticas que garanticen recursos como alimento, agua y movilidad, para ello el paisaje debe contar con una adecuada conectividad.

Para algunos autores la conectividad se refiere a aquella característica que ofrece el paisaje, que contribuye a que determinados espacios y poblaciones bióticas cuenten con un grado de conexión suficiente para garantizar procesos de migración, relación, reproducción e intercambio genético (Lozano & Gurrutxaga, 2007). Esas aéreas de conectividad del Paisaje es a lo que se le denomina Corredor Biológico o Ecológico; también definido por (Smith

1993), como un elemento lineal del paisaje, existente y natural o nativo y restaurado, que conecta dos o más bloques de hábitat y funciona como ruta de dispersión para la fauna y flora nativa.

El presente estudio ofrece un análisis de Conectividad del Paisaje a través de la aplicación de herramientas de Teledetección y SIG; inicialmente se plantea hacer un análisis de las coberturas actuales de mayor relevancia, que permiten generar corredores biológicos, como bosque, sombrero de café representado en árboles y áreas sembradas de guadua; para identificar y definir esas coberturas se analizan las características de cada uso teniendo en cuenta los elementos geomorfológicos, espectrales, geométricas y de ordenamiento espacial de los segmentos encontrados. Seguidamente de acuerdo al análisis obtenido se pretende definir áreas de conectividad espacial por continuidad, que puede llegar a ser posibles rutas de corredores biológicos.

Para realizar el análisis de coberturas existen varias metodologías que implican el análisis de sensores remotos como las imágenes satelitales, estos procesos tienen como unidad de identificación de coberturas, la agrupación de píxeles, dentro de estos métodos los más comunes son la clasificación supervisada y la clasificación no supervisada.

Para desarrollar el presente proyecto se definió la utilización de métodos avanzados de Clasificación de Coberturas vegetales diferentes a los comunes, como es La clasificación orientada a objetos, la cual es un mejorado y reciente sistema de clasificación de imágenes satelitales que se fundamenta en el uso de parámetros o variables de entrada como los geométricos, digitales como el valor espectral, que caracteriza cada objeto (SANTOS, 2007); para este proceso se empleara el SIG de Procesamiento de Imágenes ENVI con el Modulo ENVI ZOOM Feature Extraction, y también los SIG Erdas y Arcgis.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo de actividades productivas en Colombia ha generado la destrucción y cambio de las coberturas vegetales naturales (Ruiz et al. 2007). La implementación de Sistemas Agrícolas productivos como el Café en zonas que originalmente estaban conformadas por Bosques naturales, trae consigo la degradación en menor o mayor grado de estos hábitats. Desde épocas antiguas la explotación de la tierra comenzó con métodos artesanales hasta ir evolucionando con explotaciones avanzadas tecnificadas, que tenían como único objetivo obtener el máximo rendimiento y productividad de los cultivos sin importar la afectación que tuviera el medioambiente y los recursos naturales.

Sin embargo desde finales del siglo XX se ha notado un crecimiento en la búsqueda de lograr un equilibrio entre lo que es la producción agrícola rentable y el medio ambiente, con la utilización de los Sistemas de Información Geográfica, se ha ido conociendo más el problema, identificando las características del impacto generado, y estableciendo estrategias y políticas que permitan controlar y prevenir el proceso.

En las zonas cafeteras los cambios de uso del suelo de Zonas Boscosas a sistemas productivos cafeteros, han generado una fragmentación del ecosistema, que no permiten la conectividad del Paisaje y crean un desequilibrio ambiental afectando la conservación de la biodiversidad nativa. Para estas zonas es urgente crear los mecanismos y estrategias que permitan la recuperación de esas áreas de conectividad o corredores biológicos que den un fortalecimiento a la recuperación del hábitat para las diferentes especies y su conservación, además permitirán la conservación de fuentes de agua, los recursos maderables, protección contra la erosión y embellecimiento del Paisaje Cafetero.

En Colombia La legislación nacional tiene algunos componentes que han permitido proteger o mediar en el manejo de zonas como los bosques, con Documentos como El Documento Conpes 2834 de 1996 denominado Política de Bosques, este tiene como objetivo general lograr el uso sostenible de los bosques, con el fin de conservarlos, consolidar la incorporación del sector forestal en la economía nacional y contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población. Para alcanzar estos propósitos se formulan cuatro estrategias fundamentales que son:

- Modernizar el sistema de administración de bosques,
- Conservar recuperar y usar los bosques naturales,
- Fortalecer los instrumentos de apoyo y
- Consolidar la posición internacional.

Adicional a estas políticas se han hecho otros convenios de cooperación interinstitucional como el que existe entre la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN) y las corporaciones regionales, El objetivo de dicho convenio es aunar esfuerzos para la consolidación de corredores biológicos a través de la constitución de una unidad de gestión que ejecute los proyectos concertados socialmente por las instituciones parte del convenio.

Dentro de todo el territorio nacional se implementan Planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas (POMCAS), que de acuerdo a la Guía Metodológica POT, (2004) Definen políticas, programas, acciones y normas para orientar la conveniente utilización del suelo y garantizar la adecuada

interacción entre los asentamientos rurales y la cabecera municipal, incluye Delimitación de las áreas de conservación y protección de los recursos naturales.

Otra herramienta es la Ley 99 de 1993 en su Artículo 31, numeral 18, que establece como función de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible “Ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas ubicadas dentro del área de su jurisdicción, conforme a las disposiciones superiores y a las políticas nacionales”.

Como estas políticas hay algunas más, sin embargo aun con la existencia de estas no se ha podido controlar la explotación de los bosque y mal uso de los recursos naturales.

Por eso diferentes organizaciones han generado metodologías y estrategias que no solucionan el problema pero brindan elementos que permiten identificar, manejar, controlar y finalmente generar políticas que puedan prevenir de alguna manera el problema. Como respaldo a esas metodologías y como aplicación de las herramientas de Procesamiento digital de Imágenes y Sig., en el presente proyecto se plantea la utilización de una serie de herramientas técnicas que aportan de la misma manera elementos para facilitar la identificación, el conocimiento y análisis de estos procesos.

El proyecto plantea la aplicación de Programas de Procesamiento Digital de Imágenes y SIG, como el Envi, Erdas y Arcgis para hacer el análisis de una imagen satelital de alta resolución, como herramienta importante para identificar en una zona donde predomina el Paisaje Cafetero, la cobertura actual de Bosque y zonas arbóreas asociadas, esto con el fin de definir la representación de cada cobertura y establecer posibles áreas de conectividad biológica del ecosistema.

3. HIPOTESIS

¿La Implementación de metodologías de Procesamiento de Imágenes como la Clasificación digital de imágenes Orientada a Objetos Facilitara la clasificación de coberturas e uso del suelo en una imagen satelital de alta resolución?

¿Las herramientas de SIG permitirán conocer los patrones estructurales de las posibles áreas de conectividad de un paisaje?

¿El Proyecto aportara elementos que permitan Conservar y Promover la existencia de zonas de conectividad para la generación de potenciales Corredores Biológicos o ecológicos?

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Identificación de áreas de conectividad espacial Bilógica a partir de la Aplicación de Metodologías en SIG y de Teledetección de Análisis de Imágenes satelitales, como la clasificación de imágenes Orientada a Objetos, en zonas Cafeteras del Corregimiento de San Lorenzo Municipio de Riosucio Dpto. De Caldas.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar las metodologías como la clasificación orientada a objetos para el procesamiento de imágenes satelitales de alta resolución, para la determinación de coberturas y uso del suelo.
- Definir por medio de herramientas de SIG las variables más importantes que definen los patrones estructurales de una zona de conectividad.
- Definir un Modelo de conectividad espacial de posibles áreas que permitan la protección y conservación de especies de fauna y flora en zonas cafeteras del Corregimiento de San Lorenzo, Municipio de Riosucio.

5. METODOLOGÍA PROPUESTA

5.1 Revisión Bibliográfica

Inicialmente se realizó una recopilación y revisión de información acerca de aspectos básicos y avanzados del procesamiento de imágenes satelitales, haciendo especial énfasis en las metodologías de clasificación de imágenes por métodos Orientado a Objetos.

Para ellos e exploro la utilización de varias SIG que fueran fuertes en el procesamiento de Imágenes Como el ERDAS, IDRISI, SPRING y Finalmente se seleccionó el ENVI

5.2 Determinación del área de Trabajo

Para determinar el área de estudio se tomó la zona del Corregimiento de San Lorenzo Municipio de Riosucio que por su caficultura con variable niveles de Sombrío y aun con coberturas de bosque representa una

buena zona para aplicar estas metodologías. Para esta zona La Federación nacional de Cafeteros cuenta con una imagen Satelital del sensor Geo Eye, de alta resolución, de la cual se extrajo el sector de interés por medio del Sig. Erdas.

5.3 Información no Espacial

Para complementar la información cartográfica con que se cuenta, se recopila la información completaría de la zona de trabajo, lo referente a el clima, Los inventarios de Flora y Fauna, y la parte socio económica enmarcada por la cultura cafetera y los sectores económicos productivos, haciendo énfasis en el café , teniendo en cuenta que la zona se caracteriza por producir su propio sello de café especial de gran reconocimiento como es el café la Vereda, producido en el distrito y Resguardo de San Lorenzo.

5.4 Procesamiento de la Información y Resultados

5.4.1 Procesamiento y Clasificación de la Imagen satelital

Inicialmente se utilizó el Programa ERDAS para operaciones básicas, posteriormente para el análisis y procesamiento digital de imágenes, se empleó el Programa ENVI con la extensión ENVI ZOOM, módulo Feature Extraction versión 4.7, con el cual se realizó todo el proceso de análisis de la imagen por el método de clasificación Orientado a Objetos, para obtener la clasificación de uso del suelo.

Dicho proceso comprende básicamente 5 fases que son:

1. Segmentación o Fraccionamiento
2. Combinación de Segmentos,
3. Filtro de segmentos y
4. Selección de atributos
- 5.

Estas serán detalladas más adelante en la parte del desarrollo.

5.4.2 Procesamiento de la Información de coberturas para el análisis de Patrones de Paisaje y definición de áreas de conectividad

Para el manejo de información en esta fase se utilizó el SIG Arcgis 9.3.1, con sus diferentes extensiones:

3D Analyst Para definir el mapa de Pendientes con base en la curvas de nivel cada 50 m, primero se construyó un modelo Tin y posteriormente se aplicaron las pendientes en función de porcentajes.

Patch Analyst para ArcMap. Esta herramienta cuenta con dos módulos, Patch analyst para obtener las métricas y análisis de Parches a partir de vectores y el Patch Grid para hacer el análisis de núcleos de parches y obtener sus métricas, a partir de Ráster

Spatial Analyst. Este módulo permitió hacer el análisis de superficies de costos menores, esta herramienta de evaluación denominada ponderación de costo (cost-weighting), es una metodología para estimar conectividad que es usada para determinar la respuesta de un individuo. Dentro de esta se modelan las rutas de menor costo (least cost path), que se basan en un algoritmo que considera una grilla de fricción o resistencia donde cada celda indica la dificultad o costo de moverse a través de ella y busca el camino con la menor suma de fricciones denominada como la distancia de menor costo (least-cost distance; Adriaensen et al., 2003; Hargrove et al., 2004).

El análisis de menor costo se realizó de manera general sin aplicar la metodología para una especie en particular, ya que para ello se requería hacer un análisis más detallado de las condiciones más adecuadas del hábitat y supervivencia de la especie, lo cual no es el objeto del estudio; la idea es emplear unas metodologías que son aplicables a este campo y a otros más.

Para realizar el análisis de menor costo primero a cada dataset utilizado se le hace un cálculo de distancias eucladiana, La trama de la distancia Euclídea identifica la distancia desde cada celda hasta la celda de origen más cercano, generando varios radios de distancias, que para hacer el análisis final de menor costo debe tener el mismo rango de valores, por tal motivo debe hacerse una reclasificación de rangos para unificarlos, y hacer posible el análisis.

Al final se hace el análisis de menor costo, para ello se utiliza la herramienta de Superposición Ponderada (weighted Overlay) es una técnica para la aplicación de una escala común de valores a la entrada diversa y diferente para crear un análisis integrado, la escala a utilizar puede ser de 1 a 5 o 1 a 9, como en ocasiones los parámetros no tienen la misma importancia la herramienta permite que se les asignen pesos diferentes, que al final deben sumar 100%.

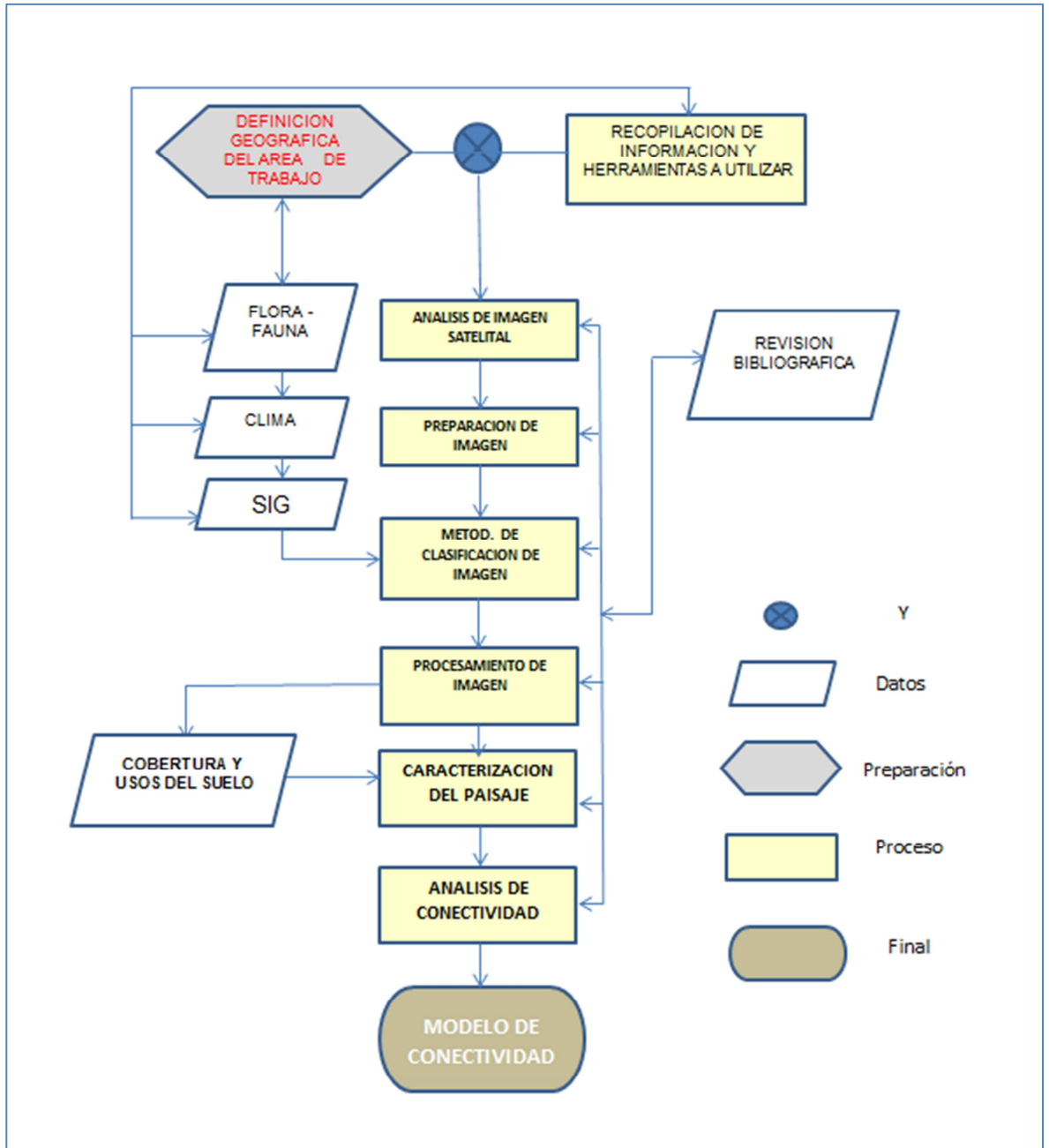


Figura.1 Diagrama de Metodología Propuesta

6. ESTADO DEL ARTE O MARCO TEORICO

El proyecto planteado corresponde a la aplicación de dos ciencias como lo son Los SIG y la Teledetección, en la identificación de Coberturas y usos actuales del Suelo. Si bien son ciencias independientes, desde el principio de los años se complementaron, desde el desarrollo del El Primer SIG conocido el Canadian Geographical Information System – CGIS, que se inició hacia el año 1967, uno de los objetivos planteados era el almacenamiento y procesamiento de Fotografías Aéreas.

La historia nos muestra que los Sistemas de Información Geográficos con el tiempo se han venido convirtiendo en una herramienta estratégica para brindar soluciones de desarrollo y planificación. Con la primera Aparición de los SIG hacia los años 1850, se empezaron a realizar mapas que involucraban correlación de elementos cartográficos para toma de decisiones, y solución de problemas; seguidamente hacia 1950 se empezaron a hacer desarrollos donde se generaba datos cartográficos a partir de ordenadores, ya se empezó a manejar el concepto de captura de información, tratamiento, análisis y publicación, se empiezan a involucrar los elementos básicos de un SIG.

Los SIG se consideran como un conjunto de herramientas, como Software, Hardware y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, con el objetivo de dar solución a diferentes problemáticas de gestión y planificación (NCGIA, 1990)

Otros autores la definen como una Caja de experimentación (Bosque, 1992), o conjuntos de herramientas para reunir, almacenar, agrupar, transformar y representar datos espaciales del mundo real, para un grupo particular de propósitos (Burrough, 1986)

Rodríguez Pacual (1993), concibe el SIG como un modelo informatizado del mundo real descrito en un sistema de referencia ligado a la tierra, establecido para satisfacer necesidades de información específicas respondiendo un conjunto de preguntas concretas.

Huxhold and Levishohn (1995): la definen como: “Una colección de tecnología de la información, datos y procedimientos de captación de información, almacenamiento, manipulación, análisis y presentación en mapas y estadísticas sobre características que pueden ser representadas en mapas”

En cuanto a la teledetección generalmente definida como la ciencia que permite obtener información de los objetos sin tener que entrar en contacto con ellos. Siendo más técnicos Chuvieco E., 1996, define los elementos básicos que hacen parte de la Teledetección:

- Una Fuente de energía, de origen de radiación electromagnética que el sensor va a captar
- Cubierta Terrestre con todos los rangos geográficos y actividades del hombre, que son las que van a reflejar la señal hacia la sensor.
- Sistema sensor (cámara, radar, etc) La Plataforma que alberga el sensor (Satélite, avión, globo) capta la energía proveniente del superficie y la envía al sistema
- Sistema de recepción recibe la información del sistema
- Interprete, quien convierte la información en datos de información temática de interés, agricultura, geografía, geología, etc.
- Usuario final Beneficiario de la información de interpretación

La historia de la Teledetección puede dividirse en dos grandes etapas (Colwell, 1979). Con anterioridad a 1960, la fotografía aérea era el único sistema utilizado en Teledetección. Con la llegada de los programas espaciales, al principio de los años sesenta, y las primeras fotografías obtenidas por el programa Mercury, los desarrollos Tecnológicos relacionados con la Teledetección se dispararon.

Para los años 80 se comienza a ver la interacción de los SIG con la Teledetección, comienza a ser una fuente de información de los SIG, ya la captura de información agrícola de una gran extensión de terreno ya se facilita solo con el análisis y procesamiento de una imagen.

La interacción de los SIG y la Teledetección se ha visto favorecida ya que ambos manejan información Geo referenciada, además los requerimientos de Software y Hardware son similares, y cada vez la obtención de ambas se hace más fácil por los bajos costos y la gran masificación y difusión que se ha venido dando.

En la actualidad ambas ciencias se combinan para solucionar grandes problemas que afectan al hombre, como los que corresponden a la afectación del Medio Ambiente. En todo el mundo el hombre desde la antigüedad se ha preocupado por obtener de la tierra los mejores dividendos, mayor rendimiento, sin importar el efecto que esto tenga sobre el equilibrio del ecosistema, los paisajes son degradados por la deforestación y la agricultura extensiva sin control. En las últimas décadas el hombre con los avances en la ciencia y la investigación se ha venido preocupando de lograr un equilibrio en el beneficio de la tierra, lograr grandes índices productivos sin generar grandes perjuicios al medio ambiente.

En Colombia como en todo el mundo la afectación que ha venido sufriendo la cobertura vegetal por causa de la Actividad del hombre y el cambio climático, ha motivado a muchas Organizaciones e Instituciones para que se dediquen a realizar estudios que magnifiquen y hagan seguimiento a los efectos generados, Entidades como EL Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, El IDEAM, CORPOICA, CENICAFE, entre otras han realizado propuestas y análisis que permiten definir el actual uso del suelos, y los demás fenómenos que hacen

conflictos del Uso; todo ellos mediante la utilización y análisis de Imágenes satelitales y los SIG.

Algunos estudios anteriores han planteado la necesidad de generar estrategias de apoyo que permitan de mejor manera el manejo del paisaje, es el Caso del Avance Técnico Cenicafe 416 Feb - 2012, donde plantea la creación o implementación de Herramientas por parte del hombre que puedan favorecer la conservación de los bosques o fragmentos que aún subsisten en las zonas cafeteras, y faciliten la conectividad del Ecosistema para fortalecer y conservar la especies.

Uno de esos Estudios es el Planteado por Issac; 2011, en su tesis enfoca su análisis al Diseño de un Modelo de conectividad espacial para la conservación del hábitat del Tapir de la montaña en las zonas Cafeteras.

Otro similar enfocado más a los principios de la teledetección es el de Rodríguez, 2011, el Plantea realizar un análisis de las transformaciones del uso del suelo por medio de los sensores remotos y las metodologías de Clasificación Orientada a Objetos.

Siguiendo los objetivos de los anteriores trabajos este Proyecto se plantea de manera académica, a partir de la utilización de la Teledetección obtener Mapas Temáticos, conjugando para ello ambas ciencias, algunos Mapas obtenidos a través del procesamiento de imágenes por manipulación de Programas especializados y otros mapas obtenidos a través de medios convencionales en SIG. La Teledetección con la manipulación de Programas con insumos de Imágenes se convierte en una estratégica herramienta de obtención de Información para zonas de áreas Extensas.

Con el apoyo a estas metodologías se plantea en el presente estudio aplicar las herramientas de Teledetección y Análisis SIG para brindar elementos de análisis y apoyo en las afectaciones que sufre día a día las zonas boscosas de la región Cafetera por causas de la degradación y fragmentación de hábitat originales por la actividad del Hombre.

Dentro de los Estudios ambientales con Teledetección siempre el objetivo es Localizar y extraer los principales Elementos objetos del Proyecto de acuerdo a las características diferenciales de cada uno. Para extraer la información requerida de las imágenes existen varios métodos de análisis digital, la mayoría de los proyectos se realizan con base en la clasificación Digital Supervisada, que tiene como base de unidad de información cada pixel de la Imagen.

Pero para el presente estudio se quiere utilizar técnicas diferentes de Clasificación, más novedosas y que han arrojado en otros estudios buenos resultados, como es La clasificación Orientada a Objetos, conocida como OBIA —Object Based Imagen Analysis o GEOBIA —Geospatial Object Based Image

AnalysisII (BLASCHKE, 2010). Es un método interesante y mejorado de clasificación de Imágenes satelitales que tiene como base el uso de parámetros o variables de entrada, y donde la Unidad de información son regiones definidas (Segmentación) que son zonas homogéneas que se caracterizan no solo por la similitud espectral si no espacial de los elementos identificados.

Además de la utilización de este programa de procesamiento se plantea realizar los posibles áreas de conectividad con la utilización de SIG Arcgis y sus módulos Patch analyst para analizar el Paisaje y Spatial analyst como herramientas para el análisis y el diseño del modelo final.

Todo el proceso y análisis se hace como parte de un ejercicio académico básico que brinde y amplíe las opciones de las diferentes aplicaciones que tienen los SIG y los otros programas que impliquen la manipulación de Información referenciada espacialmente.

7. GENERALIDADES

7.1 Localización del Área de Estudio

El área de estudio se encuentra localizada el Departamento de Caldas Municipio de Riosucio en el corregimiento de San Lorenzo, en el sector sur de la Vereda el Limón sobre La margen Izquierda del Rio Las Estancias, comprende una área de Aprox de 940 has (Ver Figura 1)

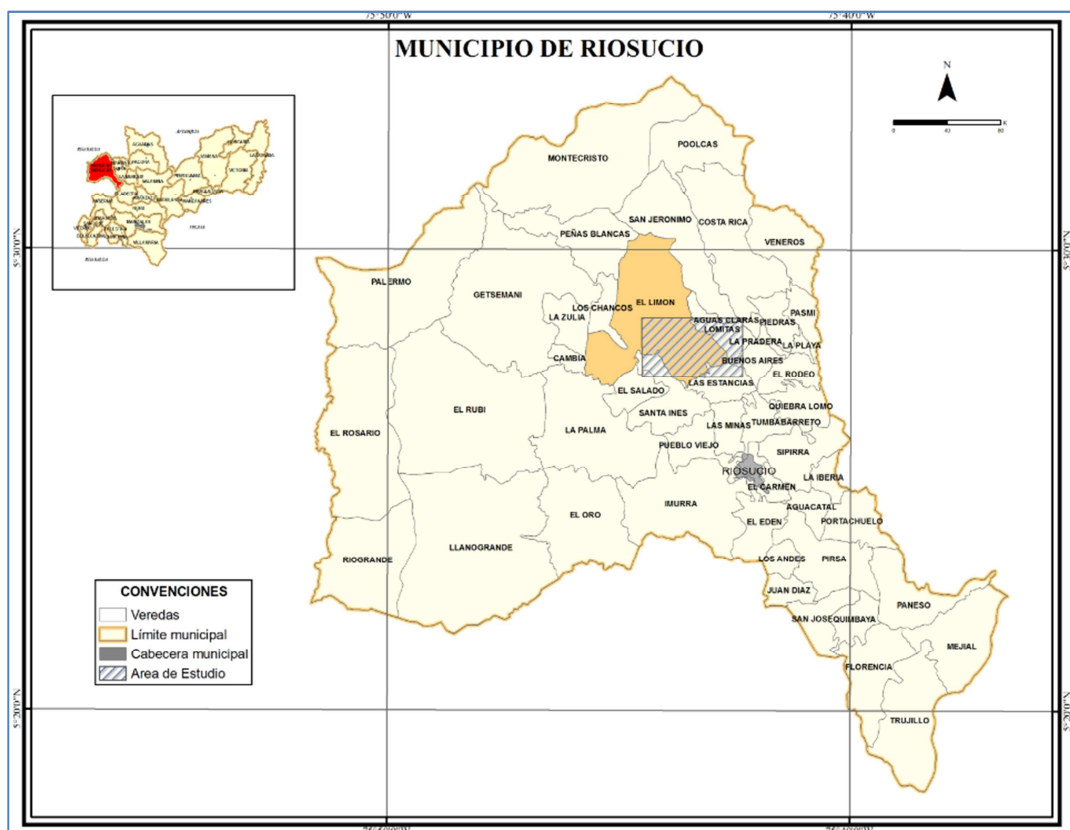


Figura.2 Mapa de Ubicación de área de Trabajo

7.2 Clima

Según Holdridge, en Monografía de Caldas del IGAC, en esta área se encuentra la zona de vida Bosque muy Humado Premeontano, predominantemente cafetero, este cultivo ha desplazado la vegetación natural existente, quedando aisladas sectores de vegetación arbórea y manchas de bosques en regeneración.

7.3 Flora y Fauna

De acuerdo a estudios anteriores como el de Marín Cuartas (2001) y Recopilación del POT del Municipio de Riosucio, se identificaron en la zona de estudio las siguientes especies arbóreas y arbustivas:

Nombre Científico	Nombre Común	Familia
Persea americana	Aguacate	Lauraceae
Persea sp.	Aguacatillo	Lauraceae
Arthocarpus altitis	Arbol del Pan	Moraceae
Myrcia popayanensis	Arrayán	Myrtaceae
Heliocarpus popayanensis	Balso Panelero	Tiliaceae
Bambusa angustifolia	Bambú	Gramineae
Theobroma cacao	Cacao	Sterculiaceae

Vismia baccifera	Carate	Hypericaceae
Albizzia carbonaria	Carbonero	Mimosaceae
Bauhinia purpurea	Casco de Buey	Caesalpinaceae
Hevea brasiliensis	Caucho	Euphorbiaceae
Juglans neotropica	Cedro Negro	Juglandaceae
Cedrela angustifolia	Cedro Rosado	Meliaceae
Piper aduncum	Cordoncillo	Piperaceae
Erythrina edulis	Chachafruto	Papilionaceae
Sapium jamaicense	Chilco	Euphorbiaceae
Annona cherimolia	Chirimoya	Annonaceae
Bactris gasipaes	Chontaduro	Arecaceae
Miconia caudata	Danto	Melastomataceae
Tibouchina grossa	Doradilla	Melastomataceae
Croton smithianus	Drago	Euphorbiaceae
Sauravia brachibrotys	Dulumoco	Actinidiaceae
Weinmannia sp.	Encenillo	Cunoniaceae
Alchornea bogotensis	Escobo	Euphorbiaceae
Eucalyptus globulus	Eucalipto	Myrtaceae
Tecoma stans	Fresno	Bignoniaceae
Solanum sp.	Frutillo	Solanaceae
Punica granatum	Granado	Punicaceae
Croton smithianus	Guacamayo	Euphorbiaceae
Guadua angustifolia	Guadua	Gramineae
Jacaranda caucana	Gualanday	Bignoniaceae
Inga oerstediana	Guamo Hojiancho	Mimosaceae
Inga nobilis	Guamo Churimo	Mimosaceae
Inga densiflora	Guamo Macheto	Mimosaceae
Inga codonantha	Guamo Mono	Mimosaceae
Annona muricata	Guanábana	Annonaceae
Cajanus cajan	Guandúl	Papilionaceae
Psidium guajaba	Guayaba	Myrtaceae
Psidium friedrichsthalianum	Guayaba Agria	Myrtaceae
Tabebuia chrysantha	Guayacán Amarillo	Bignoniaceae
Ricinus communis	Higuerillo	Euphorbiaceae
Ficus nymphaefolia	Higuerón	Moraceae
Nectandra sp.	Laurel	Lauraceae
Leucaena leucocephala	Leucaena	Mimosaceae
Citrus limon	Limón	Rutaceae
Reedia madruno	Madroño	Clusiaceae
Citrus reticulata	Mandarina	Rutaceae
Mangifera indica	Mango	Anacardiaceae
Bucconia frutescens	Mano de Tigre	Papaveraceae
Toxicodendron striatum	Manzanillo	Anacardiaceae
Gliricidia sepium	Matarratón	Papilionaceae
Montanoa ovalifolia	Mátugo	Compositae
Pouteria lucuma	Mediacaro	Sapotaceae
Cupania cinerea	Mestizo	Sapindaceae
Citrus sinensis	Naranja	Rutaceae
Eriobotrya japónica	Níspero	Sapotaceae
Cordia alliodora	Nogal Cafetero	Borraginaceae

Carica papaya	Papaya	Caricaceae
Dydimopanax morototoni	Pategallina	Araliaceae
Andira inermis	Peloto	Papilionaceae
Cupresus lusitanica	Pino Ciprés	Cupressaceae
Podocarpus rospigliossi	Pino Colombiano	Podocarpaceae
Pinus patula	Pino Pátula	Pinaceae
Eugenia jambos	Pomarroso	Myrtaceae
Trichanthera gigantea	Quiebrabarrigo	Acanthaceae
Quercus sp.	Roble	Fagaceae
Salix humboldtiana	Sauce	Salicaceae
Tibouchina lepidota	Sietecueros	Melastomataceae
Trema micrantha	Surrumbo	Ulmaceae
Swinglia glutinosa	Swinglia	Rutaceae
Ochroma lagopus	Tambor (Balso)	Bombacaceae
Solanum betaceum	Tomate de Arbol	Solanaceae
Spathodea campanulata	Tulipán	Bignoniaceae
Fraxinus sinensis	Urapán	Oleaceae
Cavendishia sp.	Uvo	Ericaceae
Pseudocassia spectabilis	Vainillo	Caesalpinaceae
Cecropia telenivea	Yarumo Blanco	Moraceae
Cecropia sp.	Yarumo Común	Moraceae
Matissia cordata	Zapote	Bombacaceae

En cuanto a la Fauna se identificaron en la zona de estudio gran variedad de especies de aves como son:

AVE	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Afrechero o Pinche	Zonotrichia capensis	Fringilidae
Azulejo	Thraupis episcopus	Thraupidae
Barranquillo	Momotus momota	Momotidae
Canario	Sicalis flaveola	Fringilidae
Carcajada	Tamnophilus multistratus	Formicariidae
Carpintero Real	Campephilus melanoleucos	Picidae
Colibrí o Tominejo	Colibri coruscans	Trochilidae
Cucarachero	Troglodytes aedon	Troglodytidae
Gallinaciega	Chordeiles acutipennis	Caprimulgidae
Gallinazo	Coragyps atratus	Cathartidae
Garrapatero o Gualí	Crotophaga ani	Cuculidae
Gavilán	Buteo magnirostris	Accipitridae
Loro	Forpus conspicillatus	Psittacidae
Lechuza	Tyto alba	Strigidae*
Pájaro Carpintero	Veniliornis fomigatus	Picidae
Toche	Ramphocelus flamigerus	Thraupidae
Tórtola Abuelita	Columbina talpacoti	Columbidae
Turpial	Icterus chrysater	Icteridae

Además de las aves se identificaron Otras especies animales como son:

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Armadillo	Cabassus centalis	Dasypodidae
Ardilla	Sciurus granatensis	Sciuridae
Conejo de Monte	Sylvilagus brasiliensis	Leporidae
Comadreja	Mustela frenata	Mustelidae
Chucha Común	Didelphis albiventris	Didelphidae
Murciélago	Myotis nigricans	Vespertilionidae
Guatín	Dasyprocta punctata	Dasyproctidae
Ratón	Mus musculus	Muridae
Lagartija	Gymnophthalmus speciosus	Gekkonidae
Zorro	Eira barbara	Mustelidae

8. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION Y RESULTADOS

8.1 Métodos de Clasificación de la Imagen satelital

La imagen utilizada para el Proyecto es una imagen Satelital Geo Eye de alta resolución, la clasificación de la imagen se realizó con el Sistema de Información ENVI, con la extensión ENVI ZOOM, módulo Feature Extraction versión 4.7, por el método Clasificación Orientada a Objetos el cual a diferencia de los otros métodos que son pixel por pixel, en este caso se basa en pixel a objeto, la selección la realiza el sistema de acuerdo a los atributos de Geometría, Textura, información espectral y análisis de vecindad de los objetos a seleccionar.

BLASCHKE (2010) divide esta clasificación en dos fases: Encontrar objetos y clasificar los objetos, teniendo como punto de partida una imagen

Las etapas del Proceso son cuatro:

1. Segmentación o Fraccionamiento
2. Combinación de Segmentos,
3. Filtro de segmentos y
4. Selección de atributos

8.1.1 Segmentación de la Imagen

Este proceso consiste en el agrupamiento o asociación de píxeles adyacentes en la imagen, permite generar zonas con iguales características espectrales.

De acuerdo a COSTA et al., 2009 y otros autores, esta etapa de la clasificación es la más importante, de él depende el resultado final de la identificación del objeto con la realidad.

Para realizar la segmentación primero se hizo una simulación en un sector de la imagen donde se definió el tamaño de segmentos más adecuado para el proyecto. El sistema tiene la opción de segmentar de acuerdo a un rango que va

de 0 a 100, entre mayor el rango menos segmento va tener la imagen (Ver Figura.3)

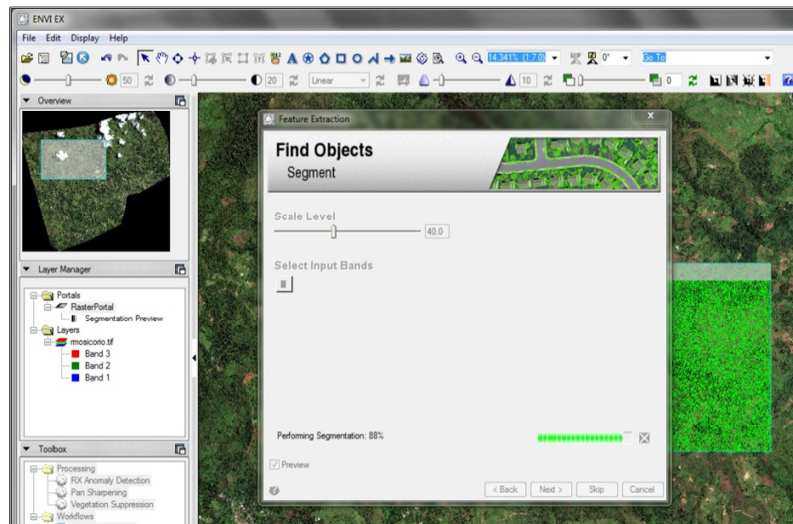


Figura.3 Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Segmentación.

Para el proyecto se hizo un análisis de varios rangos primero se tomó 20 y se encontró que este rango segmentaba demasiado la imagen y no permitía diferenciar las coberturas como se requiere, lo que hace más complejo el análisis

Se aumentó el rango llegando a 80, en este caso el valor diferenciaba muy poco la imagen había poca fragmentación (Ver Figuras 4 y 5). Tomando este valor mayor se pueden llegar a agrupar en un segmento tanto arboles de sombra con árboles de café a plena exposición o pasto.

Se tomó finalmente un rango de 40, es el más adecuado para el análisis, aprovechando que el programa permite hacer una pre visualización del proceso para verificar el resultado que se obtiene, ya que se quería poder diferenciar por tonalidades las zonas de árboles de los que corresponde a bosque, sombra de árboles aislados, y guadua, con respecto a otros usos como pasto (Ver Figura 6).

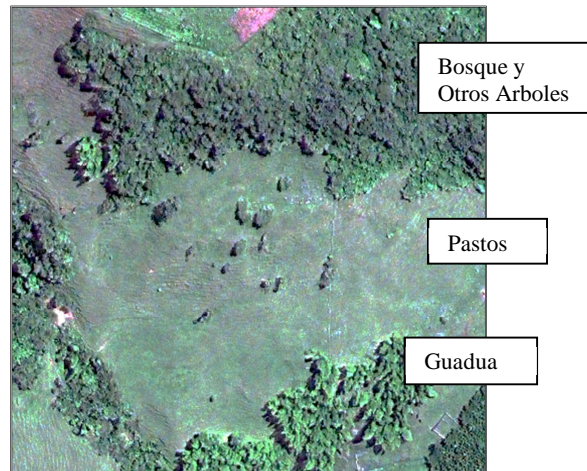


Figura 4. Vista de Imagen Sector Coberturas de análisis

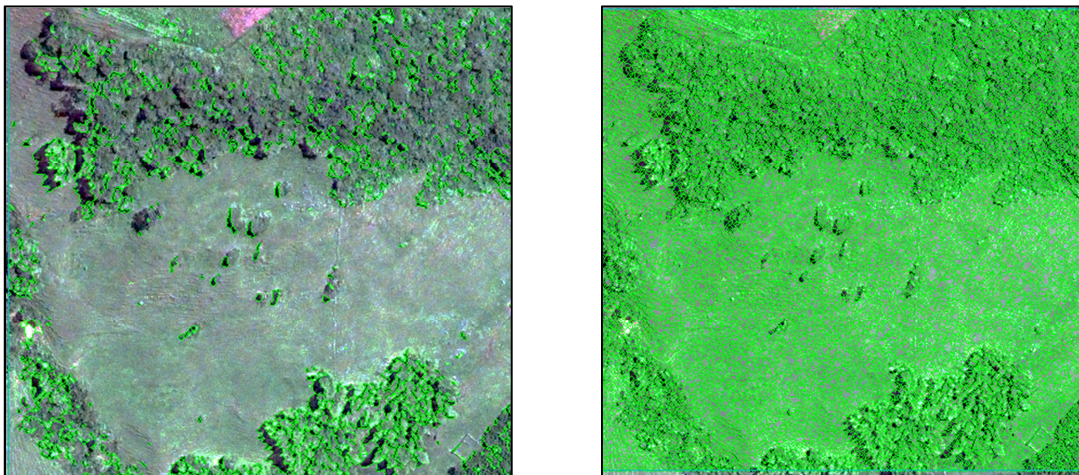


Figura.5 Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Segmentación.
Izquierda Fraccionamiento Rango 80. Derecha Fraccionamiento Rango 20

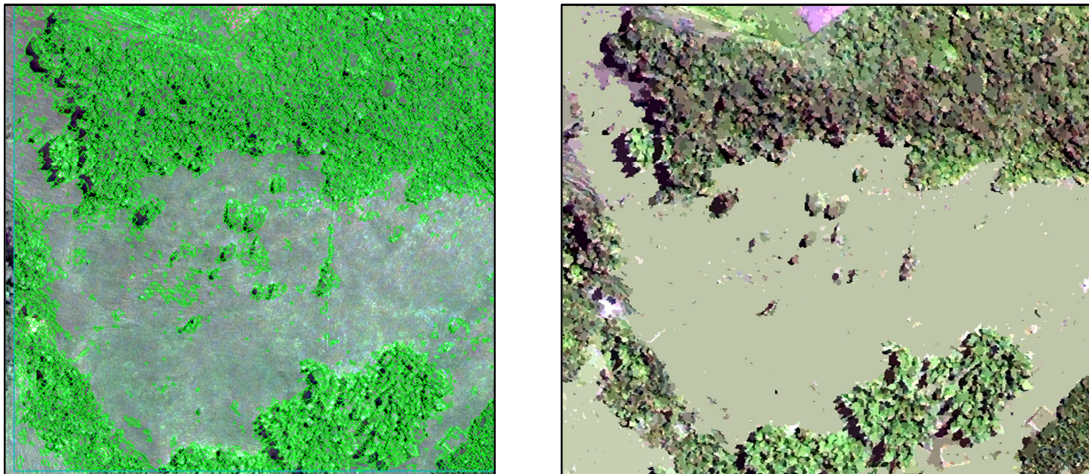


Figura.6 Izquierda Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Segmentación Fraccionamiento tomado Rango 40. Derecha Resultado

8.1.2 Combinación de segmentos

Este proceso permite afinar la segmentación del paso anterior, en esta etapa se da una combinación de segmentos de una imagen en regiones de píxeles.

ENVI ZOOM utiliza el algoritmo —Full Lambda-Schedule (Full λ -Schedule) creado por ROBINSON et al., (2002), el cual conecta dos regiones, con características espaciales y espectrales similares.

Igual que en la segmentación en este proceso se hace un análisis por pre visualización de resultados de acuerdo al valor que se establezca en una escala de 0 a 100. Entre mayores sean los valores más generalizada va ser el agrupamiento y no se van a poder diferenciar los usos, caso contrario si se toma un valor muy bajo se va a presentar poco agrupamiento con poco detalle para el análisis.

Se realizaron varias pruebas tomando diferentes rangos 90, 60,20 (Ver Figura 7). Para definir el rango más apropiado se realizaron pruebas que consistían en hacer la clasificación completa de una parte de la imagen y al final de acuerdo a los resultados se toma el valor que da mejor respuesta. Para este ejercicio se encontró que el valor que daba mejor agrupamiento fue de 60. (Ver Figura 8).

En esta etapa el algoritmo toma como base de agrupación los niveles espectrales de la imagen, de acuerdo al valor establecido él va a agrupar en mayor o menor grado.

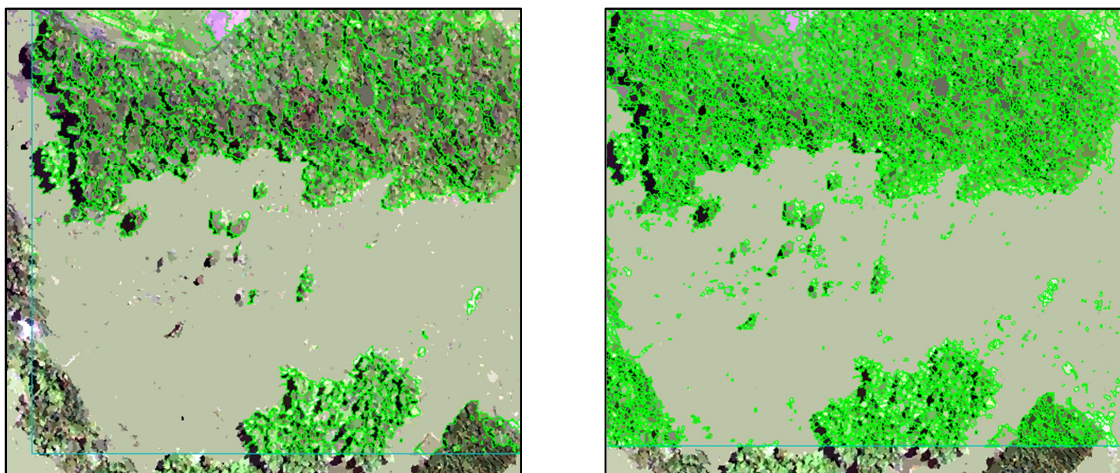


Figura.7 Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Combinación de Segmentos. Izquierda Combinación Rango 90. Derecha Combinación Rango 20

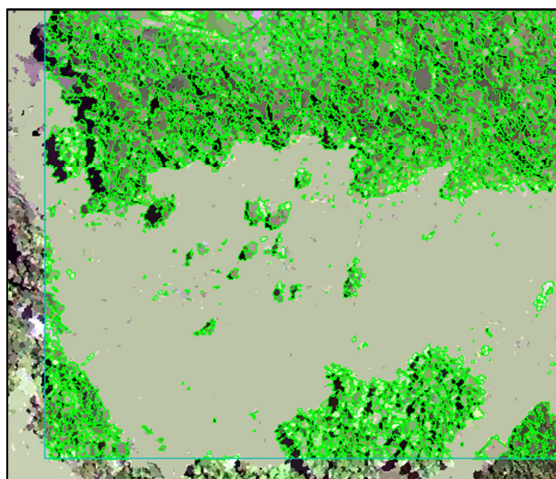


Figura.8 Izquierda Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Combinación de Segmentos. Rango Seleccionado 60

8.1.3 Filtración de segmentos

Esta es una etapa del proceso opcional, que permite extraer objetos específicos, teniendo como base los niveles digitales y estableciendo una banda en especial. Para el presente proyecto no se utilizó esta herramienta.

8.1.4 Selección de Atributos

En esta fase del proceso se tienen en cuenta las características internas de cada objeto. Este es uno de los principales pasos para realizar la clasificación, es muy importante definir cuáles son las variables y los valores que pueden definir el objeto. Para este proyecto las coberturas de interés u objetos en los que se va a centrar el análisis son Bosque, Sombra de árboles de café, y Guaduales.

El aplicativo tiene varios tipos de variables que permitirán definir el objeto de interés, las cuales son; Diferenciales, Variables Espaciales, Espectrales, de Textura

Para el estudio se utilizaron las últimas tres. Se descartó la Espacial después de hacer varias pruebas y teniendo en cuenta que las coberturas de interés Bosque, Otros árboles y Guaduales, De toda manera se detalla a continuación cada Variable que ofrece el Programa.

8.1.4.1 Atributo Relacional

Es la relación de bandas como atributo para la clasificación de un objeto, se seleccionan las bandas de acuerdo al estudio o análisis que se vaya a realizar. Al seleccionar las bandas Roja e infrarroja cercano el análisis se convierte en un índice diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI). De acuerdo a la siguiente Formula:

$$\text{NDVI} = ((\text{IR} - \text{R}) / (\text{IR} + \text{R}))$$

- IR = valores de píxel de la banda infrarroja
- R = valores de píxel de la banda roja

De acuerdo a Arcgis Resources El Índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) es un índice normalizado que le permite generar una imagen que muestra el verdor (la biomasa relativa). Este índice aprovecha el contraste de las características de dos bandas de un dataset ráster Multiespectral: las absorciones de pigmento de clorofila en la banda roja y la alta reflectividad del material de las plantas en la banda cercana al infrarrojo (NIR).

Teniendo en cuenta que la imagen de análisis es Multiespectral, Previo a la definición de los otros atributos para la clasificación de la imagen, se considera importante emplear las variables diferenciales como complemento. Para otros proyectos dependiendo del interés se podrán escoger otros pares de bandas pero para el presente ejercicio se seleccionó la banda roja y la banda infrarrojo cercano, ya que estas aportan más elementos diferenciadores de las coberturas vegetales.

Se tienen La banda 3 (Roja) y la banda 4 (Infrarrojo cercano), la relación de banda normalizado en el Envi Fx se da asignando la banda roja a B1 y la banda del infrarrojo cercano a B2, como se ve en la Figura 9.

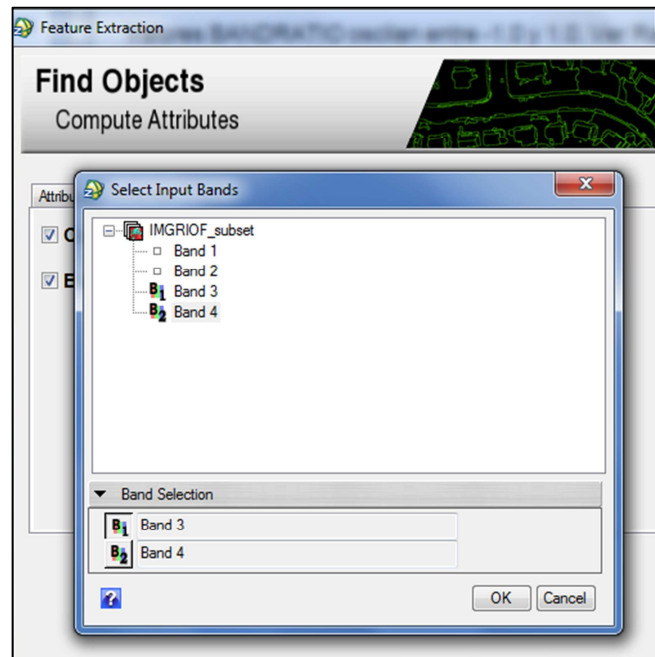


Figura.9 Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Detalle de aplicación de Atributo relacional

8.1.4.2 Atributos Espaciales

Corresponde a las características geométricas del objeto, forma, tamaño, y la relación entre ellos.

En la Tabla siguiente se identifican las diferentes variables geométricas que tiene el aplicativo. (SANTOS, 2007), donde ENVI ZOOM las define en catorce atributos.

Tabla 1. Tabla de Atributos espaciales y su Descripción

Espaciales	Descripción
Área	Extensión del Objeto
Longitud	La longitud del perímetro del objeto incluyendo los agujeros
Compacidad	Medida de forma que indica la compacidad del objeto, siendo el círculo la forma más compacta, con valor de 1
Convexidad	Mide la convexidad del objeto, 1 si es totalmente convexo, 0 si es totalmente cóncavo
Solidez	Mide la solidez de un objeto, teniendo en cuenta la convexidad, 1 si es totalmente convexo
Redondez	Medida de forma que compara el área del objeto en relación con el eje mayor, valor de 1 si es un círculo
Factor Forma	Medida de forma que compara el área del objeto en relación al perímetro valor de 1 si es un círculo
Elongación	Medida de forma que relaciona el eje mayor con el eje menor del objeto, valor de 1 si es cuadrado y >1 si es rectángulo
Forma Rectangular	Medida de forma que califica la forma de un rectángulo, valor de 1 si es rectángulo y <1 si se asemeja
Dirección Principal	El ángulo subtendido por el eje principal del polígono y el eje x en grados. Valor de 0 a 180 grados.
Eje Mayor	Longitud del eje mayor del objeto
Eje Menor	Longitud del eje menor del objeto
Numero de Agujeros	Cuenta en número de agujeros, presentes en un objeto
Relación con Agujeros	Es la relación del área del objeto con su contorno exterior, así el valor para un objeto si agujeros será de 1

Para el presente estudio después de varias pruebas se encontró que la utilización de estas variables no arrojaba elementos relevantes que ayudarán a diferenciar las Coberturas interés como son los bosques y otros árboles de los cultivos y pastos. Dado que estas tienen todo tipo de formas e involucran variedad de tamaño.

Sin embargo Este atributo fue útil para diferenciar de alguna manera los dataset de Infraestructura, las construcciones.

8.1.4.3 Atributos Espectrales

Se descartaron las variables espaciales para las coberturas vegetales y se entró a analizar el aporte que ofrecen la aplicación de los atributos Espectrales.

Estos corresponden a las variables estadísticas normales como, mínimos, máximos, promedios y desviación Estándar, aplicados a los niveles digitales de la imagen para cada banda.

Minband_x. Valor Mínimo de los píxeles que comprenden la región de la Banda x

Maxband_x. Valor Máximo de los píxeles que comprenden la región de la Banda x

Avgband_x. valor medio de los píxeles que comprenden la región de la banda x.

Stdband_x. valor de la desviación estándar de los píxeles que comprenden la región de la banda x.

Para el presente ejercicio se analizó la respuesta que daba cada variable, después del análisis se encontró que la variable que más elementos arrojaba es la **Avgband_x** valor medio de pixel, aplicado sobre la banda 3, allí se encontró que para la cobertura de Bosques y otros árboles incluyendo la guadua, los valores para determinar la clasificación de esta cobertura son los valores $< 564,29$ como valor medio de pixel de la banda. Para valores superiores a este rango se incluyen áreas de usos que no pertenecen a esta cobertura, como cultivos de porte medio y bajo. (Ver Figuras 10 y 11).

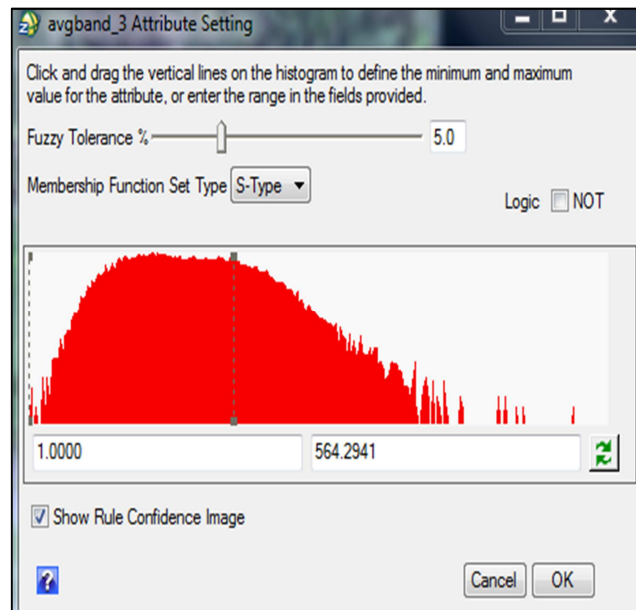
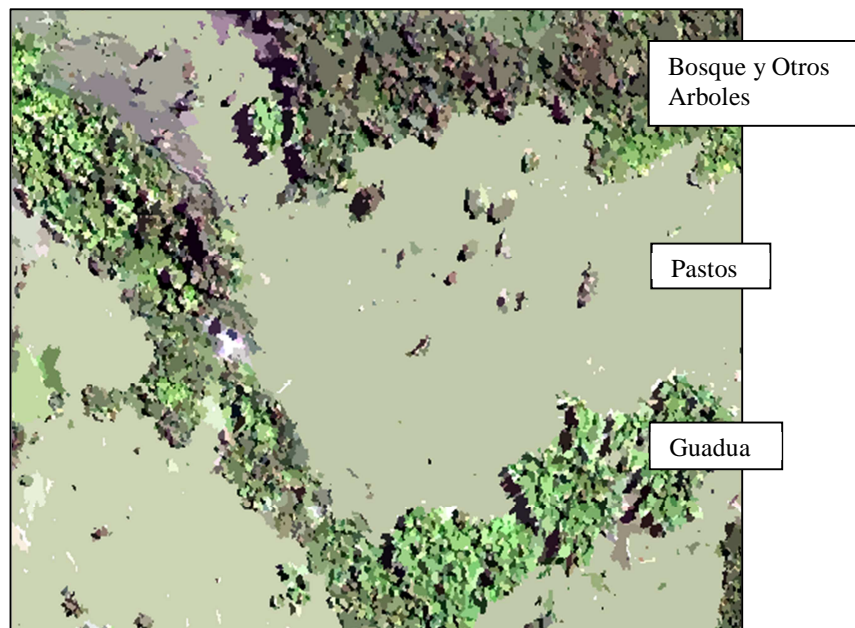


Figura.10 Vista Envi Zoom Modulo Feature Extraction Proceso Selección de atributos espectrales para la cobertura de bosque avgband_3



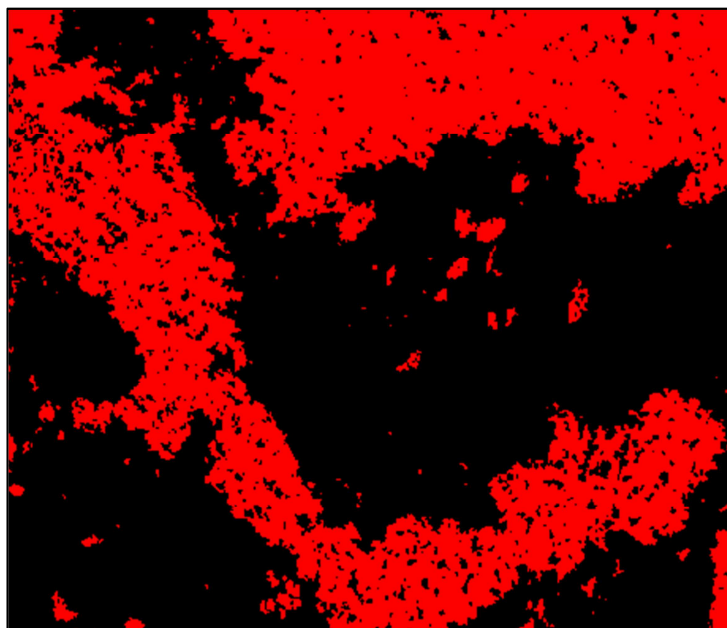


Figura.11 Proceso Selección de atributos espectrales para la cobertura de bosque avgband_3 – Arriba Coberturas. Abajo Resultado del proceso

De manera muy general se pudieron diferenciar las coberturas de infraestructura, Vías Caminos, Viviendas, empleando también la variable Avgband para la banda 1, en rango comprendido entre 752,26 a 1884,5 (Ver Figura 12)



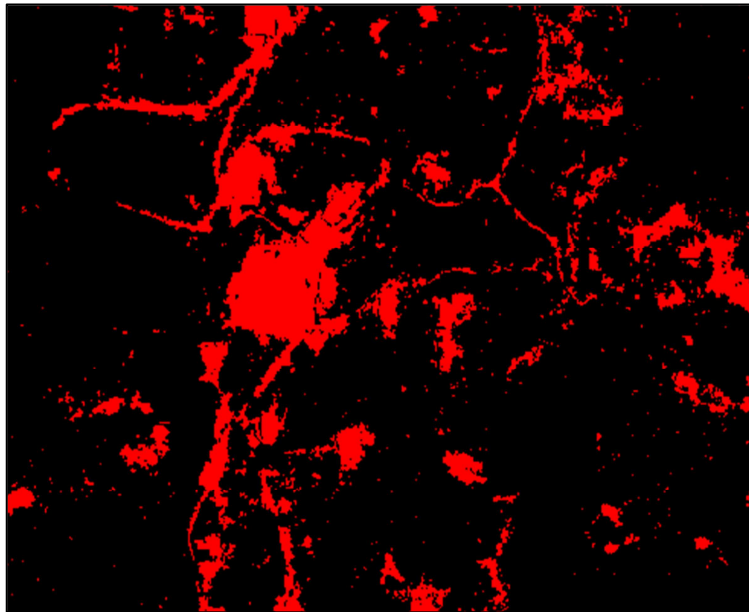


Figura.12 Selección de atributos espectrales para la cobertura de infraestructura, Vías Caminos, Viviendas e avgband_3 – Arriba Coberturas. Abajo Resultado del proceso

Este atributo es considerado uno de los principales en el momento de definir una cobertura. La aplicación de estos atributos permite separar las coberturas vegetales de textura gruesas como bosque, otros árboles, guadua y café de mediana edad, con respecto a las otras coberturas que no son de intereses como cultivos de porte bajo, infraestructura, recursos hídricos y suelo o zonas rocosas

8.1.4.4 Atributos Texturales

Este atributo permite caracterizar objetos de acuerdo a la textura que la matriz de píxeles del objeto arroja, para calcularla se utilizan las medidas básicas estadísticas, como rango, media, varianza, y entropía

Tx_Range medio rango de datos de los píxeles que constituyen la región dentro del núcleo. Un núcleo es una matriz de píxeles utilizados para restringir una operación para un subconjunto de píxeles.

Tx_Mean valor medio de los píxeles que constituyen la región dentro del núcleo.

Tx_Variance variación media de los píxeles que constituyen la región dentro del núcleo.

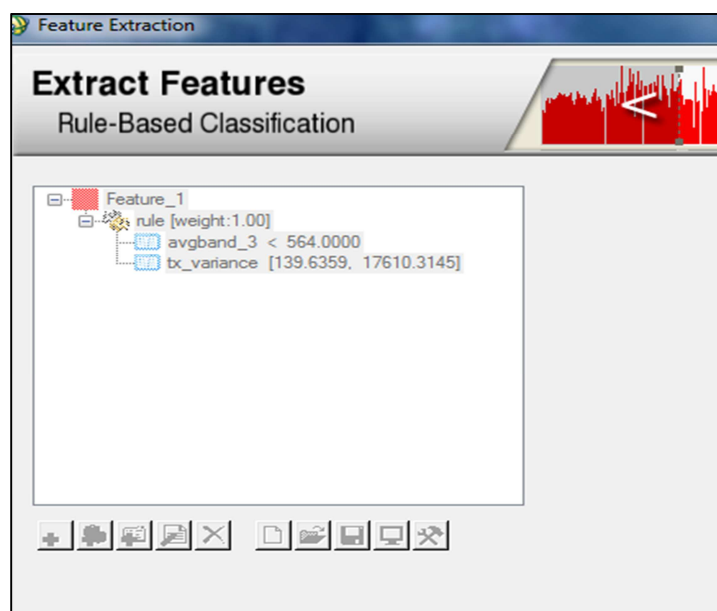
Tx_Entropy Valor medio entropía de los píxeles que constituyen la región dentro

del núcleo. La entropía es una medida del desorden de un sistema físico, es decir cuando en un entorno de vecindad alrededor de un píxel existe un alto grado de desorden, la entropía será mayor que cuando existe un cierto orden

Hasta este momento el proceso de clasificación ha arrojado buenos resultados, pero aún es necesario diferenciar un poco más la cobertura de interés y tratar de separar los bosques y otros árboles, de coberturas de cultivos que tienen portes medios como café sin sombra de diferentes edades y otros cultivos.

Para ello dentro de los atributos de Textura se hicieron ensayos con las diferentes variables que se tienen, encontrando que los mejores resultados se dan con la aplicación de Tx_Variance Variación media de los Píxeles de la región. En este caso para la cobertura de bosque, otros árboles y guadua los valores que permiten determinar la clasificación son rangos que van de 139,6359 a 17610,31. (Ver Figura 13)

Esta variable mide el contraste de los valores de intensidad en esta área, una región homogénea donde todos los píxeles poseen el mismo valor de intensidad la varianza será nula, mientras que en regiones con elevados contrastes la varianza será alta.



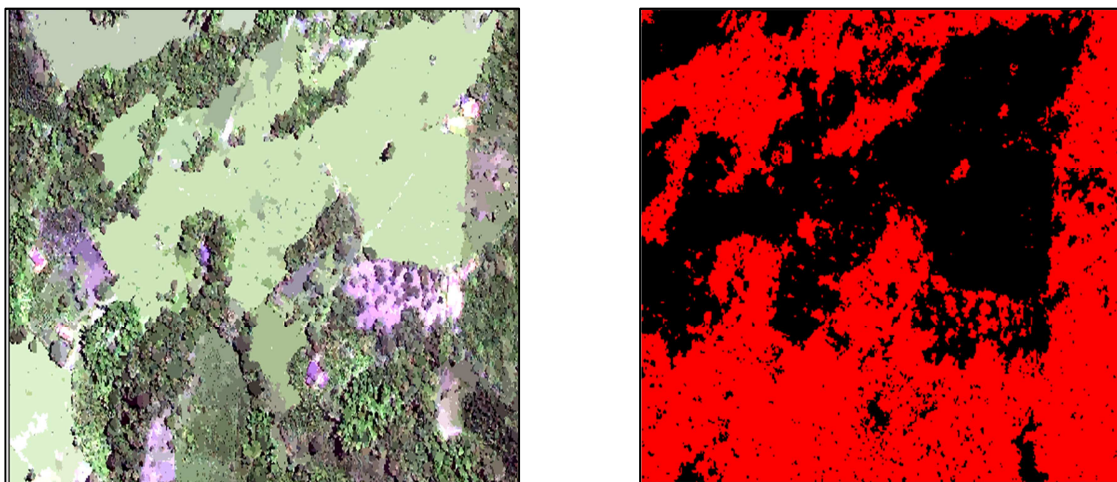


Figura.13 Proceso Selección de atributos de textura para la cobertura de bosque otros árboles y guadua Atributo Tx_Variance Arriba Proceso - Der. Coberturas. Izquierda Resultado del proceso

8.1.4.5 Asignación de Reglas para la Clasificación

Finalmente después de establecer los diferentes atributos y variables que caracterizan cada cobertura se definieron las reglas que se aplicaran a los segmentos para terminar la clasificación (Ver Tabla 2). Al final El sistema Genera una capa de segmentos en formato Shape para cada cobertura (Ver Figura 14).

Es importante mencionar que el atributo espacial solo tuvo utilidad para afinar la identificación de la Cobertura Infraestructura.

Tabla 2. Tabla de Atributos y Rangos por variable para cada cobertura espaciales y su Descripción

Atributo	Variables	Rangos Para cada Cobertura			
		Bosque y Otros arboles	Otros Cultivos	Infraest.	Suelo
Espectral	Avgband_Banda 3	<564,29	>564,29		
	Avgband_Banda 1			761 -1884	752,26 - 1.884,5
Textura	Tx_Variance	139,6359 17.610,31			
Espacial	Área			8,388	315,53
	Forma Rectangular			> 0,5	

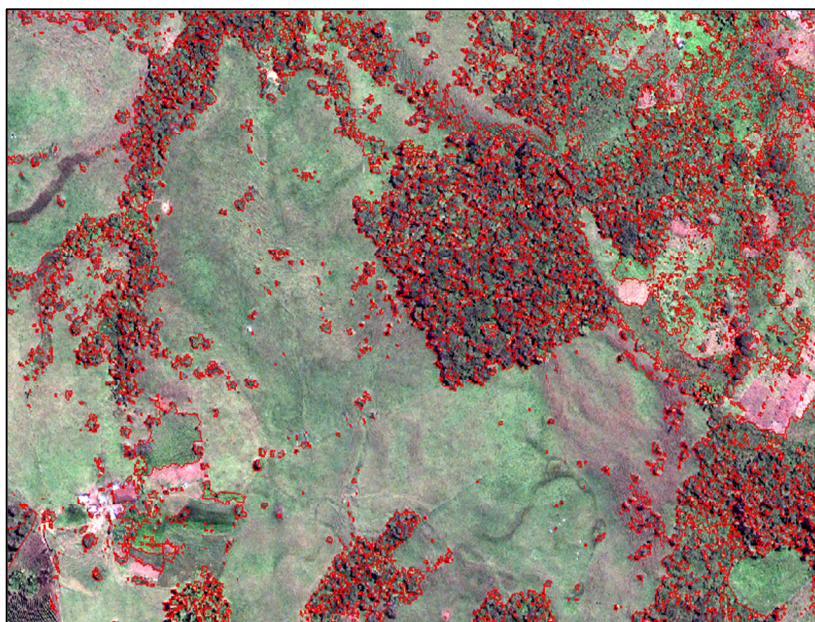


Figura.14 Resultado final del proceso de Clasificación de Imagen, Para coberturas de Bosque y otros árboles.

8.2 Análisis General del Paisaje

Para el área de estudio se tienen 940 ha, después del procesamiento de la imagen se identificaron 6 coberturas, siendo la de mayor extensión la de pastos y otros cultivos con el 56 %, seguida por Bosque y Otros árboles con el 41%, luego Infraestructura Construcciones 1,2 %, Vías y Caminos 0,81 %, Drenajes 0,54% y Suelo expuesto 0,41% (Ver Tabla 3 – Figura 15. y Anexo 2)

Tabla 3. Coberturas Identificadas

Cobertura	Área M2
<i>Pastos y otros Cultivos</i>	5.283.991
<i>Bosques y Otros Arboles</i>	3.838.988
<i>Suelo Cubierto y Expuesto</i>	38.947
<i>Vías y Caminos</i>	75.847
<i>Infraestructura -Construcciones</i>	112.297
<i>Drenajes</i>	49.930
TOTAL	940.000

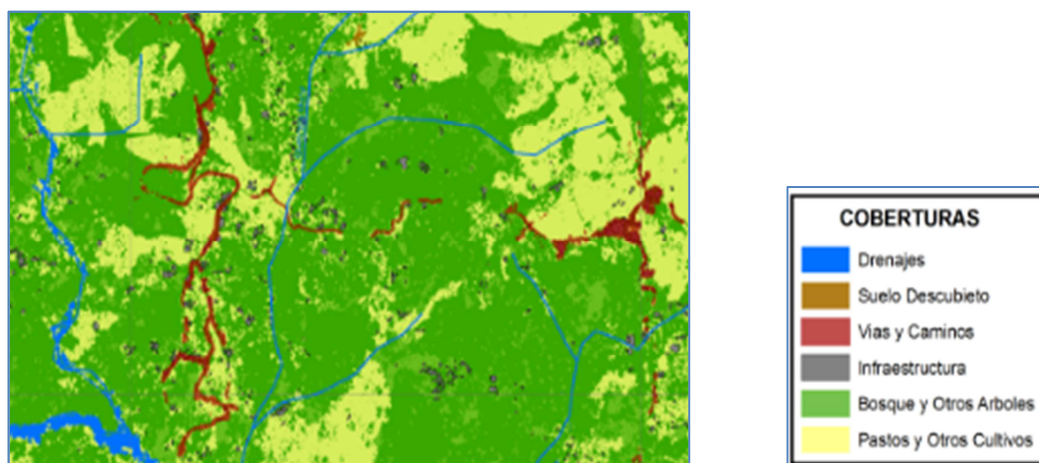


Figura.15 Resultado Final de Coberturas y Uso del Suelo

El área de trabajo se ve más afectada por intervención del hombre hacia el sector centro por la fuerte presencia de áreas de pastos y cultivos temporales, y hacia al nororiente donde se encuentra el caserío de San Jerónimo, Estas zonas intervenidas se encuentran intercaladas con áreas pequeñas de parches de Bosques secundarios, árboles y arbustos que corresponden al sombrío de café, además de guaduales (Ver Anexo 1).

Para este proyecto se tomó como materia de análisis los parches de bosques y otros árboles que tuvieran áreas mayor a 0,23 ha ósea 2.300 m². Siendo así se identificaron 131 parches donde el de menor área tiene 0,23 ha y el de mayor área es de 23,7 ha con un promedio de área general de 2,32 ha.

El 79 % corresponden a Parches menores a 1 ha, el 27 % está entre 1 y 5 ha, el 6 % entre 5 y 10 ha, y los mayores a 10 ha son el 7 %. En general en esta área se observa que la mayoría de parches corresponden a extensiones pequeñas, lo que da una idea inicial de que el paisaje está muy fragmentado. (Ver Tabla 4)

Tabla 4. Rango de Área por Parches identificados

Rango de Área	N°Parches	%
> 1 ha	79	60
1 -5 ha	36	27
5-10 ha	7	6
> 10 ha	9	7
Total	131	100

8.2.1 Algunas Métricas del Paisaje

Para el análisis del Paisaje se empleó el SIG Arcgis, los Modulo Patch analyst y Patch Grid con las que se pudieron obtener las métricas de forma, tamaño y conectividad del paisaje, para la cobertura de interés como es Bosques y Otros árboles.

Según el estudio y como elemento inicial de análisis de conectividad, Algunas métricas estructurales de tamaño del paisaje son; número de parches (**NumP**) 131, con un área total (**CA**) de 304,1 ha y una media (**MPS**) de 2,32 ha, con una desviación estándar de tamaños (**PSSD**) de 4,11 la cual es alta, lo que indica que hay una alta dispersión en los tamaños. (Ver. Tabla 5)

En cuanto a las métricas de forma se encontró los índices que la caracterizan, índice de medias ponderadas (**AWMSI**) - Índice de Forma (**MSI**), arrojaron valores mucho mayores a 1, lo que indica que los parches son de formas muy irregulares.

Tabla 5. Métricas del Paisaje – Forma y Tamaño

Métricas	Forma					Tamaño			
	CLASE	AWMSI	MSI	MPAR	MPFD	AWMPFD	NumP	MPS	CA
Bosques y Otros Aboles		13,8076	13,8076	4242,9557	1,8012	1,8012	131	2,3217	304,1368

AWMSI) Área Índice forma de medias ponderada Es igual a 1 cuando todos los parches son circulares.

(MSI) El Índice de Forma Es igual a 1 cuando todos los parches son circulares (por polígonos) o cuadrado (para tramas (rejillas)) y se incrementa con el aumento de la irregularidad forma de parche.

(MPAR) Mean Ratio Perimeter-Area Suma de cada parches relación perímetro / área dividida por el número de parches.

(MPFD) Media Patch Dimensión Fractal La media parche dimensión fractal (MPFD) es otra medida de la complejidad de la forma. Mean dimensión fractal se acerca a uno de formas con perímetros simples y se acerca a dos cuando las formas son más complejos

(AWMPFD) Área de medias ponderada Patch Dimensión Fractal Complejidad Forma ajustada para el tamaño de la forma.

Núcleos en un parche - Efecto del área Interior:

Se refiere a aquellas áreas dentro de un fragmento que no se ven afectadas por el efecto del borde, donde la influencia de la actividad del hombre y del cambio climático es menos evidente.

Este índice trata de establecer un valor de área interior, donde se requiere especificar la distancia del borde hacia el interior del parche (McGarigal y Marks 1995).

Este proceso se realiza con la herramienta Patch analysis del Arcgis, teniendo la capa de cobertura de Bosques y otros árboles obtenida del procesamiento de la imagen se le aplica la función crear núcleo, solo para este estudio se tomó como distancia del borde hacia adentro 20 m (Ver Figura.16), pero realmente este valor depende de la especie a la cual se le está analizando su hábitat, muchos autores recomiendan para garantizar la conservación de las condiciones del hábitat tomar valores mayores a 70m.

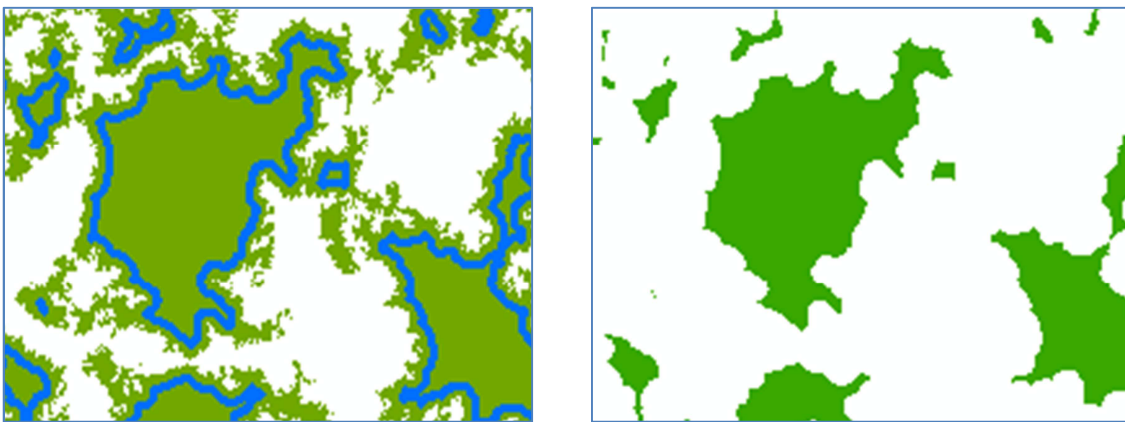


Figura.16 Vista Arcgis Modulo Patch Analyst. Izquierda Cobertura Bosque y otros árboles con rango distancia 20 m. Derecha Núcleos de los parches generados.

El resultado de este proceso genera que los fragmentos o parches de análisis sean al final menos y con menor área, quedando los núcleos que por área y forma garantizan unas mejores condiciones para el hábitat de las especies.

8.2.2 Conectividad del Paisaje

Duque et al. 2003, lo definió como el grado en el cual el paisaje facilita o impide el movimiento de los organismos, y por tanto la dispersión de las especies, entre fragmentos. La conectividad permite unir dos fragmentos naturales o áreas protegidas separadas, a través de corredores. Visualmente se ve que el área como tal presenta una alta conectividad en lo que respecta a la cobertura de bosques y otros árboles, dada la poca distancia que existe entre cada parche.

Verificando el valor que arrojo el Índice proximidad media (**MPI**), que representa el grado de conectividad y fragmentación entre parches de una determinada clase. Se encontró que este es muy alto lo cual indica que es un paisaje no muy fragmentado y poco aislado (Ver Tabla 6), teniendo en cuenta que la escala de

medición va desde cero para los muy fragmentados, y valores altos hasta infinitos para los paisajes menos fragmentados y poco aislados. Para el cálculo de este índice el sistema utiliza el estadístico del vecino más cercano con un buffer de 1000.

Tabla 6. Métricas del Paisaje - Conectividad

CLASE	MPI	MNN
Bosque Y otros Arboles	17708322	193

8.2.3 Modelación de Áreas de Conectividad Espacial

Dada la conectividad que arroja la cobertura en esta zona se podría definir esta como un zona de corredor biológico, pero hay que tener en cuenta que no solo la cobertura define una zona de conectividad; hay otros parámetros que definen esa estructura dentro de un paisaje, para autores como Mujica de la Guerra M. et al. 2002, la funcionalidad de conectividad de los fragmentos está íntimamente ligada a su tamaño y su forma.

Otros autores como Remache et al, 2004, establecen que la conectividad de un paisaje está definida por varios parámetros, biofísicos, ecológicos y androgénicos, ósea las variables que brinden unas condiciones adecuadas para una especie determinada.

Para el presente estudio Los parámetro que se tuvieron en cuenta para definir posibles áreas de conectividad del paisaje además de la cobertura de bosques y otros árboles, son la Altitud (Pendientes), y la intervención del hombre con la presencia de Vías e Infraestructuras.

Con estos parámetros y utilizando el Arcgis módulo de Spatyal analys se hace un análisis de costos menores el cual consiste en diseñar la ruta más corta que conecte la mayor cantidad de fragmentos y que según la especie cumpla unas condiciones específicas como son zonas con pendientes que no sea muy empinadas que faciliten el desplazamiento, además las infraestructura, viviendas y las vías deben estar alejadas de la zona de protección o corredor, para que haya poca intervención del hombre en el hábitat.

Para poder llegar al análisis superficies de costos menores se utilizó un herramienta como es el cálculo de distancias Euclidianas: Distancia euclidiana se calcula desde el centro de la celda de origen hasta el centro de cada una de las células circundantes para cada parámetro o variable. Después de definir cada distancia euclidiana para cada variable se debe realizar a una reclasificación de valores con iguales rangos que faciliten el análisis final entre todos.

Cobertura de Bosque y otros Árboles.

Dentro del análisis El dataset de Bosques y otros árboles, se encuentra en su forma original, no es necesario establecer distancias euclidianas ni reclasificación de valores, ya que este solo se está trabajando con un clase de cobertura, toda va tener el mismo valor

Altitud – Pendientes.

Se generó el mapa de pendientes para la zona de trabajo, este se realizó con el módulo 3D Analyst del Arcgis a partir de las curvas de nivel. Se hizo con parámetro de porcentaje y se definió una reclasificación de valores con 8 rangos, siendo las menores las de valor uno. (Ver Figura.17)

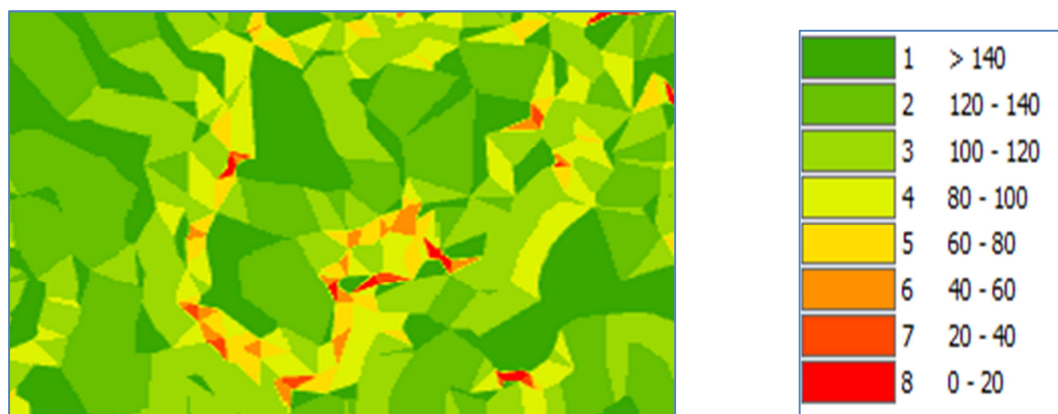


Figura.17 Vista Arcgis Modulo 3D Analyst Mapa de Pendientes por porcentajes. Derecha Valores de reclasificación asignados para las pendientes.

Vías y Caminos e Infraestructura.

Los vectores son producto de la clasificación de la imagen inicial, para el análisis final se realiza el cálculo de distancias Euclidianas (Ver Figura 18), pues es claro que tanto las vías como la infraestructura deben estar alejadas de las zonas de corredores, para que la intervención humana sea escasa.

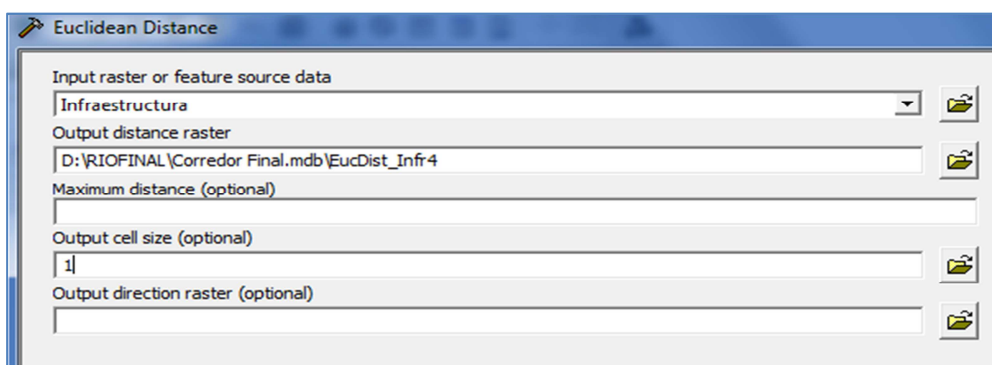


Figura. 18 Aplicación Proceso Distancias Euclidianas

Para ambos dataset obtenidos se hizo la reclasificación de rangos, manejando el mismo número de valores 8, para todas las capas, de tal manera que se facilite el análisis final. (Ver Figura. 19)

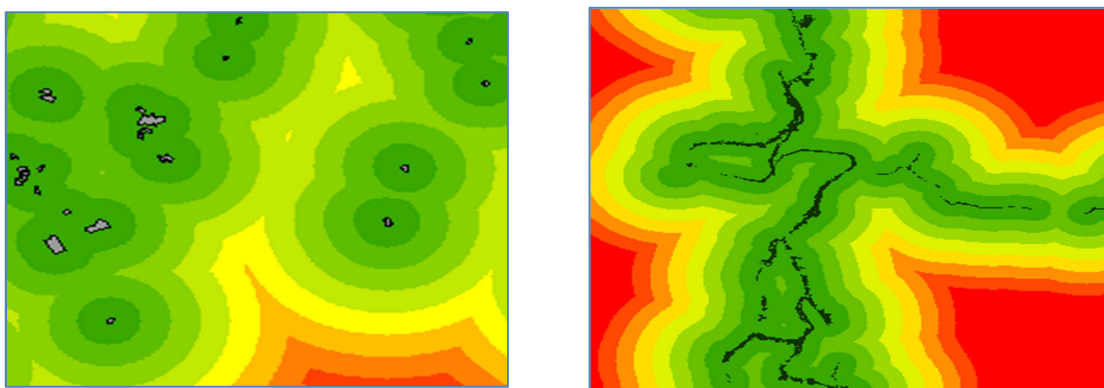


Figura. 19 Resultado Cálculo de distancias Euclidianas y Reclasificación. Derecha Distancia de viviendas. Izquierda Distancias de Vías y Camino

Seguidamente después de obtener cada dataset reclasificado para cada variable, ya se puede hacer la combinación con todos para al final poder obtener las superficies de costos menores para obtener las áreas de conectividad espacial.

Para hacer la combinación se hace una ponderación de valores con la herramienta Superposición Ponderada (**weighted Overlay**) de la opción superposición (**Overlay**) del Spatial analyst. Allí inicialmente se analizan 3 parámetros a los que se les da la misma importancia y por eso se les da un valor de influencia equivalente; para las pendientes se coloca como restringido los valores 1,2,3 que representan las más altas pendientes que no son adecuados para movilidad de las especies, para las vías y construcciones se restringen los valores menores que representan mayor cercanía a las áreas de corredores.(Ver Figura 20)

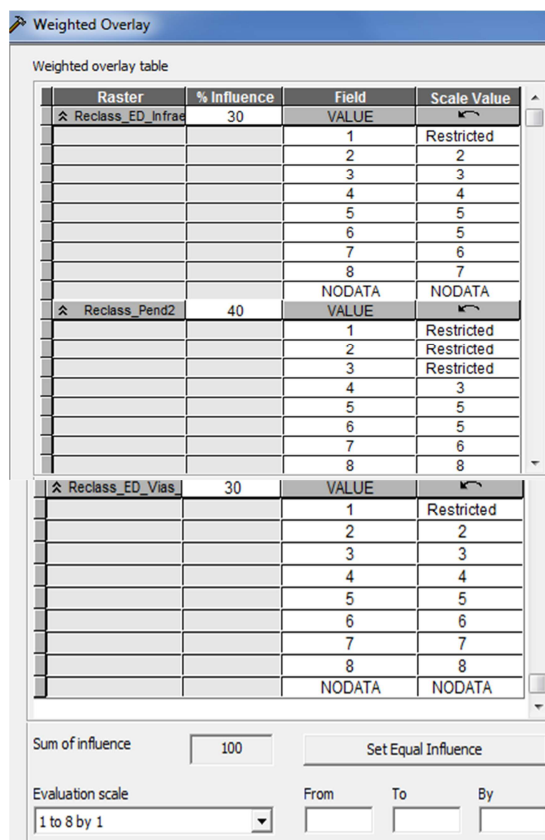


Figura.20 Superposición Ponderada (weighted Overlay)
Dataset Infraestructura, Pendientes; Vías y caminos

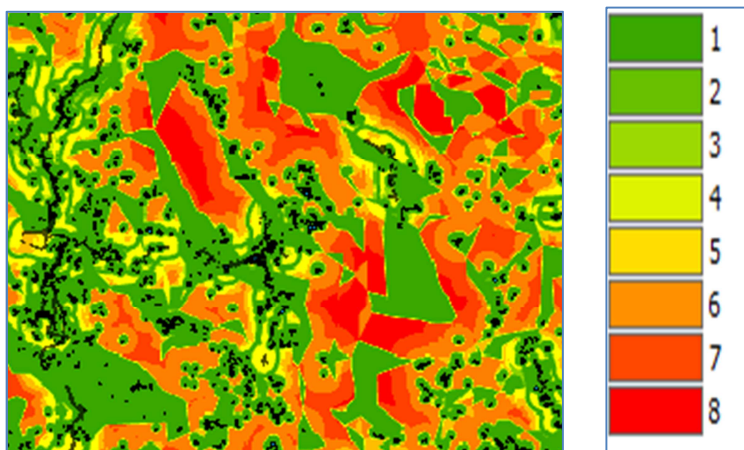


Figura.21 Dataset resultante Superposición Ponderada (weighted Overlay)
Dataset Infraestructura, Pendientes; Vías y caminos

Los valores más altos indican sitios más adecuados: áreas que se encuentran en pendientes menos empinadas, y más lejos a Construcciones y Vías (Ver Figura 21)

Para terminar el proceso y teniendo en cuenta que la cobertura de bosques y otros árboles deben tener más peso en el momento de hacer el análisis, se dejó para combinarla con el dataset final producto del primer proceso. Al dataset de bosques y otros árboles se le dio un peso del 80 %, mientras que para el otro dataset se le dio un 20 %.

Para el Dataset producto del primer proceso durante el análisis se restringen los primeros 4 rangos, que son los menos adecuados, mientras que para el dataset de Bosque y otros árboles se coloca sin restricciones ya que es la base del análisis (Ver Figuras 22 y 23)

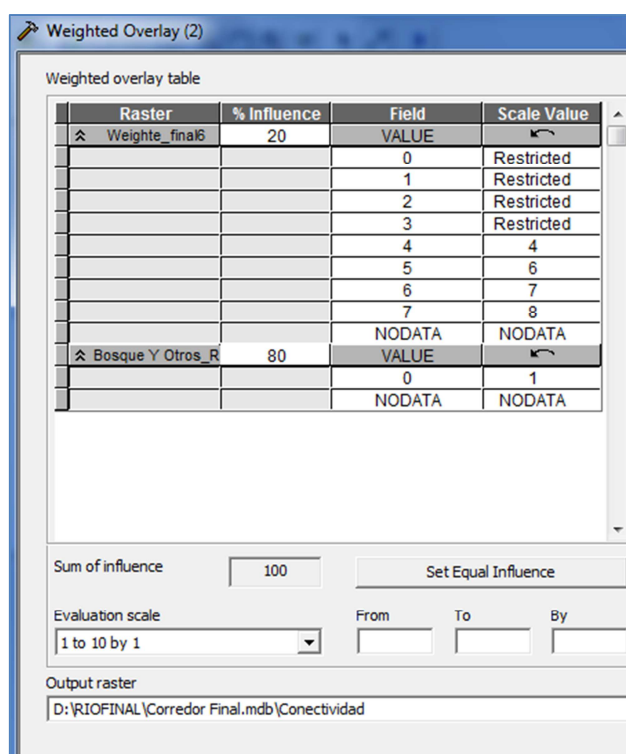


Figura.22 Superposición Ponderada (weighted Overlay)
Dataset Weight final y Bosques y otros arboles

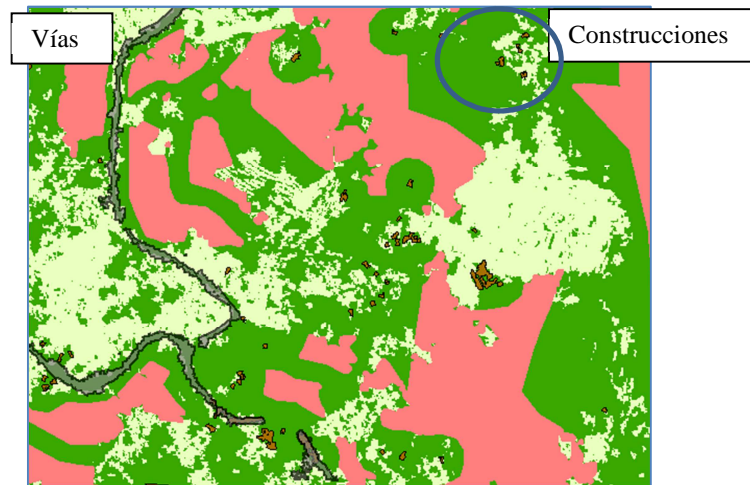


Figura. 23 Final del análisis de Costo menor- relación espacial áreas potenciales de conectividad ambiental (color rosa), con las vías, construcciones y Cobertura de bosque y Otros árboles.

Al final del proceso se obtiene un Mapa de Conectividad (Ver Figura 26 y Anexo 3), muestran las áreas de baja resistencia o costo menor para el desplazamiento de una especie en el Paisaje. Son las áreas que son viables o aptas para generar potenciales corredores ambientales teniendo en cuenta que cumplen unas condiciones específicas que en general favorecen el entorno, el hábitad y la supervivencia de una determinada especie.

El presente estudio que no obedecía a un análisis para una especie identificada específica, es un ejercicio de aplicación general, se obtuvieron áreas con las siguientes características;

- Zonas con pendientes que no superaran los 45 grados
- Áreas de potenciales alejadas de los caseríos o construcciones en más de 20 m para evitar intervención humana
- Vías distanciadas en más de 20 m de las zonas para evitar mortandad de algún individuo.
- Todas las áreas obtenidas corresponden Cobertura de Bosque y Otros árboles, que es el principal factor de conectividad
-

Para la creación del Modelamiento de la Conectividad se creó una herramienta en el ArcToolbox con el Modulo Model Builder, dentro de la herramienta se creó el Modelo llamado Conectividad de Bosques (Ver Figuras 24 y 25)

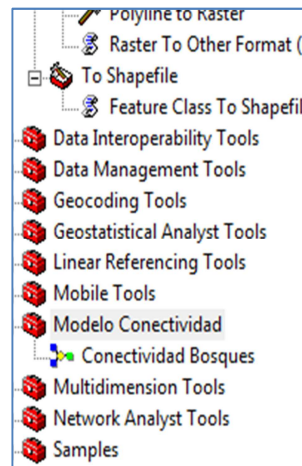


Figura.24 Herramienta creada en Arctoolbox – Modelo de Conectividad y Modelo Conectividad de Bosques

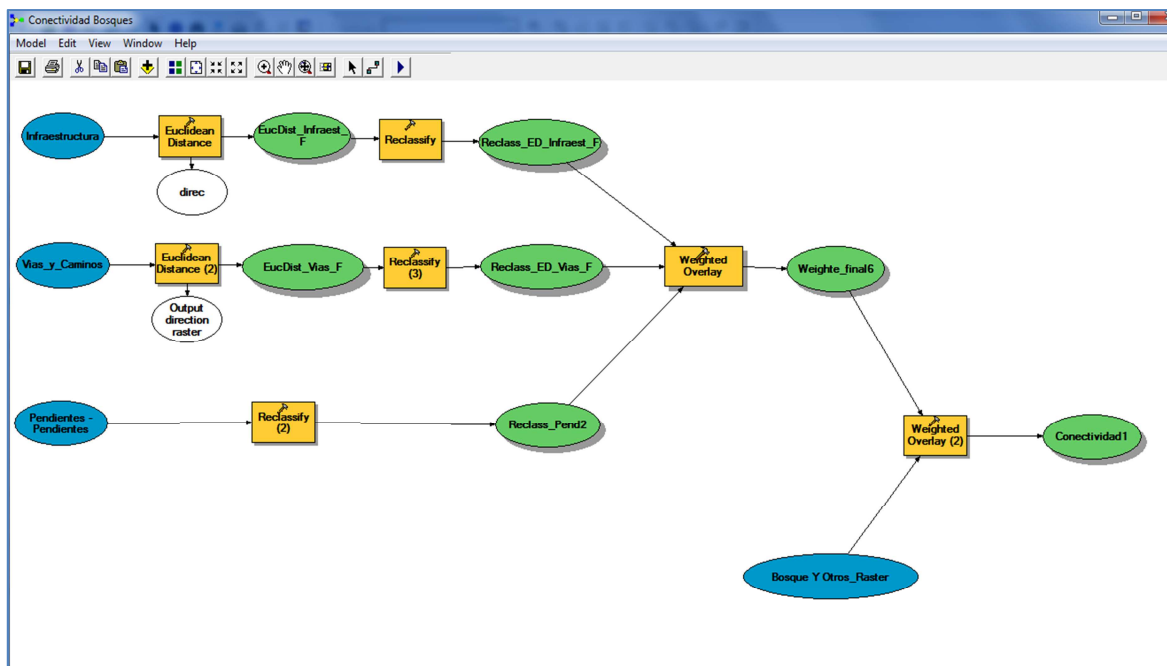


Figura.25 Vista Modelo diseñado con Model Buidr - Conectividad de Bosques y Otros Arboles

Es claro que para un estudio más detallado en el análisis se pueden incluir todo tipo de variables que sean importantes para una determinada especie, además los criterios o condiciones para cada variable serán más exacta o más críticas;

Ejemplo de Estudios más detallados realizados es el de Isaac, 2006, en su tesis plantea un Modelo de conectividad para la especie Tapir de la montaña, establece no solo el análisis de costo menor sino que define unos posibles corredores teniendo en cuenta que previamente ha realizado un seguimiento a la especie en cuestión y conoce las características del hábitat más adecuado, además espacialmente en el paisaje de estudio identifica dos grandes áreas de protección que le sirven de punto de inicio y final para la definición de los posibles corredores ambientales.