



**Universidad
del Cauca**

**ANALISIS DEL PAISAJE Y DE SU INFLUENCIA SOBRE LA
REGENERACION DEL ROBLE (*Quercus humboldtii*),
EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN**

ALEXANDER CABEZAS GAVIRIA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL
POPAYÁN
2008**



**Universidad
del Cauca**

**ANALISIS DEL PAISAJE Y DE SU INFLUENCIA SOBRE LA
REGENERACION DEL ROBLE (*Quercus humboldtii*),
EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN**

Trabajo de Grado

Como requisito

Para optar al título de Ingeniero Forestal

ALEXANDER CABEZAS GAVIRIA

Director:

ROMAN OSPINA MONTEALEGRE

Codirector:

NIXON CORREA MUÑOZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL

POPAYÁN

2008

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a toda mi familia principalmente a mi papa y mi mamá por su apoyo incondicional. A mi director el Ingeniero Román Ospina, persona que me brindo tiempo, apoyo, interés y una gran colaboración constante. A mi asesor Nixon Correa por despertar mi interés hacia el SIG y compartir conmigo todo su conocimiento. A los jurados: Juan Pablo Paz y Hernando Vergara por sus correcciones y sugerencias a este trabajo, a todos los profesores de Ingeniería Forestal, que siempre estuvieron atentos a prestarme su ayuda, a los compañeros que me colaboraron en el levantamiento de las parcelas.

A la Fundación Natura quien brindó su apoyo logístico y financiero para el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

Se determinó el patrón del paisaje de tres zonas diferentes con presencia de Roble, ubicadas en el municipio de Popayán (Clarete, Rejoja y Pisoje), para la clasificación de los usos del suelo se utilizaron dos imágenes Landsat de diferente año, para este proceso se tuvo en cuenta los polígonos mayores a 1.5 ha, después de categorizar las coberturas inscritas en los tres Paisajes se calcularon las variables cuantitativas de estos mediante el Patch Analyst; para describir su estructura se utilizó: el número de parches, área promedio, el índice de forma, la dimensión fractal y la relación perímetro/área; para evaluar la dispersión y fragmentación se utilizaron tres índices: el de distancia media al vecino más próximo, de proximidad media y el de dispersión/adyacencia. Se registraron las variables de comunidad, donde para su ubicación se tomó un punto en los Bosques de Roble de cada Paisaje y a partir de este se levantó una parcela de 3600m², estas variables fueron el área Basal, pendiente, porcentaje de Luz y densidad de regeneración. Con la información registrada a nivel de Paisaje y de comunidad, se realizó un análisis de componentes principales, obteniendo que los dos primeros componentes explicaron el 91,4 por ciento de la variabilidad de los datos; los dos componentes estuvieron determinados en mayor proporción por variables del Paisaje y en menor medida por factores propios de Comunidad; posteriormente se realizó un análisis de correlación y la prueba no paramétrica Kruskal Wallis, a partir del cual se determinó que las variables de mayor incidencia sobre la regeneración de roble fueron la distancia al vecino más próximo en parches de Bosque Secundario, índice de proximidad media en parches de Bosque de Roble y el índice de Yuxtaposición en parches de Bosque Plantado.

ABSTRACT

Landscape patterns for three (3) different zones with (Oak tree) Roble presence Clarete, Rejoja and Pisoje, in Popayan locality were determined. Two Landsat images from different years and polygons with areas equal or greater than 1.5 hectares were used in land usage identification. Patch Analyst software was ran in order to determine quantitative variables. Structure description was done by means of data concerning number of patches, mean patch size, mean patch index, mean patch fractal dimension and the mean perimeter-area ratio. Dispersion and fragmentation were evaluated with three indexes: mean nearest neighbour distance, mean proximity index, interspersion juxtaposition index. Community variables were registered, and located as a point in oak tree forests for each landscape studied, using this as a basis worked in field registering community variables refers to basal area, terrain slope, light porcentaje and regeneration density. Information registered about landscape and community, allowed to conduct an analysis of main components, this analysis showed that the two first components explained 91.4% of data variability, and that they were determined in a major proportion by landscape variables and in lesser degree by community own factors. A correlation analysis and Kruskal Wallis test were

conducted, this analysis showed that the variables of major concern over oak tree regeneration were the neighbor distance in secondary forest patches; mean proximity index in oak tree forest patches and juxtaposition index in patches of planted forest.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEORICO	3
1.1 Aspectos generales del Roble	3
1.1.2 Descripción Botánica	4
1.2 Regeneración Natural	4
1.3 El Paisaje	7
1.3.1 Ecología del Paisaje	7
1.3.2 Elementos del Paisaje	8
1.3.3 Caracterización del Paisaje	9
1.4 Cobertura del suelo	10
1.5 Los niveles de integración del paisaje	11
1.6 Estudios de caso en el trópico	11
2. OBJETIVO GENERAL	12
3. METODOLOGIA	13
3.1 Descripción del área de estudio	14
3.2 Desarrollo del trabajo.	15
3.2.1 Consecución y Análisis de Información Cartográfica	15
3.2.1.1 Digitalización de Cartografía.	15
3.2.1.2 Clasificación no supervisada	15
3.2.2 Corroboración en Campo	16
3.2.3 Maquetación Final y selección de Parcelas de muestreo.	17
3.2.4 Medición de Variables	17
3.2.4.1 Selección de la muestra de las Parcelas de Regeneración	17
3.2.4.2 Levantamiento de las Parcelas de Regeneración	19
3.2.4.3 Principales Variables para cuantificar el Paisaje	20
4. RESULTADOS	21
4.1 Composición y superficies de los parches paisajísticos	21
4.2 Estructura de los Paisajes	26
4.2.1 Número de Parches	27
4.2.2 Tamaño	27
4.2.3 Forma	28
4.2.4 Dimensión Fractal	29
4.2.5 Índice al vecino más próximo.	30
4.2.6 Índice de Proximidad Media.	31
4.2.7 Índice de Yuxtaposición.	32
4.3 Diversidad de los Paisajes	33
4.4 Regeneración de roble	34
4.5 Análisis del efecto del paisaje sobre la regeneración de roble	35
4.5.1 Variables a nivel de sitio.	35

4.5.2	Relación entre variables del paisaje y variables a nivel de comunidad	36
5.	DISCUSIÓN.	38
6.	CONCLUSIONES	41
7.	RECOMENDACIONES	43
	BIBLIOGRAFIA	

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura No 1	Localización de la zona de estudio	13
Figura No 2	Forma de la parcela cuadrada de 400 m ²	19
Figura No 3	Composición del paisaje de 25 Km ²	22
Figura No 4	Representación de las diferentes coberturas en relación al área total y número de parches.	25
Figura No 5	Relación del área promedio y el número de Parches	26
Figura No 6	Comparación del porcentaje del área, de cada cobertura inscrita	26
Figura No 7	Número de Parches de Bosque de Roble y Bosque Plantado	27
Figura No 8	Clasificación según el índice de Forma de los Parches de Bosque Secundario	28
Figura No 9	Relación del área y la dimensión Fractal de los parches de Bosque Secundario	29
Figura No 10	Índice al vecino más próximo según las diferentes categorías	30
Figura No 11	Índice de proximidad media según las diferentes categorías	31
Figura No 12	Índice de Yuxtaposición según las diferentes categorías	32
Figura No 13	Índice de la diversidad paisajística	33
Figura No 14	Representación Gráfica de los valores de los casos en el espacio de las componentes principales	36

LISTA DE TABLAS

Tabla No 1	Descripción de las categorías de clasificación	Pág. 16
Tabla No 2	Resultados de la densidad de regeneración y el área basal	18
Tabla No 3	Porcentaje del área de cada uno de los usos del suelo	23
Tabla No 4	Clasificación del tamaño de los parches de Bosque de Roble	27
Tabla No 5	Estadística descriptiva de los resultados de las variables de sitio	34
Tabla No 6	Modelos de regresión para cada Paisaje	35

LISTA DE ANEXOS

		Pág.
Anexo No 1	Flujograma de la metodología del trabajo.	48
Anexo No 2	Datos de las variables de sitio	49
Anexo No 3	Matriz de Correlación de Pearson	50
Anexo No 4	Variables de Paisaje	51
Anexo No 5	Gráficas de Regresión	52
Anexo No 6	Clasificación de la forma de Fragmentos del Bosque de Roble	53
Anexo No 7	Análisis de Componentes Principales	54
Anexo No 8	Coefficiente de correlación de Pearson entre las variables de Paisaje y la densidad de Regeneración del Roble (<i>Quercus humboldtii</i>)	55
Anexo No 9	Fisiografía de las Parcelas de Regeneración	57
Anexo No 10	Formulario de Campo.	58

INTRODUCCIÓN

La transformación de los bosques húmedos tropicales que resulta de las actividades humanas es una de las principales causas por las que la diversidad biológica se está perdiendo en el mundo (Kattan 2002.). Por otra parte, la diversidad ecológica contiene una serie de valores ecológicos, éticos, estéticos y económicos, que la establecen como elemento esencial para el desarrollo sostenible de nuestras sociedades. Sin embargo la continua presión antrópica sobre los recursos naturales del planeta ha venido alterando los hábitat y favoreciendo la extinción en masa de un gran número de especies (Hannah y Bowles citados por Bravo y Cabello, 2003). Las interacciones entre plantas y polinizadores son vulnerables a las actividades productivas de los humanos, las actividades que reducen la cobertura, aíslan o alteran un hábitat inciden de manera directa en la persistencia de las especies ya sea por la relación que exista entre los agentes polinizadores y la facilidad de su regeneración. (Murcia, 2002).

La fragmentación es un fenómeno que consiste en la reducción de grandes áreas de bosque continuo a mosaicos conformados por parches de bosque de diversas formas, inscritos en otros usos del suelo distintos a él. Esta tiene muchas definiciones, pero para algunos es un proceso similar al del aislamiento biogeográfico, en el cual y después de haberse producido la extinción local de alguna especie, la probabilidad de recolonización depende fuertemente de la distancia entre los fragmentos, de las características particulares del área del núcleo y de la calidad del hábitat que le rodea (Forman y Godron citados por Romero, 2005). La fragmentación puede tener un efecto negativo sobre el sistema al generar cambios en la abundancia y en la composición de la oferta floral, y en la estructura reproductiva de las poblaciones de las planta (Murcia 2002).

Forman (1995) destaca diversos procesos de transformación del paisaje, dentro de los cuales la fragmentación del hábitat es uno de los más importantes. Sus efectos espaciales como la variación del tamaño, el número de parches, su forma, dimensión fractal, conectividad y aislamiento, entre otros, inciden sobre numerosos procesos ecológicos.

Estos cambios en el paisaje pueden ser causados por procesos naturales o antrópicos; los producidos por la intervención humana pueden ser planificados o no, la urbanización, la deforestación, el desarrollo de la agricultura, la desertización y la reforestación son algunos de estos. (Forman y Collinge citados por Marrubio, 2004)

La caracterización del paisaje desde el punto de vista de su estructura, diversidad y composición permite determinar las tendencias o patrones del paisaje, asunto que resulta importante para la conservación de los bosques, dado el efecto que puede llegar a tener sobre algunos atributos de su biodiversidad. Algunos estudios han demostrado que muchos de los procesos ecológicos que suceden en áreas específicas pueden estar determinados por factores externos al área de interés (Finegan citado por Smith et al, 1997).

La regeneración es la fase final del proceso reproductivo de los árboles donde esta se puede considerar como una serie de fases consecutivas, las cuales comprende la fenología de la floración, los sistemas de polinización y fecundación, los procesos de dispersión de frutos y semillas, la latencia o dormancia de las semillas y la germinación de las mismas. La regeneración corresponde al establecimiento de las plántulas y su mantenimiento dentro de un ambiente en donde ellas pueden crecer hasta convertirse en árboles sexualmente maduros (Melo y Vargas 2003).

El presente trabajo de investigación pretendió establecer la relación entre las características del paisaje y la regeneración del roble (*Quercus humboldtii*); de igual manera contribuir al conocimiento sobre el proceso de regeneración y sobrevivencia de esta especie en relación con el entorno paisajístico.

1. MARCO TEORICO

1.1 Aspectos generales del Roble

Se conoce como roble, a un extenso numero de árboles de madera dura del genero *Quercus*, distribuidos desde el sur de Texas en los Estados Unidos hasta Esmeraldas en Ecuador y que constituyen el elemento central del bosque mediterráneo (Kappelle citado por Solano *et al* 2005) . El género *Quercus* incluye aproximadamente 800 especies frecuentemente no bien diferenciadas entre sí y con una gran facilidad para hibridarse. *Quercus humboldtii* es una especie típica del bosque heliófito que se encuentra asociado especialmente a especies que se encuentran en las formaciones de bosque muy húmedo montano bajo (bhm - MB), bosque húmedo montano bajo (bh – MB) y bosque húmedo montano (bh - M) (Escobar y Fandiño, citados por Agudelo y Ramirez, 2000). *Quercus humboldtii* se conoce a partir del crétaceo superior y su origen se considera como holártico, durante el crétaceo ocupó áreas de lo que hoy corresponde al norte de sur América y centro América (Van der Hamen & Gonzáles, citados por Solano *et al*, 2005), al parecer esta especie se restringe a solo Colombia y Ecuador debido a una desaparición de *Quercus* en una vasta área de los andes con posterioridad al crétaceo superior.

De acuerdo con Agudelo y Ramirez (2000) en Colombia el roble (*Quercus humboldtii*) se encuentra en Nariño, Boyacá, Huila, Santanderes, Antioquia, Caldas, Cauca, Caquetá, Cundinamarca, Risaralda, Tolima; ; Crece formando asociaciones bastante homogéneas, conocidas como robledales o rodales en varias zonas del país, reportándose desde los 1500 m hasta altitudes de 3000 msnm. En el pasado los bosques de roble cubrieron una gran parte de la cordillera de los andes ; En la cordillera Oriental, posiblemente desde Arcabuco (Boyacá) hasta el salto del Tequendama (Cundinamarca) y también en la región del Huila (San José de Isnos); en la cordillera Central, en El Macizo de Almaguer, Santa Rosa y San Andrés (Antioquia), y la cordillera Occidental con las regiones de Pasto, Popayán y Cali.

Los Robles colombianos son una especie de alta tolerancia ecológica, lo que les permite crecer sobre diferentes tipos de suelos, desde los medianamente fértiles y profundos, hasta degradados y casi estériles; sin embargo, prospera mejor en suelos poco profundos, con gruesa capa de humus y relativamente sueltos (Devia y Arenas, 2000)

Las condiciones climáticas en las que se encuentra el Roble son variadas, siendo óptimo para su desarrollo una temperatura de 16 a 24 °C, con promedios de lluvias entre 1.500-2.500 m.s.n.m. anuales y soportando una humedad relativa del 40 al 70% (Barreto y Avila, citados por Devia, 2000).

El roble por tener una buena madera para la fabricación de muebles y en la realización de carbón ha sufrido una fuerte presión, agravado por la ampliación de la frontera agrícola y cambio de suelo para ganadería extensiva. Estos factores han incidido en la disminución en área de los robledales, la cual es menor a medida que pasan los años.

1.1.2 Descripción Botánica:

Árbol de gran porte, hasta de 40 m de altura aproximadamente, con o sin raíces tabloides; ramificaciones profusas desde la base, o bien fuste recto, corteza inicialmente lisa y luego exfoliable, de color negruzco; madera dura y pesada, resistente a la pudrición en contacto con el suelo, de color amarillo oscuro y de densidad 0.9 a 1.0 g/cm³ ; copa globosa y densa con presencia de yemas vegetativas de posición lateral; hojas de tamaños muy variables, simples, alternas, lanceoladas; frutos en nuez redondeada, leñosa blanquecina de 2 a 4 cm de largo y de 2 a 2.5 cm de ancho (Huertas citado por Pardo y Chiquillo, 2005)

1.2 Regeneración Natural.

Los estudios de regeneración natural tienen un interés a la vez científico y técnico. Permiten comprender cómo se conserva o transforma la composición florística de los bosques. (Rojas, 2002).

La dispersión de semillas y el establecimiento de plántulas representan los estados más críticos y sensitivos en la historia de vida de las plantas y constituyen, a su vez, procesos claves que determinan la estructura espacial de sus poblaciones. Sin embargo, la dispersión de semillas ha recibido mayor atención por ser el punto de partida de la colonización y del avance de las dinámicas de la regeneración natural, también la dispersión de semillas implica el movimiento del flujo de semillas de una planta reproductiva (lluvia de semillas) lejos de la planta parental. Una vez estas semillas provenientes de una sola planta tocan un sustrato destino (suelo u otros árboles) a través de un agente de dispersión, constituyen la sombra de semillas (seed shadow). El patrón espacial de las semillas dispersadas en un área dada o patrón de dispersión de semillas, resulta de la suma de las sombras de semillas, producidas por cada una de las plantas reproductivas disponibles en el área. (Esquivel, 2005)

El proceso de dispersión de la semilla del roble es principalmente por barocoria; como es obvio, en pendientes y laderas es más eficiente, ya que la bellota rueda hacia las hondonadas que son ideales para su germinación (Solano y Vargas, 2006). Aunque al *Quercus humboldtii*, Holdridge lo define como una especie típica del bosque heliófito, esta tiene estrategias de regeneración de las especies hemiesciófitas. Es característico de las hemiesciófitas la capacidad de reproducirse con éxito dentro del bosque, sin embargo la tolerancia a la sombra de las plantas jóvenes está limitada en tiempo y en caso de que la fotolepsis o cantidad de luz recibida no sea aumentada a más tardar después de algunos años, éstas perecen (Lamprecht, 1990). Lo que respalda a la investigación de Pabón citado por Agudelo & Ramirez (2000), en los boques de la Sierra (Boyacá) donde concluye que la germinación de la semilla tiene lugar sin dificultad alguna bajo la sombra de los árboles y los brinzales se desarrollan satisfactoriamente a plena sombra, pero después por falta de luz y la competencia con la vegetación menor, una gran parte de las plantas mueren. Por lo tanto la luz solar es muy importante para esta especie en las primeras etapas de crecimiento. Las plántulas y arbolitos hasta de 5 m. de altura muestran gran avidez por la luz, que debe ser alternada con periodos prolongados de sombrío; en la madurez presenta exigencias más

grandes respecto a este factor lo que hace que el Roble llegue a dominar todas las demás especies que compiten con él, haciéndolo más exitoso para ganar las alturas y satisfacer sus requerimientos. Los bosques de Robles maduros se caracterizan por dominar en número y altura en el estrato emergente y en el arbóreo codomina con especies en especial Gaque (*Clusia sp.*) con las que mantiene competencia por alcanzar la luz. En las etapas tempranas, compete activamente con matorrales y malezas. (Devia y Arenas, 2000).

El patrón de dispersión de semillas en el paisaje es entonces el resultado de la interacción de los agentes dispersores con las plantas adultas fuentes de semilla y de la estructura de la vegetación aledaña., estas características en un área dada determinan la capacidad de recuperación de la vegetación natural frente a perturbaciones naturales o antrópicas.(Esquivel, 2005). Los frutos y semillas de *Q. humboldtii* son dispersados por ardillas, aves medianas y aves grandes, tal como el carpintero de los robles (*Melanerpes formicivorus*) (Paz y Palacio, 2000), por lo que la fauna asociada a los robledales puede desempeñar un papel importante en la dispersión de semillas, aunque sea posible que sean predadores más que dispersores, también las especies como *Alouatta seniculus*, *Sciurus granatensis*, *Cuniculus taczanowskii*, junto con pavas y loros, son señalados como los potenciales dispersores (Solano y Vargas, 2000).

El patrón de distancias recorridas por los polinizadores tienen una distribución típicamente leptocúrtica: es decir la mayoría de los vuelos entre plantas tienen lugar entre distancias muy cortas y un menor número de vuelos tiene lugar entre distancias más largas. (Levin & Kerster citados por Murcia, 2002)

En áreas perturbadas, como pastizales abandonados por ejemplo, la cantidad de semillas dispersadas por animales en el pastizal disminuye drásticamente a más de 5 m del borde de bosque (Holl 1999 citado por Herrerías y Benítez , 2005). Los árboles del bosque neotropical pueden ser particularmente propensos a sufrir extinciones locales cuando su hábitat está fragmentado. Las poblaciones reproductoras presentan por lo general, una densidad baja y una posible ruptura con los polinizadores y dispersores frugívoros podrían

tener grandes consecuencias (Nason, 2002). Si el movimiento de los vectores polinizadores se ve truncado por la fragmentación, los bosques remanentes van a terminar convertidos en unidades genética y demográficamente aisladas, con poblaciones de un tamaño efectivo muy pequeño.

1.3 El Paisaje.

El paisaje ha sido empleado a lo largo del tiempo con muy diversos significados; por ejemplo a nivel de planificación de los usos del territorio, Claver *et al* (1982) comentan que el paisaje se contempla como un elemento comparable al resto de los recursos (vegetación, suelo, fauna) y ello exige considerarlo en toda su amplitud. Se entiende entonces que posee unos valores propios (estéticos, naturales, histórico- culturales) que pese al inherente componente perceptual son de incuestionable objeto de protección y preservación. Gómez citado por Pascual (2002), justifica la inclusión del paisaje en los estudios de planificación, atendiendo a la categoría de recurso natural que el mismo ha alcanzado, debido a que se ha convertido en un elemento natural escaso como consecuencia de la presión humana sobre el medio ambiente. En este mismo sentido (Villarino citado por Pascual, 2002) añade que el paisaje es un recurso difícilmente renovable y fácilmente depreciable y en consecuencia, los propios atributos del paisaje se convierten en recurso para el hombre, como elementos de potencial gestión y/o explotación.

Forman y Godron citado por Forman (1995) consideran que el paisaje es un área de tierra espacialmente heterogénea compuesta de un conjunto o grupo de ecosistemas que interactúan de manera similar a lo largo de ese territorio.

1.3.1 Ecología del Paisaje

En la presente investigación se desarrollarán los análisis basados en principios de la ecología del paisaje. El término ecología del paisaje abarca dos conceptos que por sí mismos, y por sus implicaciones, provienen de un desarrollo científico que tuvo que

reafirmarse frente a la especialización y a las divisiones constantemente crecientes dentro de la investigación, con la consecuente orientación hacia el tratamiento analítico de procesos naturales (nuevos y ya establecidos) y también frente a la visión sintética de los mismos. (Sheibner, 2003).

La primera escuela de la Ecología del paisaje se desarrolla en Europa y la segunda en EU. La escuela Europea se enfocó en el manejo, planeación, evaluación de procedimientos de una transformación humana del paisaje, en EU se centró en la medición, en la cuantificación, y en la generación de técnicas estadísticas cuantitativas para el análisis del paisaje y de los organismos que lo ocupan. (Matteucci, 1998)

La ecología del paisaje investiga las interacciones entre los elementos naturales del paisaje y los patrones¹ actuales del uso de la tierra (cultivos, zonas de pastoreo, represas industriales) a escala regional, y tiene como finalidad conocer las afectaciones sobre la distribución y abundancia de las especies y sobre los procesos ecosistémicos del área objeto de la investigación (Forman, 1995).

1.3.2 Elementos del Paisaje:

Las unidades o elementos espaciales reconocibles en el mosaico del paisaje son los parches, corredores y el área de la matriz. Un parche es considerado la unidad elemental de un mosaico paisajístico, y puede estar compuesto por ejemplo por unos pocos milímetros de suelo rocoso cubierto por briofitas o por el contrario por miles de hectáreas de bosque de pinos (McGarigal y Marks, 1994). Varios autores (Forman y Godron; Farina, citados por Correa, 2000) definen los corredores como aquellos "elementos lineales del paisaje cuya fisionomía difiere del ambiente circundante; pueden ser naturales (ríos, crestas, pasos de animales, bosques de ribera) o culturales (carreteras, líneas de alta tensión, setos vivos entre campos de cultivos). Una matriz es un área extensa, altamente conectada y controla la

¹ Patrón: Configuración, dentro de un territorio dado, de los diversos fragmentos de relativa homogeneidad interna en cuanto a funciones ecosistémicas o usos de la tierra

dinámica del paisaje o región, de una manera similar encierra y afecta parches y corredores. Godron citado por Forman (1995) describe tres atributos: área, conectividad y control sobre la dinámica como los factores usados de manera segura para identificar una matriz. En el sentido biológico, la matriz es el medio en el cual cosas están sujetas o contenidas; una clase de estado de hábitat (destruido, modificado, no modificado) que forma la mayoría del paisaje. En paisajes intactos y variegados, el hábitat natural todavía forma la matriz, mientras en paisajes fragmentados y relictuales la matriz involucra hábitat destruido (McInyre y Hobbs citados por Correa, 2000).

1.3.3 Caracterización del paisaje.

La composición del paisaje está representada principalmente por la abundancia de fragmentos, donde hace referencia al número de fragmentos dentro de cada una de las categorías de cobertura ó uso del suelo. Para describir la estructura del paisaje es importante tener en cuenta los diferentes estadígrafos cuantitativos que hacen referencia al tamaño, forma y distribución espacial de los fragmentos (Burel y Baudry, 1995), como por ejemplo el número de Parches (**NUMP**) y área Promedio (**MPS**) de los diferentes parches a evaluar; estos son indicadores del grado de fragmentación paisajística del territorio, como medida de dispersión y caracterización se tomo la desviación estándar (**PSSD**). Otros índices miden la complejidad morfológica como el índice de forma (**MSI**) y la dimensión fractal (**MPFD**), el MSI es la suma de todos los perímetros de las manchas divididas por la raíz cuadrada del área de las manchas para cada clase (McGaril y Marks, 1994) su valor aumenta por encima de la unidad según la forma se aparta más del cuadrado o del círculo, en el segundo índice (MPFD), análogamente, las formas simples presentan valores que se aproximan a la unidad y aquellos con perímetros complejos se aproximan a dos (Recio *et al*, 2000), los índices de distancia media al vecino más próximo (**MNN**), índice de proximidad media (**MPI**) y el índice de dispersión/adyacencia de una mancha respecto al resto (**IJI**) son índices de dispersión y fragmentación, donde también dan cuenta de la estructura del paisaje, en lo que respecta a disposición de los elementos en el espacio. El MNN es un índice de proximidad, fundamentalmente se calcula a partir de las distancias

individuales que hay entre cada mancha de paisaje, el MPI mide el grado de aislamiento y fragmentación, paisajes con valores reducidos indican que se encuentran más fragmentados y aislados que paisajes con valores altos y el IJI se trata de otro índice de dispersión que presenta valores más altos cuando la dispersión entre las distintas manchas es más homogénea.

La diversidad Paisajística es la diversidad que tiene el paisaje respecto a su composición, medida que evidentemente depende de la escala de análisis. Esto significa que en una misma unidad paisajística se pueden identificar tantas categorías como lo permitan las fuentes de información, la escala, y los objetivos que se persigan. (Romero, 2004).

1.4 Cobertura del suelo

Un prerequisite para realizar el análisis del paisaje es identificar los tipos de cobertura de la tierra (MacGarigal y Marks, 1994). Se considera la cobertura de la tierra a las condiciones biofísicas observadas en la superficie de la tierra en un tiempo determinado (FAO citado por Rodríguez y Rosales, 2004). La interpretación geográfica de los diferentes tipos de cobertura de la tierra permite conocer los usos y actividades asociados.

Los sistemas de información geográfica (SIG) son sistemas computarizados que cubren diversos tipos de información, espacialmente explica acerca de un área. A menudo la información sobre una porción de paisaje es almacenada digitalmente y presentada de manera visual o gráfica y disponible para comparaciones y correlaciones de manera eficiente (Burrough 1986 citado por Forman, 1995) ,por lo cual constituyen una tecnología muy potente en el manejo y gestión de datos espaciales, donde todo SIG precisa, para su posterior manipulación, la creación de una base de datos geográficos obtenida mediante la digitalización de las variables de interés al problema tratado (Bosque et al ,1997).

En este contexto de la Ecología de Paisaje, la percepción remota se ha constituido en una herramienta importante para el análisis, facilitando y ampliando la representación, la

interpretación y el análisis de los datos espaciales). Su uso combinado con la tecnología SIG, ha permitido incrementar las posibilidades de tratar paisajes y regiones en forma integral, aportando en estas investigaciones una mejor planificación y manejo en su diagnóstico y transformación (Jonson citado por Marrubio, 2004)

1.5 Los niveles de integración del paisaje

La influencia de la escala en la discriminación de paisajes de distinta jerarquía espacio temporal es un tema central del análisis territorial. Al observar la Tierra a escalas muy pequeñas, desde el exterior del planeta, los componentes territoriales de mayor magnitud (morfoestructura y clima) son los únicos que se manifiestan en el paisaje y que controlan la organización del territorio, en tanto que los otros componentes que requieren mayor detalle para ser diferenciados (suelos, vegetación, fauna y usos) no se aprecian o sólo se consigue de ellos burdas generalizaciones que en ningún caso clarifican sus contenidos (Zonneveld citado por Romero, 1998).

1.6 Estudios de caso en el trópico

En Colombia Ospina y Cardona con el trabajo titulado Análisis del Paisaje y su Influencia sobre las características florísticas de los Bosques Dominados por *Guadua angustifolia* en el Eje Cafetero Colombiano, describieron las características cualitativas y cuantitativas del paisaje en seis localidades del eje cafetero, con el fin de establecer patrones asociados a los bosques dominados por *Guadua angustifolia* (guaduales), encontrando que las variables métricas de forma y tamaño mostraron diferencias significativas entre paisajes al igual que la configuración espacial de los parches. La composición y diversidad del paisaje también varió entre los seis sitios comparados.

2. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la influencia del paisaje sobre la regeneración del roble (*Q. humboldtii*) en el municipio de Popayán

3. METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDIO.

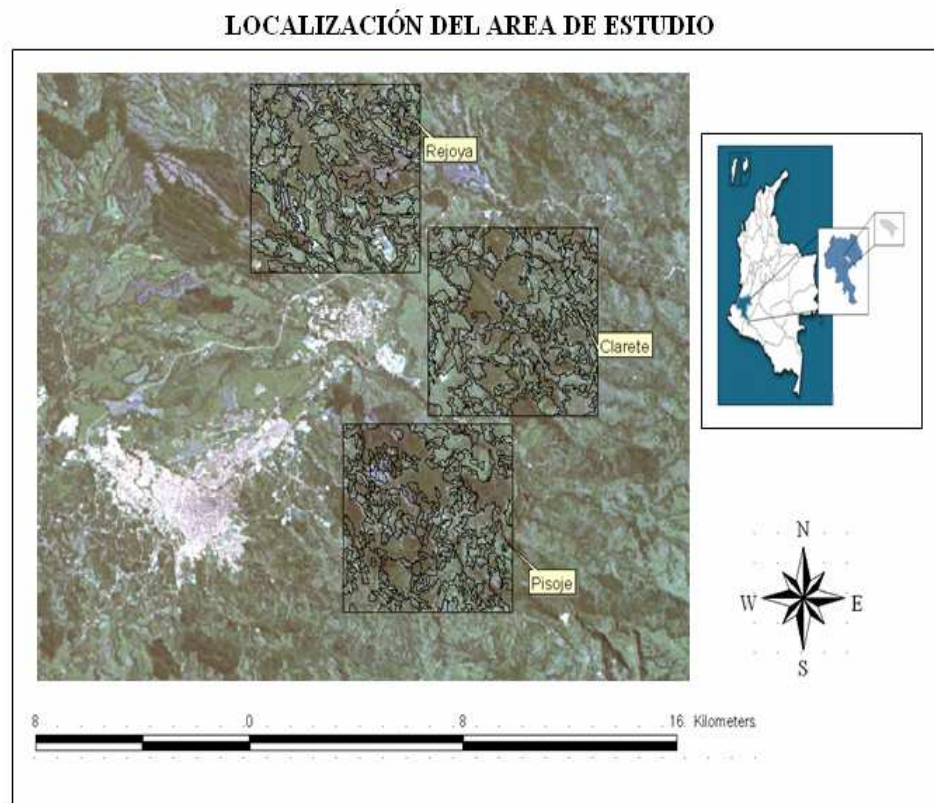


Figura 1. Localización de la zona de estudio

El estudio se realizó en 3 zonas diferentes, las cuales son: La Rejoa, Clarete y Pisoje ver figura 1. En Clarete entre las coordenadas máximas N: 769.122– W: 1.058.884 y mínimas N: 764.097– W: 1.063.933 y con un área aproximada de 2549.24 ha, con una altura sobre el nivel del mar entre 1800-2000. En la Rejoa entre las coordenadas máximas N: 769.813– W: 1.053.519 y mínimas N: 767.800– W: 1.058.577, el corregimiento de la Rejoa está localizado a 18 Km., al Occidente de la Ciudad de Popayán, se encuentra ubicado entre los 1600 y 1800 m.s.n.m . Se encuentra en el piso térmico subandino con clima medio húmedo, el territorio del corregimiento está conformado por la subcuenca del Río Palacé; los

principales ríos y quebradas son: Río Blanco, Río Mota y Río Palacé. En Pisoje entre las coordenadas máximas N: 763.843– W: 1.056.338 y mínimas N: 758.819– W: 1.061.354, la parcela se encuentra parte media de la cuenca del Río Pisojé en un bosque de Roble maduro de 40 hectáreas, entre un cultivo de eucalipto a 1800 msnm, en la zona nor-oriental del departamento del Cauca. La región se encuentra a unos 400 m sobre la margen izquierda del río Cauca. De acuerdo con Cuatrecasas (1958), la zona de vida se clasifica como Selva Sub-Andina.

3.1 Descripción del área de estudio:

En los tres sitios se presentan bosques naturales con predominio de roble, siendo los de mayor área y los cuales se encuentran sobre las microcuencas. Estas zonas se caracterizan por presentar un relieve fuertemente quebrado, con cimas ligeramente redondeadas y pendientes rectas e irregulares, de 25 al 75% y mayores. Son suelos de drenaje natural bueno; erosión ligera a severa, evidencia por escurrimiento difuso, con problemas de erosión causados por el sobrepastoreo (pata de vaca) y soliflucción. La profundidad efectiva varía de superficial a muy profunda, limitada algunas veces por la roca continua. La vegetación natural ha sido destruida; existen restos de roble (*Quercus humboldtii*), yarumo (*Cecropia peltata*), mortiño (*Vacunium mevidionate*), chilcos (*Baccharis latifolia*), zarza, helechos (*Nephrolepis exaltata*) y jigua (*Nectandra acutifolia*). En la actualidad estas tierras están explotadas con cultivos de fique (*Agave americana*), maíz (*Zea mays*), papa (*Solanum tuberosum*), trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*), cebolla (*Allium cepeda*) y ullucos. También hay sectores en ganadería con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), yaraguá (*Melinis minutiflora*) y pastos naturales; existen pocas ganaderías que utilizan pastos de corte (elefante e imperial).

El común de los pobladores no practica la recolección de semillas y el trabajo comunitario dirigido al recurso natural es deficiente, no existen proyectos ambientales, las quemadas, la deforestación y la contaminación de las fuentes de agua por aguas mieles de café por lavado de cabuya, son actividades frecuentes. El escaso bosque protector de galería sobre las fuentes de agua viene siendo intervenido con el fin de dotarse de leña como fuente

energética, para la construcción y para cercar. Las características de la zona son las irregularidades del relieve, pendientes variables, baja fertilidad, fluctuación de caudales y el sobreuso del suelo. (POT 1998)

3.2 Desarrollo del trabajo.

El trabajo se realizó en cuatro etapas, dos de ellas desarrolladas en campo y dos en oficina.

3.2.1 Consecución y análisis de información cartográfica. Este trabajo incluyó la búsqueda de imágenes de satélite en el sitio web: <http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml> de donde se descargó una imagen de satélite Landsat en formato GEOTIFF de la fecha de Enero 2 del 2003 (ETM+). Esta imagen presenta un alto porcentaje de cobertura de nubes, por lo que esta sirvió solo para trabajar la meseta de Popayán, para completar los sitios a muestrear fue necesario utilizar una imagen LANDSAT del año de 1998, que fue conseguida a través de un convenio con la CRC.

3.2.1.1 Digitalización de Cartografía:

La imagen de satélite que se descargó de Internet, tuvo que ser transformada de formato GEOTIFF a formato IMG para poderla procesar con el software ERDAS Imagine 8.5.

La imagen se georeferenció en el sistema de proyección Transverse Mercator y el datum bogota observatory. Para que los puntos tomados en campo concuerden con la información cartográfica después de haberlos pasados con ayuda del Geocal.

Para la imagen del año de 1998 no fue necesario realizar este tratamiento debido a que ya estaba georeferenciada.

3.2.1.2 Clasificación no supervisada de la Imagen Satelital:

La clasificación fue realizada con la ayuda del ecólogo Jorge León de la Fundación Natura mediante el software SPRING 4.3.1, la clasificación y segmentación² fue por regiones, en cuanto a la segmentación se realizó con la técnica de agrupamiento de datos llamado crecimiento de regiones, la clasificación se basó en el clasificador Isoseg³, donde este procura simular el comportamiento de un fotointerprete, al reconocer áreas homogéneas de imágenes, basados en las propiedades espectrales y espaciales de imágenes. Después de este proceso se clasificaron los elementos del paisaje en un sistema jerárquico de categorías, localizando las áreas de mayor extensión de robledales cercanos a Popayán. Las categorías identificadas para los tres paisajes clasificados se presentan en la tabla 1.

Tabla No 1 Descripción de las categorías de clasificación de coberturas para tres paisajes evaluados en el Municipio de Popayán, Cauca.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Bosque plantado	Cobertura vegetal arbórea que ha sido plantada con fines de manejo forestal.
Bosque secundario	Bosque con dominancia de especies de rápido crecimiento y de corta duración
Bosque abierto	Bosque con dosel discontinuo y actividades agropecuarias asociadas.
Roble	Son parches de bosque simplificados y dominados por la especie <i>Quercus humboldtii</i> .
Pastos	Vegetación de tipo graminoide natural o plantada.
Pastos con rastrojo	Vegetación de tipo graminoide natural o plantada, con árboles y arbustos, pero en forma dispersa.
Rastrojo	Incluye rastrojo alto y bajo, vegetación herbácea o leñosa que nace por regeneración natural, en un terreno despojado de su cobertura vegetal o dejado sin cultivo por un tiempo
Cultivos	Vegetación compuesta por especies de uso agrícola y forestal.

3.2.2 Corroboración en campo. Las coberturas interpretadas por el mosaico de las imágenes satelitales, se corroboraron a partir de diferentes salidas de campo, utilizando las coordenadas obtenidas del mapa ya clasificado y un GPS Garmin 76S, donde se le asignó los nombres de las coberturas que se identificaron en campo. Para la clasificación solo se

² Segmentación: Proceso que divide la imagen en regiones que deben corresponder a las áreas de interés del usuario

³ Isoseg: Algoritmo disponible en el SPRING para clasificar regiones de una imagen segmentada.

tuvieron en cuenta polígonos de un área mayor a 1.5 ha, esto debido a que parches de un área menor a la establecida no se identifica en la clasificación por utilizar, en este proyecto una cartografía de escala 1:100.000.

3.2.3 Maquetación final de la imagen clasificada y selección de parcelas de muestreo.

Después de identificar las zonas donde esta inscrito el roble, y su posterior corroboración en campo de todos los parches aledaños, se realizaron tres parcelas cuadradas de 25 Km² sobre la imagen satelital, seleccionadas por tener un área extensa de bosque de roble, esto con el fin de obtener diferentes matrices en los paisajes y así poderlas comparar, por lo cual se realizó un recorte o extracción de una ventana de trabajo según el área de interés para mejor detalle, y espacio, donde se ubicaron las veredas de La Rejoya, Clarete, y Pisojé.

3.2.4 Medición de variables. En este proyecto de investigación se trabajo a dos escalas, la del paisaje y de comunidad. A nivel de comunidad se trabajo con la variable de regeneración del roble y algunos factores que puedan explicar, el número de individuos encontrados en la zona.

3.2.4.1 Selección de la Muestra de las Parcelas de Regeneración:

Definidas las coberturas, en la imagen satelital se realizó, con la ayuda del programa Erdas 8.5 un muestreo sistemático sobre los diferentes polígonos correspondientes al uso de bosque de roble, para ubicar las parcelas y determinar la densidad de la regeneración establecida de *Quercus humboldtii*. Para uno de los sitios se utilizaron los datos de una parcela permanente existente ubicada en la Vereda Clarete, levantada por el Grupo de Investigación de Ingeniería Forestal. El numero de parcelas requerido con un error de muestreo del 15% y un 95% de confiabilidad estadística, se calculó con base en los datos de Area Basal, considerando su alta relación con la variable regeneración. Esta cifra se estimo a partir de la siguiente relación:

$$n = \frac{(C.V)^2 t^2}{P^2}$$

Donde; C.V : coeficiente de variación.

t: Valor estadístico de t a una probabilidad dada.

P: Proporción de la media respecto al error.

En la tabla No 2 se presentan los datos, y el cálculo del tamaño de la muestra, basado en un muestreo aleatorio simple.

Tabla No 2 Resultados de la densidad de regeneración (Numero de Individuos de *Quercus humboldtii*) y el área basal (G), de una parcela permanente localizada en Clarete, municipio de Popayán, departamento del Cauca, densidad obtenida a partir de parcelas de regeneración de 25 m² y G a partir de 400 m², en un área total de 9600 m².

No.Sub parcela	Nombre Cientifico	Familia	Numero de individuos	G
1	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	5	0,8480
2	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	0	1,0189
3	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	0	0,8007
4	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	0	0,3889
5	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	5	0,6369
6	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	11	0,5486
7	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	18	0,2623
8	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	2	0,5743
9	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	2	0,9502
10	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	10	0,5827
11	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	12	0,3876
12	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	4	0,7555
13	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	8	0,5852
14	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	10	0,5883
15	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	8	0,4124
16	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	9	0,5952
17	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	1	0,8622
18	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	4	0,1887
19	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	7	0,7356
20	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	1	0,9116
21	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	5	0,4211

22	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	4	0,4497
23	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	0	0,4096
24	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	15	0,4841

Fuente: Grupo de Investigación TULL

n: Tamaño de la muestra

C.V: Coeficiente de Variación

t: Valor del estadístico t

P: Proporción de la media respecto al error:

$$P = \frac{E}{X}$$

C.V= 36,88180681

t= 2,06

P= 25,00271454

El resultado del tamaño de la muestra fue nueve (9), con una prueba de t con nivel alfa de 0.025 y 23 grados de libertad donde la t crítica es 2.06; utilizando este valor para la ecuación #1, donde el Coeficiente de Variación de la regeneración fue 36.88 y la proporción de la media fue 25.002.

3.2.4.2 Levantamiento de las Parcelas de Regeneración.

Se muestreo la regeneración (cantidad de individuos con mas de 30 cm. de altura y menos de 10 cm. de diámetro a la altura del pecho dap), en 9 parcelas de 5x5 metros (25m²) dentro de cada paisaje. Las 9 parcelas fueron inscritas de manera sistemática en parcelas cuadradas de 20X20 m, las cuales se emplearon para determinar área basal.

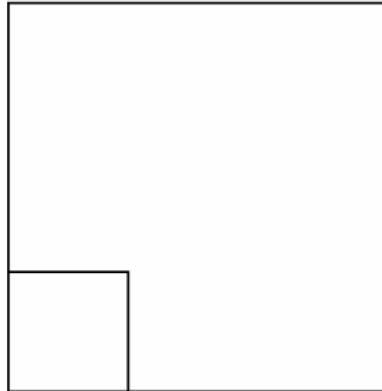


Figura # 2: Forma de la parcela cuadrada de 400 m², utilizando el borde final para levantar la parcela de regeneración de 25 m².

A cada parcela de 400m² se le registraron las siguientes variables (Anexo1):

- ✓ **Pendiente:** Para su medición se utilizó un clinómetro el cual determina la inclinación de cada parcela en porcentaje.
- ✓ **Intensidad de Luz:** Las herramientas para calcular la cantidad de esta variable fue una cámara digital que con la ayuda del software ImageJ nos permitió conocer la proporción de luz que incide sobre la superficie evaluada.
- ✓ **Área Basal:** Se utilizaron tanto cintas diámétricas como cintas métricas para registrar árboles de diámetro a la altura del pecho mayores o iguales a diez.
- ✓ **Fisiografía del paisaje:** Esta variable se basa en el relieve de la zona es decir en la pendiente existente, esta nos permite elaborar un mapa de pendientes.

3.2.4.3 Principales Variables para cuantificar el paisaje.

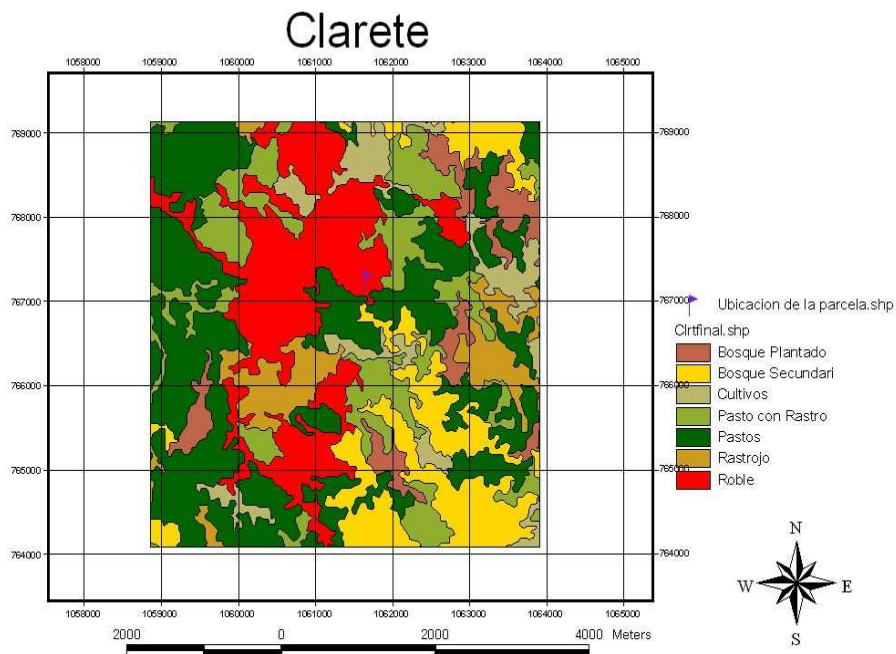
Para evaluar los atributos del paisaje a cada parcela de 25 km² se empleó la extensión de Arcview llamada Patch Analyst 3, a partir de esta, se calcularon 9 variables como: el

número de Parches, área Promedio, desviación estándar, índice de forma, dimensión fractal, la media de la relación perímetro/área, y índices de dispersión/adyacencia y fragmentación.

4. RESULTADOS:

4.1 Composición, diversidad y estructura de los Paisajes:

Para Clarete y la Rejoya se reportaron 7 categorías de coberturas diferentes, mientras que para Pisoje fueron 8, siendo este el paisaje de mayor riqueza seguido de la rejoya y por último Clarete. Los datos se reportan en la tabla # 3 y se ilustran en la figura No 3.



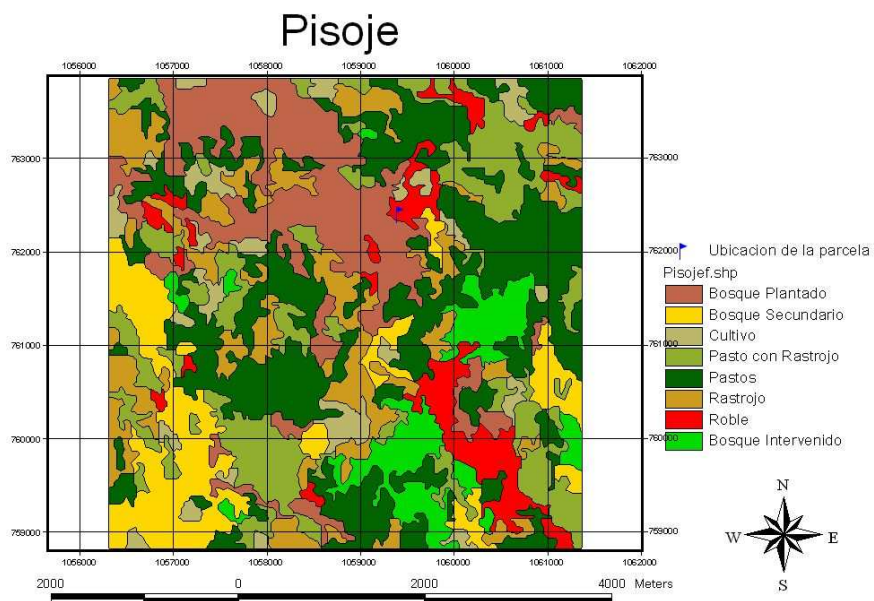
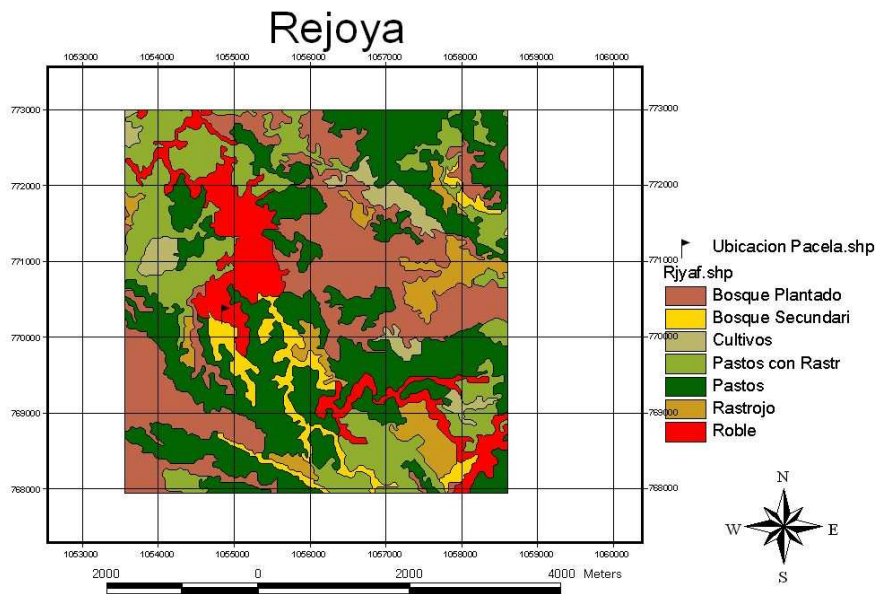


Figura 3 Composición del paisaje de 25 Km² a) Clarete, b) La Rejoya, c) Pisoje. Se observa la parcela de 3600 m² en que fue evaluada la regeneración.

Tabla No 3 Porcentaje del área de cada una de las coberturas encontradas en los paisajes de Clarete, Rejoja y Pisoje de 25 Km².

Cobertura	CLARETE		REJOYA		PISOJE	
	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%
Bosque Plantado	32.787	1.29%	385.81	15.13%	417.24	16.33%
Bosque Secundario	289.93	11.37%	331.61	13.01%	260.38	10.19%
Cultivos	170.04	6.67%	90.28	3.54%	126.12	4.94%
Pasto con Rastrojo	471.67	18.50%	516.17	20.25%	479.66	18.77%
Pastos	896.93	35.18%	813.12	31.90%	663.49	25.97%
Rastrojo	178.35	7%	158.34	6.21%	336.51	13.17%
Roble	510.07	20.01%	253.90	9.96%	84.75	3.32%
Bosque Abierto	**	**	**	**	187.02	7.32%

** No se reporto

Se categorizaron los diferentes usos de suelo observados en la tabla número tres, reportando los Pastos en todos lo Paisajes como la cobertura de mayor área, con datos por encima del 25% respecto al área total, considerando los Paisajes de Pisoje y la Rejoja la categoría de Pastos con Rastrojos es la segunda más importante respecto al porcentaje de área, aunque en Clarete esta categoría esta después de los Bosques de Roble que se encuentran en esta posición con un 20%; En tercer lugar se ubicó el bosque Plantado en los Paisajes de la Rejoja y Pisoje con porcentajes relacionados del 15.13% y 16.33% respectivamente, para Clarete este Bosque manejado no presento un área significativa, posteriormente observamos el Bosque Secundario para Clarete y la Rejoja, no siendo lo mismo para Pisoje

donde el BS se colocó después de los Rastrojos, esta categoría tiene porcentajes que oscilan del 6% (Clarete) al 7% (Rejoya), encontrando el mayor porcentaje de esta en el Paisaje de Pisoje, para este mismo se interpretó el Bosque Abierto que no fue encontrado en los otros dos Paisajes, diferenciándolo de los Bosques Secundarios por sus grandes claros y la fuerte presión antrópica encontrando a los incendios en una zona pequeña como medio para la expansión de la agricultura en este. Los Cultivos encontrados en las últimas categorías respecto al porcentaje de área, tienen porcentajes que no superan el 7% de cobertura respecto al área total de la zona estudiada.

Para el paisaje Clarete se encontró que los parches de roble son más grandes que en los otros dos paisajes, por lo tanto el número de estos es menor, lo que representa un paisaje menos fragmentado con respecto a esta cobertura. Por otra parte se observó que el Bosque Secundario tiende a presentar porcentajes parecidos que van del 10% al 13% en los diferentes Paisajes, diferenciándose en Clarete por presentar mayor porcentaje en el número de parches, significando una mayor fragmentación de este Bosque con respecto a los demás Paisajes. El Bosque Plantado presenta porcentajes de área similares en la Rejoya y Pisoje que van desde el 15.13% hasta el 16.33% aunque para el primer paisaje cuenta con mayor número de parches, determinando a Pisoje como el paisaje menos fragmentado y más abundante con relación a estos Bosques manejados. Las coberturas de Pastos con Rastrojo, y rastrojo, son significativas para los tres paisajes no obstante esta primera cobertura es más abundante que la segunda, sin embargo para Pisoje los Rastrojos tienen un porcentaje mayor que en las otras dos zonas. Por último los cultivos no contienen áreas muy extensas, sin embargo el número de Parches es mayor respecto al área, teniendo a sí numerosos pero pequeños fragmentos en la matriz. Ver figura No 4.

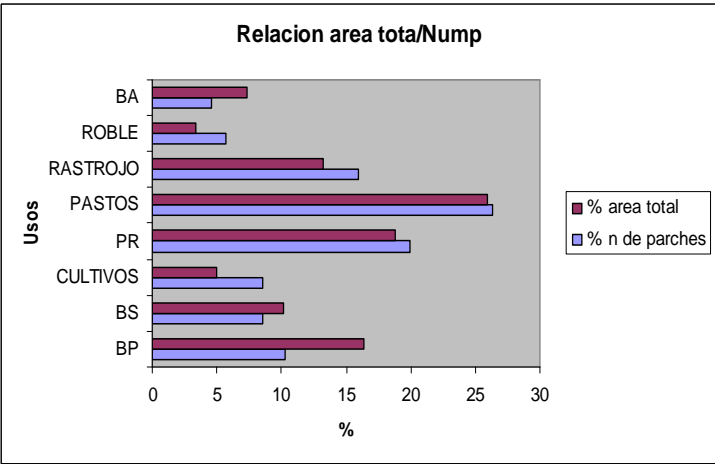
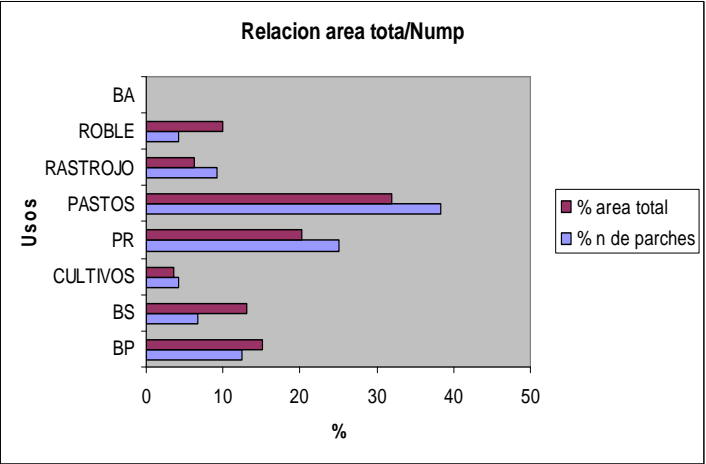
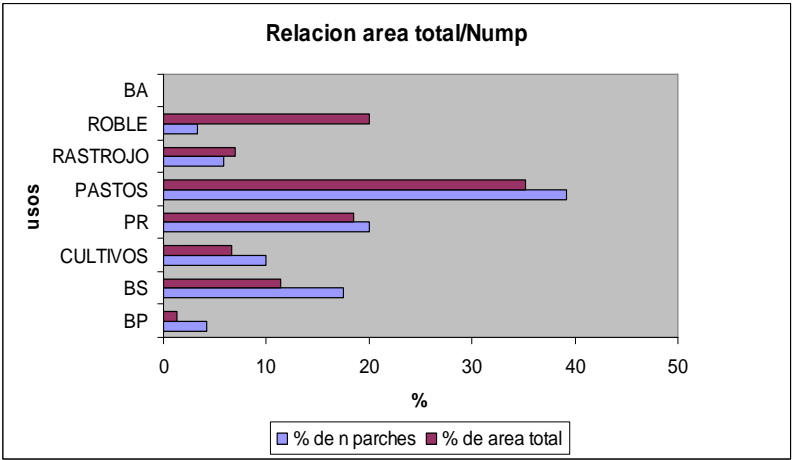


Figura No 4: Representación de las diferentes coberturas en relación al área total y número de parches en el paisaje de a) Clarete b) Rejoja c) Pisoje

4.2 Estructura de los paisajes

Dos de los paisajes Clarete y la Rejoja presentaron una similitud en el número de parches 120 en ambos; y en el tamaño promedio de los mismos 21.24 ha y 22.30 ha respectivamente. El paisaje que presentó resultados diferentes en cuanto a su estructura fue Pisoje, reportando 281 parches y un área promedio de 9.09 (ha). Ver figura # 5 y 6.

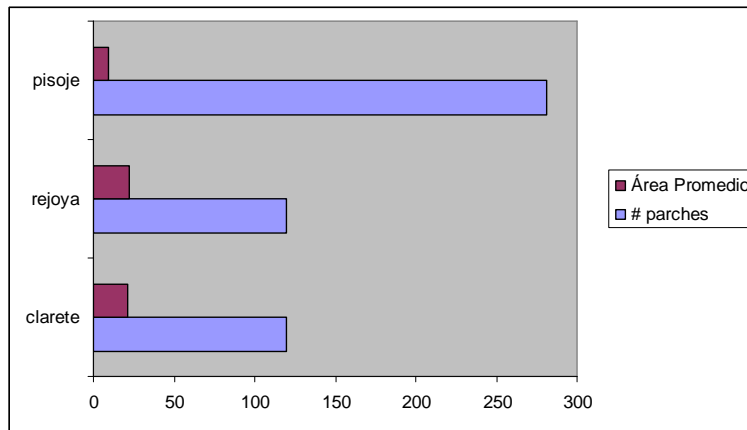


Figura No 5 Relación del área promedio y el número de Parches, encontrados en los tres paisajes estudiados.

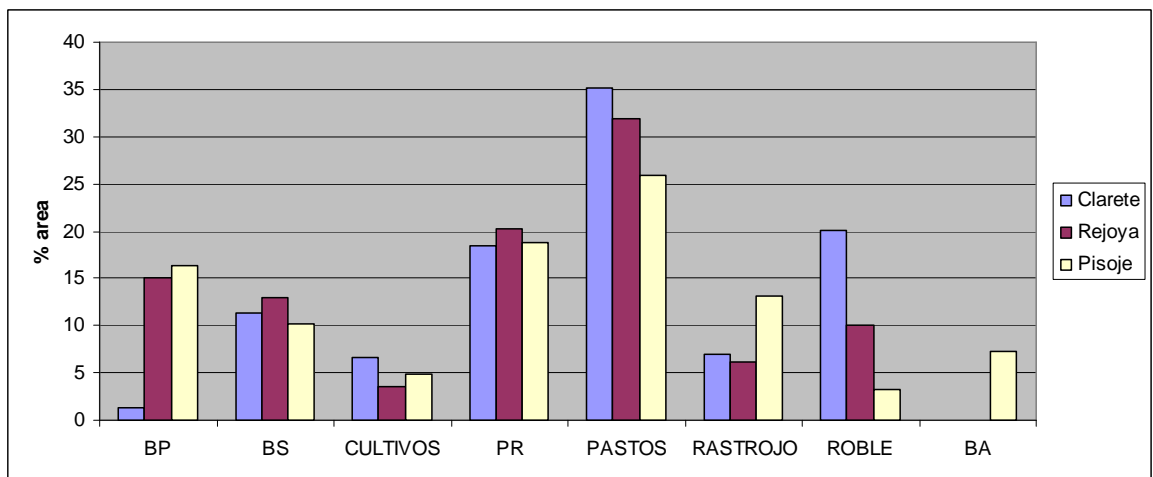


Figura No 6 Comparación del porcentaje del área, de cada cobertura inscrita en tres Paisajes evaluados en el municipio de Popayán, Cauca

A continuación se presenta los índices del paisaje con más influencia sobre la regeneración de acuerdo con una matriz de correlaciones de Pearson ($p < 0.05$). Ver tratamiento de datos.

4.2.1 Numero de Parches.

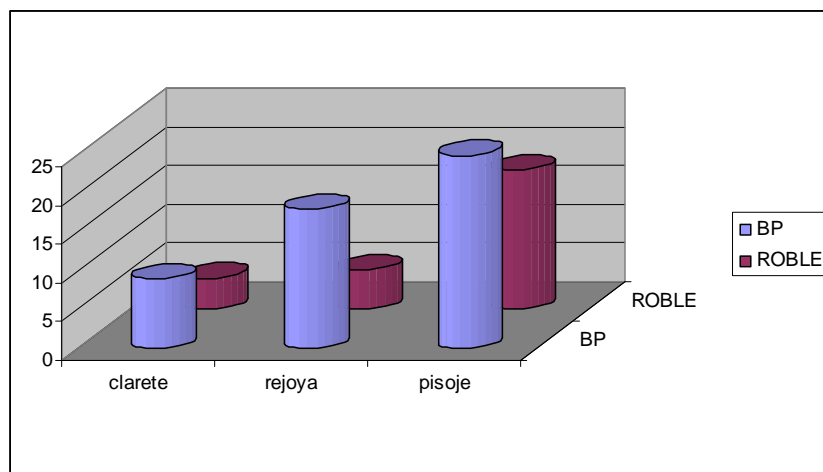


Figura No 7, Número de Parches de Bosque de Roble y Bosque Plantado, en tres paisajes evaluados en el municipio de Popayán, Cauca.

En la figura # 9 se muestra la tendencia progresiva que se encontró al comparar los tres paisajes desde el punto de vista de su fragmentación, de esta manera se evidencia un incremento en el numero de parches de roble y bosque plantado, desde el paisaje menos fragmentado (Clarete) hasta el mas fragmentado (Pisoje).

4.2.2 Tamaño.

Tabla No 4. Clasificación del tamaño de los parches de Bosque de Roble, evaluados en tres paisajes, del municipio de Popayán, Cauca

		Clarete	Rejoya	Pisoje
TAMAÑO	RANGO (Ha)	# de Parches	# de Parches	# de Parches
Muy pequeño	<10	0	2	13
Pequeño	10-50	2	2	2

Mediano	50-100	1	0	1
Grande	100-200	1	1	0
Muy Grande	>200	0	0	0
	TOTAL	4	5	16

La tabla No 4 indica, que la cobertura de Bosque de Roble, no cuenta en ningún Paisaje estudiado con un área mayor a 200 ha, según Forman 1997 los grandes fragmentos son fuente de distribución de especies a lo largo de la matriz y constituyen áreas de amortiguamiento para hacer frente a posibles extinciones causadas por cambios ambientales, considerando que la mayoría de los parches son categorizados en pequeños y muy pequeños, producen una alta heterogeneidad paisajística donde el Paisaje de Pisoje sobresale, estos parches constituyen hábitats y zonas de paso para la dispersión de las especies, desde ellos pueden dispersarse propágulos que permitan la recolonización de nuevas localidades y además mantienen poblaciones propias de los ecotonos (Romero 2005).

4.2.3 Forma

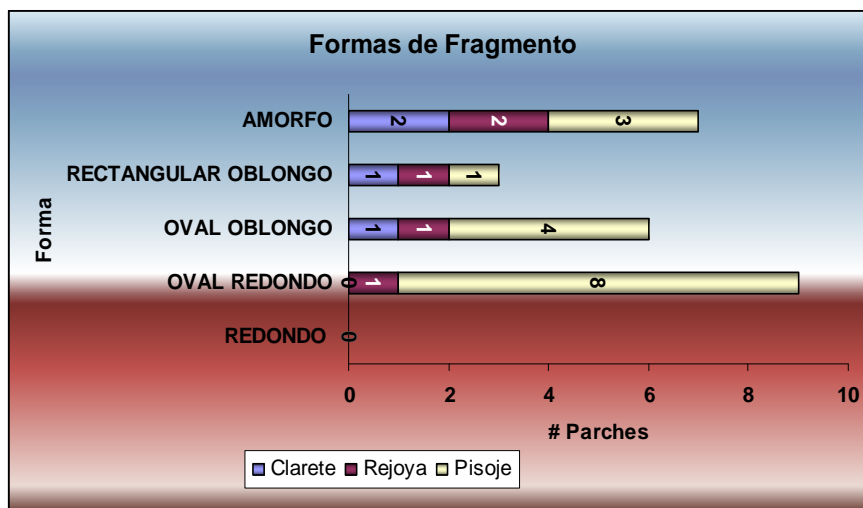


Figura No 8, Clasificación según el índice de Forma de los Parches de Bosque Secundario, evaluados en tres paisajes en el municipio de Popayán, Cauca.

Como se observa en la Figura # 8 la forma de los parches de Roble, cambia según el paisaje, encontrando así a la Forma Oval Redondo como la categoría que tiene mayor número de parches, aunque la representatividad de esta se la otorga el Paisaje de Pisoje donde es probable que se de este resultado por el tamaño de sus fragmentos, donde en los 25 Km² no se encontraron parches grandes, además en Clarete no se reportó datos para esta clasificación. Las categorías oval oblongo y rectangular oblongo, alcanzaron parches en todos los paisajes, aunque para la primera categorización es mayor, representando a si forma de parches Simples. Los parches Amorfos son fragmentos complejos con muchos lóbulos, encontrados en todos los paisajes estudiados.

4.2.4 Dimensión Fractal

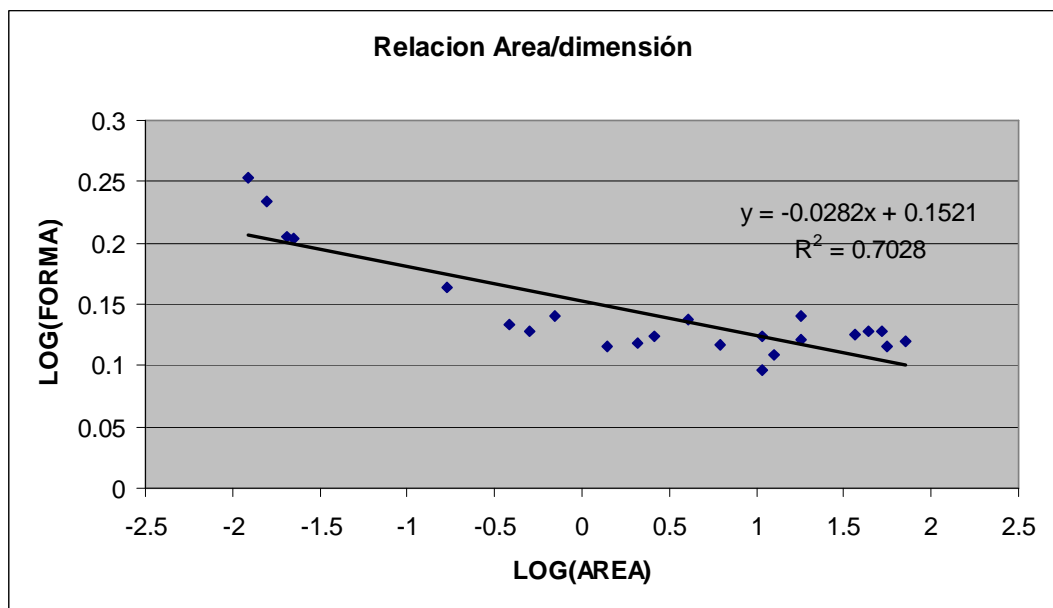


Figura No 9 Relación del área y la dimensión Fractal de los parches de Bosque Secundario evaluados en Clarete.

El modelo después de un ajuste a sus variables explica el 70% de la variación, se observa que hay una agrupación cuando aumenta el tamaño del parche indicando un baja dimensión fractal, según Krummel (citado por Romero) la dimensión tiende a ser baja en parches

forestales (en este caso Bosque Secundario) altamente perturbados, debido a que estos presentan perímetros regulares.

4.2.5 Índice al vecino más próximo.

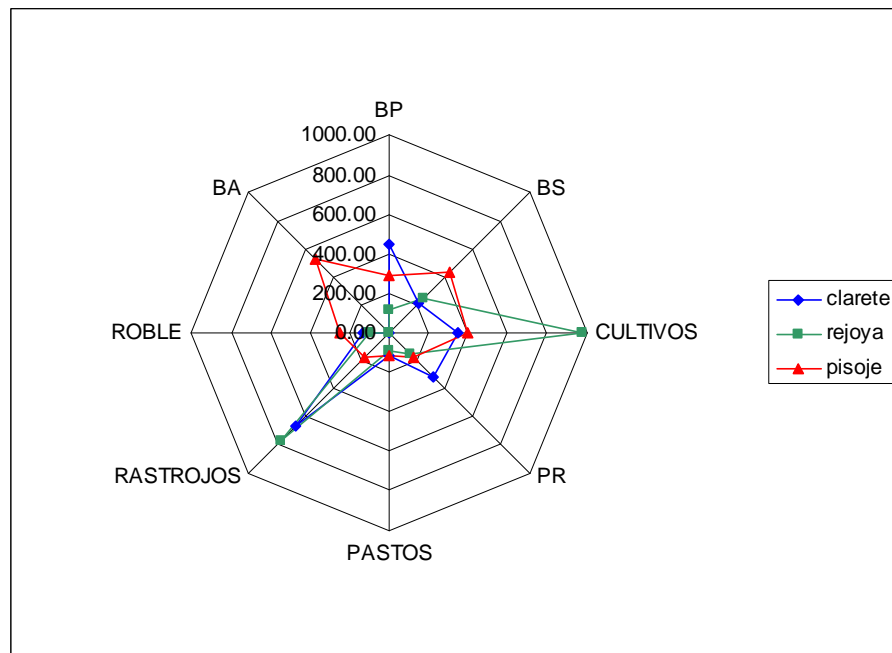


Figura No 10 Índice al vecino más próximo según las diferentes categorías encontradas en tres paisajes en el municipio de Popayán, Cauca

Este índice aumenta su valor a medida que aumenta la dispersión entre los parches. En el paisaje de Clarete los parches más compactos fueron los pastos y los parches de Roble, ocurriendo similarmente para el Paisaje de la Rejoja, en cuanto al Paisaje de Pisoje se demuestra que los parches con un arreglo espacial compacto fueron los pastos, rastrojos y pastos con rastrojos. De acuerdo con la figura # 10 los parches de mayor grado de dispersión para Clarete son los Rastrojos y el Bosque Plantado, para la rejoja son los cultivos y los Rastrojos, en cuanto al Paisaje de Pisoje es el Bosque Abierto y los Cultivos.

4.2.6 Índice de Proximidad Media.

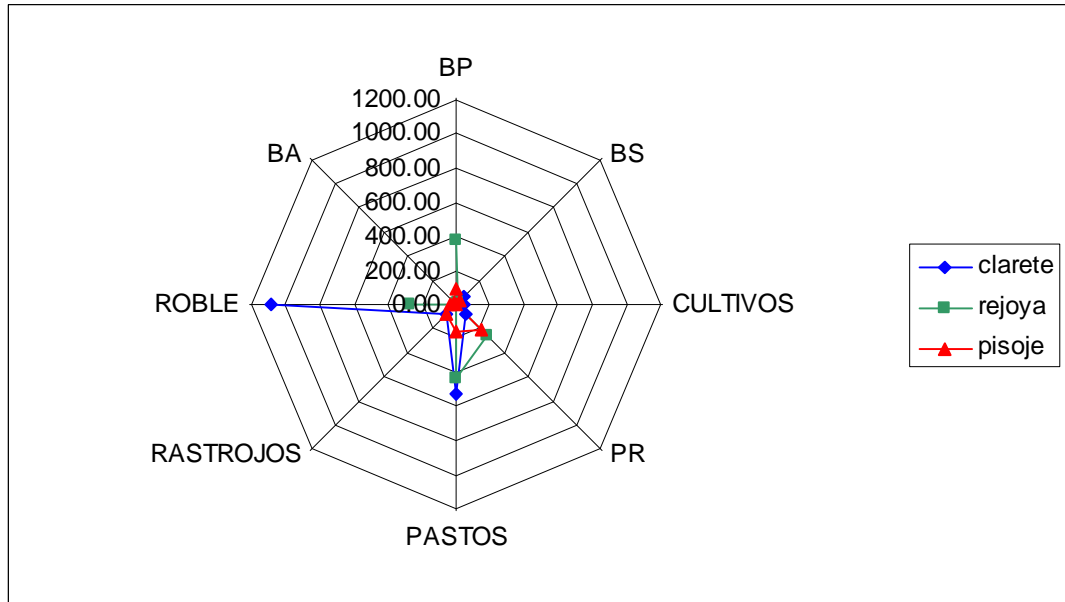


Figura No 11 Índice de proximidad media según las diferentes categorías encontradas en tres paisajes en el municipio de Popayán, Cauca

Este índice, muestra valores reducidos en paisajes que se encuentran más fragmentados y aislados que paisajes con valores altos, para este caso el paisaje de Clarete se observa que la cobertura de Bosque de Roble tiene un grado de fragmentación menor debido a su alto MPI, respaldado por la afirmación del número de parches de esta cobertura que es menor para este paisaje significando una menor fragmentación, para el Paisaje de la Rejoya se destaca el Bosque Plantado, lo que es similar para Pisoje, además de Pasto con Rastrojo, pero teniendo en cuenta que la mayoría de la cobertura para este Paisaje arrojan índices bajos se entiende que este Paisaje es muy heterogéneo demostrado por su mayor fragmentación en sus coberturas.

4.2.7 Índice de Yuxtaposición.

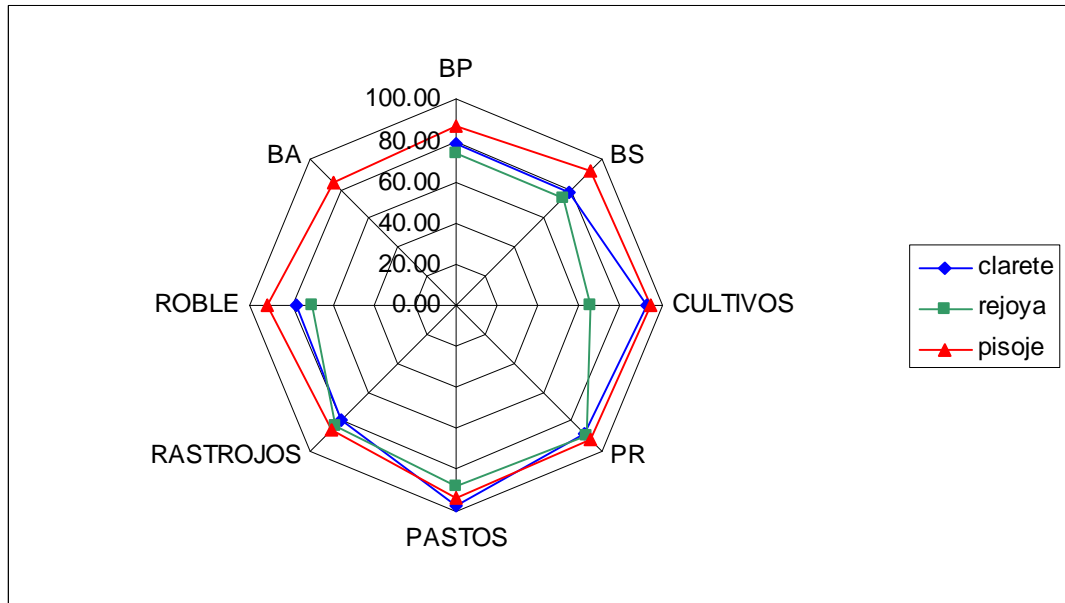


Figura No 12 Índice de Yuxtaposición según las diferentes categorías encontradas en tres paisajes en el municipio de Popayán, Cauca

Este índice de Adyacencia (III) que es un índice de dispersión y fragmentación, nos indica que si el valor es igual a cero significa que el parche es único, y conforme se acerca a 100 significa que hay un grado de distribución mayor, expresado por una mayor adyacencia y cantidad de los parches. Según los resultados, se observan que los tres paisajes tienen similares características, aunque el Paisaje de la Rejoya cuenta con algunas clases, como los cultivos y el Bosque de Roble, que se diferencian de las demás coberturas por tener un índice bajo de adyacencia, sugiriendo poca abundancia y a sí mismo una considerada concentración de los parches, pero por lo general según Romero los valores mayores a 60 indican que los parches, no solamente son abundantes sino que se encuentran distribuidos por casi todo el territorio demostrando así una fragmentación alta para los parches estudiados. En cuanto al Bosque Plantado, es una de las coberturas que demuestra una alta distribución y alta abundancia.

4.3 Diversidad de los paisajes

La diversidad Paisajística, es la diversidad que tiene el paisaje respecto a su composición, para los tres Paisajes evaluados se tomó el índice de distribución y abundancia de Shannon (SEI), ya que considera la distribución y abundancia espacial de los parches de cada una de las clases paisajísticas.

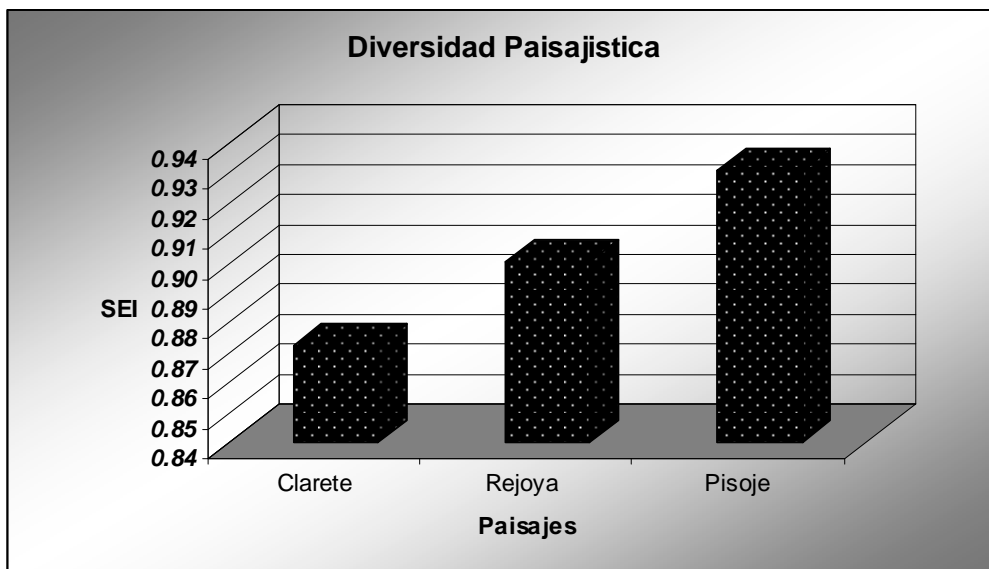


Figura No 13 Índice de la diversidad paisajística, encontrada en tres paisajes evaluados, en el municipio de Popayán, Cauca

La figura número siete nos muestra la diversidad de los tres paisajes evaluados en esta investigación, considerando el Paisaje de Clarete como el más homogéneo de todos, y debido a que es el que más se aleja de la unidad, se determina como el menos fragmentado comparado con los demás, a comparación de Pisoje que demuestra ser un paisaje más diverso y fragmentado, donde en esta zona se encontró una clasificación de Bosque diferente (Bosque Abierto), que no se observó al clasificar los usos de suelo de los otros Paisajes.

4.4 Regeneración de roble

Tabla # 5. Estadística descriptiva de los resultados de las variables de densidad de regeneración, pendiente, área basal, y porcentaje de luz, evaluadas en tres parcelas de 3600 m² en diferentes Paisajes.

	CLARETE	REJOYA	PISOJE
Media			
No ind	10.78	34.89	58.33
M	8.67	4.33	21.89
G	0.58	0.96	0.80
% Luz	0.14	0.09	0.19
Coeficiente de Variación			
No ind	36.17	53.29	48.26
M	50.13	68.26	77.07
G	45.09	52.08	25.38
% Luz	117.81	89.89	68.84
Mínimo			
No ind	5	7	15
M	2	2	2
G	0.230	0.120	0.533
% Luz	0.001	0.001	0.001
Máximo			
No ind	17	61	107
M	14.5	10	44
G	0.87	1.81	1.26
% Luz	0.38	0.20	0.37
PERCENTIL 85			
No ind	14.6	51.6	81.4
M	13.7	7.6	41.8
G	0.86	1.41	0.87
% Luz	0.34	0.16	0.30

En las parcelas de 3600m², ubicadas en los Paisajes de Clarete, Rejoya y Pisoje se encontró que la menor densidad de regeneración, fue para el primer paisaje, y el máximo se registró en Pisoje. Teniendo en cuenta que para todos los Datos el Coeficiente de Variación supera el 20%, lo que representa que la media no es representativa, se utilizó los datos del percentil 85 para mayor representatividad en las parcelas, considerando lo anterior el número de individuos promedio tiene una variación para los tres paisajes, reafirmando a Pisoje por su alta regeneración del *Q. humboldtii* y a Clarete como el último. Para la pendiente se encontró una clasificación hecha por INVIAS donde se le categoriza a Clarete como terreno

ondulado, La Rejota Terreno Plano y Pisoje montañoso. El área basal registrada, tuvo más cobertura de dosel en la Rejota, aunque este dato es muy alto y no refleja la realidad de las parcelas, contando con un Coeficiente de Variación mayor a 50; Respaldando, los datos anteriores el porcentaje de Luz fue menor en la Rejota, significando poca incidencia de Luz a la parcela.

4. 5 Análisis del efecto del paisaje sobre la regeneración de roble.

4.5.1 Variables a nivel de sitio.

Con las variables de sitio se hizo un análisis de correlación (Ver anexo 3) encontrándose que no existen correlación alguna entre estas y la variable de respuesta. Sin embargo, con todos los datos de las 3 parcelas ubicadas en Paisajes diferentes, se realizo un modelo Logarítmico uniendo las tres variables independientes (Área Basal, pendiente, Porcentaje de Luz), con la variable dependiente o de respuesta que en nuestro caso es la regeneración. Obteniendo las siguientes ecuaciones:

Tabla No 6. Modelos de regresión para cada Paisaje, utilizando el número de individuos como variable respuesta y la pendiente, área basal, porcentaje de Luz de cada parcela, como variables independientes.

Paisajes:	Modelo de Regresión	R²
Clarete:	$\text{LOG}(\text{No ind}) = 1.3603 + 0.525298*\text{LOG}(\text{m}) + 0.16688*\text{LOG}(\text{G}) + 0.018909*\text{LOG}(\%L)$	83.6%
Rejota:	$\text{LOG}(\text{No ind}) = 5.09473 - 0.386743*\text{LOG}(\text{m}) + 0.133435*\text{LOG}(\text{G}) + 0.294535*\text{LOG}(\%L)$	86.3%
Pisoje:	$\text{LOG}(\text{No ind}) = 4.40109 - 0.051656*\text{LOG}(\text{m}) - 0.812577*\text{LOG}(\text{G}) + 0.182569*\text{LOG}(\%L)$	79.1%

Las 3 ecuaciones se transformaron en un modelo logarítmico múltiple, con el fin de aumentar la correlación entre las variables, se analizó que para todos los modelos en el gráfico de los residuales, existía un outlayer que se eliminó en cada regresión para aumentar la significancia de esta (ver anexo No 5) , se tuvo en cuenta el estadístico de

Durbin-Watson que fue mayor a 1.4 en todos los casos, significando una correlación positiva, con lo anterior podemos decir que los modelos de regresión pueden ser de utilidad para predecir el Número de Individuos.

4.5.2 Relación entre variables del paisaje y variables a nivel de comunidad.

Con los datos obtenidos en campo (No individuos, Área Basal, Porcentaje de Luz, Pendiente) y los datos de las variables del Paisaje se construyó una matriz con el objetivo de realizar un análisis de componentes principales (Ver tabla en Anexos # 7), donde el resultado de los tres primeros componentes explican el 94.8% del modelo, aunque los dos primeros explican ya el 91.4% de confianza, estos dos componentes es la representación de las variables del Paisaje, como se observa en la Gráfica # 13, donde para el Primer Componente (51.5% de varianza explicada) el caso que más se asocia es el área Promedio de los Bosques de Roble y para el Segundo componente (39.9% de Varianza explicada) fue el número de Parches del Bosque Secundario.

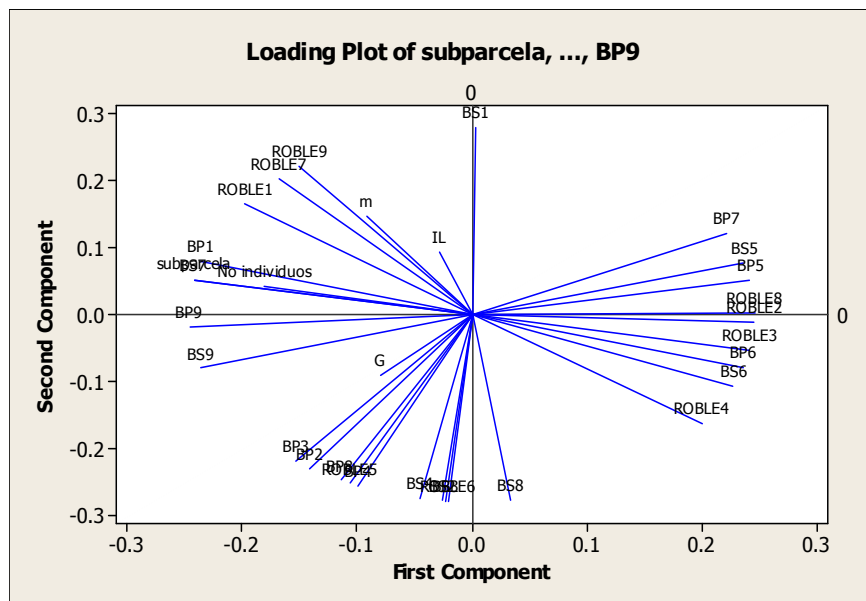


Figura No 14 Representación Gráfica de los valores de los casos en el espacio de las componentes principales

Se deja solo el 3.4% de explicación del modelo a las variables de comunidad. Los valores de mayor representatividad se tuvieron en cuenta para generar una matriz de correlaciones de estas variables, con nuestra variable respuesta y objetivo de esta investigación la cual es el número de individuos o densidad de regeneración. (Ver anexo #8).

Las variables de paisaje que fueron las que más aporte significativo dieron en el análisis de componentes principales, y mayor correlación (mayor a 70%) con la densidad de regeneración, se explicaron con más detalle en la estructura del Paisaje. (Ver desde el numeral 4.2.1 hasta el 4.2.7). A estas variables se le realizó la prueba de Kolmogorov para determinar la normalidad de estas, determinando a si que los datos no provienen de una población con una tendencia a una distribución Normal, por consiguiente se trabajo la prueba no paramétrica **kruskal Wallis** para ver si había diferencias significativas dentro de cada índice, permitiendonos concluir con este análisis que las variables de la distancia al vecino más próximo en parches de Bosque Secundario, índice de proximidad media en parches de Bosque Roble y el índice de Yuxtaposición en parches de Bosque Plantado son significativamente influyentes (99% de Probabilidad) con la densidad de regeneración.

5. DISCUSIÓN

El patrón de los tres paisajes indican que estos son fragmentados debido a que su matriz para todos fue de pastos, predominando la actividad de ganadería extensiva para las zonas estudiadas; otra categoría de clasificación que tiene un área importante para los paisajes es la de pastos con rastrojos, lo que evidencia una sucesión temprana por la falta de uso de esta cobertura. En los tres paisajes también se observan el predominio de bosques naturales y plantados, sin embargo en Clarete se encuentra el mayor núcleo de Robledales comparados con Pisoje y la Rejoya, los cuales presentan un área extensa de Bosques Plantados, uso que no representa un área importante en Clarete; con respecto a los Bosques Secundarios existe una similitud entre los tres paisajes. Entre las categorías de bosque, la de Bosque Abierto solo se reportó en Pisoje, la cual se caracteriza por la presencia de muchos claros y una fuerte intervención antrópica, evidenciando la práctica de quemas para la expansión agrícola y ganadera. Los rastrojos en los paisajes también tienen algún dominio en términos del área total, debido a que estos incluyen en su clasificación a los rastrojos altos, medios y bajos, lo que sustenta la presencia de terrenos olvidados, o fincas que no están siendo aprovechadas; además de algunos lotes que fueron plantaciones forestales y que han generado procesos de sucesión vegetal. Por último los Cultivos que generalmente son de baja intensidad principalmente de autosustento y muy pocos corresponden a proyectos productivos de gran escala, los principales productos encontrados son el café, maíz, y plátano.

La extensión de los robledales en Clarete, se podría explicar a un proceso de fomentación a la conservación de estos bosques por parte de la comunidad con ayuda de la Corporación Regional y la Universidad del Cauca, la mayoría de los Bosques plantados que se encontraron inscritos en las matrices de los Paisajes estudiados pertenecen a Carton de Colombia, favoreciendo al parecer a los Bosques naturales debido a las Políticas que tiene la compañía en proteger estos ecosistemas, observando este suceso principalmente en la Rejoya.

A nivel de la Geomorfología de los paisajes, evaluadas en la pendiente de las parcelas, se encontró que la Rejoya, Clarete y Pisoje, se categorizaban según INVIAS en terreno plano, ondulado y montañoso respectivamente; considerando la densidad de regeneración registrada en cada Paisaje se corrobora la afirmación hecha por Devia y Arenas en el 2000, donde se dice que el Roble presenta tendencia a crecer en las partes más altas de las montañas, preferencialmente en áreas escarpadas y laderas con pendientes entre el 30 y 50%, para nuestro caso se evidencia en Pisoje donde se presentaron las pendientes más altas y también la mayor densidad de Regeneración, comparados con los otros dos paisajes. El área Basal y el porcentaje de Luz, se tomaron en cuenta por su importancia en los procesos de regeneración, en donde estas variables se asocian al porcentaje de la entrada de luz a la parcela, la relación de estas dos variables no fue muy clara con el número de individuos, ya que se presentaron datos similares en dos paisajes que registraron densidades de regeneración muy diferentes, y en la Rejoya que contó con poca incidencia de luz, un porcentaje distinto a los otros dos Paisajes, el número de individuos encontrados no tenía ninguna característica que lo diferenciara de los demás, este suceso puede presentarse ya que no se tuvo en cuenta el estrato de la regeneración, donde para esta especie en las primeras etapas de crecimiento no presenta ninguna dificultad en el desarrollo bajo sombra, pero después por falta de luz y la competencia con la vegetación menor una gran parte de las plantas mueren. Con estas variables de sitio, se realizaron modelos donde es posible predecir el Número individuos encontrados para cada Paisaje, siempre y cuando los datos se transformen a un modelo Logarítmico.

La ecología del Paisaje, permitió asociar la variable de la densidad de regeneración, con las métricas del Paisaje donde después de realizar análisis estadísticos se pudo llegar a que fueron las variables de la distancia al vecino más próximo en parches de Bosque Secundario, índice de proximidad media en parches de Bosque de Roble y el índice de Yuxtaposición en parches de Bosque Plantado, las que influían en nuestra variable objeto de estudio, permitiendo decir que en cuanto a la proximidad, la cobertura que mas le beneficia a la regeneración del Roble es la de el Bosque Secundario, por lo que en esta clasificación existen algunos Robles que permiten la disponibilidad de diásporas que

pueden segregarse hacia otros parches; La distribución de los Parches de Roble consideran que es claro que entre más juntos estén estos fragmentos mayor será la probabilidad del establecimiento, puesto a que su corta distancia ayuda a los dispersores en su función, además de que el proceso de dispersión de la semilla del roble es principalmente por barocoria, perjudicando su establecimiento si la cobertura es fragmentada. Por último el índice de Yuxtaposición, nos da una idea de que entre más distribuidos estén los Bosques Plantados por todo el territorio, tratando de conectar otros parches, mayor será la densidad de regeneración.

6. CONCLUSIONES

Los tres paisajes clasificados, ubicados en el Municipio de Popayán, cuentan con una matriz representada en Pastos, debido a la actividad ganadera de estas zonas, por lo que se demuestra que estos paisajes son fragmentados, el Paisaje que se encontró más área de Bosque de Roble con 510 ha fue el de Clarete, por lo que sus 25 km² abarca una gran parte del Corregimiento las piedras que lo conforman las veredas Clarete, El Cabuyo, Guacas y San Isidro, donde poseen la mayoría de bosques naturales con predominio de roble del municipio de Popayán.

Las variables de sitio utilizadas (Área Basal, pendiente, Porcentaje de Luz), pueden predecir la densidad de regeneración de la especie *Quercus humboldtii* para cada Paisaje estudiado hasta con un 86.3 % y un mínimo del 79.1% de confiabilidad del modelo.

Después del análisis estadístico y relacionar las Variables del Paisaje y de sitio es probable que en los Paisajes con Plantaciones Forestales se favorezca de alguna manera la regeneración del *Quercus h.* debido a que, en Paisajes de mayor número de parches de esta cobertura, fue mayor la densidad registrada por lo que explica su correlación del 99.5 %, esto podría ser a que estos Bosques sirven como corredores Biológicos y permitan el flujo de agentes dispersores de semilla, también a que en comparación de los pastizales el Borde es menos hostil, ya que esta cobertura no fragmenta el Paisaje como lo hace los pastos. En cuanto al tamaño de los parches, para la regeneración las condiciones óptimas se dieron en fragmentos pequeños, debido a que en parches pequeños hay más incidencia de Luz para que la regeneración se establezca, aunque se tiene que tener cuidado con esta afirmación ya que se menciona que es mejor para que se establezca la regeneración, considerando que la regeneración fue muestreada a partir de lo 30 cm y menos del 1.5m de altura donde este estrato es muy productivo y la mortalidad de estas plántulas es alta, se debe tener en cuenta que ha menor tamaño es mayor la influencia de la matriz que para todos los casos fueron los pastizales. La forma del parche adquiere un papel importante explicando a que entre

más complejo sea su forma es menor la densidad de regeneración, cuanto más irregular es la forma de un parche, mayor es el área de borde, lo cual tiene grandes implicaciones para la dispersión de semillas y el movimiento de animales (Forman y Godron 1981). La regularidad perimetral de algunos Bosques Secundarios y de las Plantaciones aledañas, ayudan a la regeneración del Quercus, por lo que estos parches permiten la conducción o el transporte de materia. (Forman 1997).

Se logró establecer una relación entre la densidad de regeneración y las métricas del Paisaje, evaluados en Paisajes del municipio de Popayán, con lo que se pudo derivar que además de la explicación anterior que fue realizada por su correlación alta, las tres variables con mayor influencia fueron: la distancia al vecino más próximo en parches de Bosque Secundario, índice de proximidad media en parches de Bosque de Roble y el índice de Yuxtaposición en parches de Bosque Plantado.

7. RECOMENDACIONES

Según este estudio se debe plantear la forma en que se proporcione manejo silvicultural, a los grandes parches de Bosque de Roble para permitir la regeneración de esta especie.

La cobertura de Pastos con Rastrojos, presente en todos los Paisajes podría ser útil para realizar Proyectos de repoblación, permitiendo la conservación de los Bosques Naturales y la generación de corredores biológicos que permitan el paso de dispersores de semilla y minimicen el impacto de la matriz.

Para el manejo silvicultural de los robledales además de las variables de sitio se debe considerar las variables del Paisaje como las de distribución espacial.

Conseguir sensores remotos que brinden mejor detalle, para poder manejar una escala más grande y contar con más precisión en la clasificación.

BIBLIOGRAFIA

AGUDELO y RAMIREZ. Robledales de Colombia [online].2000.
<<http://www.monografias.com/trabajos11/roco/roco.shtml>>

_____. _____[online].2000
<http://www.monografias.com/trabajos11/roco/roco.shtml>>

BOSQUE, Joaquin et al. Valoración de diez aspectos visuales del paisaje mediante la utilización de un sistema de información geográfica [online]. Alcalá. 1997.
<http://ddd.uab.es/pub/dag/02121573n30p19.pdf>

BUREL, F. y BAUDRY, J. 1995. Species biodiversity in changing agricultural landscapes: a case study in the Pays d'Auge, France. Agriculture, Ecosystems and Environment 55: 193-200.

BRAVO, D y CABELLO F.. Cartografía y análisis espacial de la diversidad del paisaje vegetal de la montaña riojana y su papel como herramienta de gestion. Zaragoza : Zubia Monográfico, 2003, 178p.

CAVELIER, Jaime y VARGAS, Gustavo 2002. Procesos hidrológicos. En: Guaniguata & Kattan. Ecología y conservación de bosques Neotropicales. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica, 2002. p 158.

CLAVER, Farias et al. Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenidos y metodología.[online].Madrid. 1991.
><http://www.ual.es/Universidad/Depar/histgeo/terr312.pdf><

HERRERIAS, Diego y BENÍTEZ, Julieta . Las consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología. [online]. 2005.
<<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/467/julieta.html>>

CORREA, Ana. Evaluación de un paisaje fragmentado para la conservación y recuperación de biodiversidad área demostrativa Mirafior-Moropotente, Estela, Nicaragua. Turrialba. 2000, 11p. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza, Programa de Enseñanza para el desarrollo y la conservación

_____ . _____ Turrialba. 2000, 15-28p. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza, Programa de Enseñanza para el desarrollo y la conservación.

DEVIA Carlos y ARENAS. Evaluación del Status Ecosistémico y de manejo de los Bosques de Fagaceas (*Quercus humboldtii* y *Trigonobalanus excelsus*) en el Norte de la Cordillera Oriental (Cundinamarca, Santander y Boyacá). Desarrollo

sostenible en los Andes de Colombia (Provincias del Norte, Gutiérrez y Valderrama) Boyacá, Colombia. IDEADE, Pontificia Universidad Javeriana.

_____ . _____ Boyacá, Colombia. IDEADE, Pontificia Universidad Javeriana.

ESQUIVEL, María. Regeneración natural de árboles y arbustos en potreros activos en Muy, Muy, Matagalpa, Nicaragua. Turrialba , 2005, 4-8p. Tesis de Postgrado (Agroforestería Tropical). Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza, Programa de Enseñanza para el desarrollo y la conservación.

_____ . _____ Turrialba , 2005, 12-15p. Tesis de Postgrado (Agroforestería Tropical). Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza, Programa de Enseñanza para el desarrollo y la conservación

FORMAN, R.T.T. Land mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge: UniversityPress, 1995, 20p.

_____ . _____. Cambridge: UniversityPress, 1995, 34p

_____ . _____. Cambridge: UniversityPress, 1995, 277p

_____ . _____. Cambridge: UniversityPress, 1995, 382p

HERRERIAS, Diego y BENÍTEZ, Julieta . Las consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología. [online]. 2005. <<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/467/julieta.html>>

KATTAN, Gustavo. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. En: Guaniguata & Kattan. Ecología y conservación de bosques Neotropicales. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica, 2002.p.561-591.

LAMPRETECH Hans. Silvicultura en los Trópicos: Dinámica de los bosques tropicales húmedos. Eschborn: Deutshe Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit ,1990, p. 70- 71.

MATTEUCCI Silvia. El análisis regional en la ecología. 1998 [online]. ><http://www.gepama.com.ar/matteucci/investigacion/Art%2010-CongGeog.pdf><

MACGARIGAL, K. y MARKS, B. J. FRAGSTATS: Manual. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure [online]. 1994 ><http://blaze.innovativegis.com/products/fragstatsarc/manual/index.html><

MARRUBIO, Paul. La percepción remota y la tecnología sig: una aplicación en ecología de paisaje. *Geofocus* [online]. 2004. >http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo1_2004.pdf<

MELO, Omar y VARGAS Rafael. Evaluación Ecológica y Silvicultural de ecosistemas Boscosos. Ibagué: Impresiones Conde, 2003, 133p.

_____ . _____ Ibagué: Impresiones Conde, 2003, 135p.

MURCIA, Carolina. Ecología de la polinización. En: Guaniguata & Kattan. Ecología y conservación de bosques Neotropicales. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica, 2002.p.493, 514.

_____ . _____ Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica, 2002. p. 519

NASON John. Estructura Genética de las Poblaciones los Árboles. En: Guaniguata & Kattan. Ecología y conservación de bosques. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica, 2002.p.322.

CORREA, Ana. Evaluación de un paisaje fragmentado para la conservación y recuperación de biodiversidad área demostrativa Mirafior-Moropotente, Estela, Nicaragua. Turrialba. 2000, 11p. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza, Programa de Enseñanza para el desarrollo y la conservación

PARDO Yiset y CHIQUILLO Ricardo. Biología Reproductiva del Roble *Quercus humboldtii*. Bogotá. 2005, 15p. Tesis de pregrado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de medio ambiente y recursos naturales, Programa de Ingeniería Forestal.

PASCUAL, Juan et al. Análisis del paisaje como herramienta de gestión territorial. aplicación al área metropolitana de Castellón (España). CIDE [online]. 2002. ><http://www.fundicot.org/todas.htm><

PAZ Mabel y PALACIO Juan. 2000. Análisis de la variabilidad genética del roble común *Quercus humboldtii* (Fagaceae) en la región del Macizo Colombiano utilizando la técnica de RAPD . En: Solano & Vargas. Memorias del I Simposio Internacional de Robles y Ecosistemas Asociados. Bogotá: Fundación Natura-Pontificia Universidad Javeriana, 2006 p. 50.

PLAN DE ORDENACION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO PISOJE. Municipio de Popayán. Capitulo III. Dimensión Biofísica. 2006.

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Municipio de Popayán. Capitulo I. Dimensión ambiental. Documento Técnico. 2001.

SMITH, Joyotee, et al. Bosques secundarios como recurso para el desarrollo rural y la conservación ambiental en los trópicos de América Latina. CIFOR [online].1997. >www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-13.pdf.<

RODRÍGUEZ, Militza y ROSALES, Judith 2004. Cobertura de la Tierra, Usos Asociados y Análisis de Paisaje en el corredor Ribereño Bajo Orinoco [online].2004 ><http://orinoco.uneg.s5.com/Rodriguez%20y%20Rosales.pdf><

ROMERO, Marilyn. Análisis de los cambios de la estructura del paisaje de I'Alt Empordá en el periodo 1957-2001". Tesis Doctoral (Geografía en ordenación del territorio y medio ambiente). Universidad de Girona, Programa doctoral del medio ambiente. 2004, 45p.

_____. _____. Universidad de Girona, Programa doctoral del medio ambiente. 2004, 152p.

ROMERO, Arturo. El Paisaje: Una Herramienta En El Estudio Detallado del Territorio [online]. 1998. >http://www.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab/k14/arturo_elpaisaje.pdf<

ROJAS, Ángel. Guia Técnica para la Elaboración del Plan de Manejo Forestal. En: Guías Técnicas para la Ordenación y el Manejo Sostenible de los Bosques Naturales. Bogotá, 2002.p.47.

SMITH, Joyotee, et al. Bosques secundarios como recurso para el desarrollo rural y la conservación ambiental en los trópicos de América Latina. CIFOR [online].1997. <www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-13.pdf>

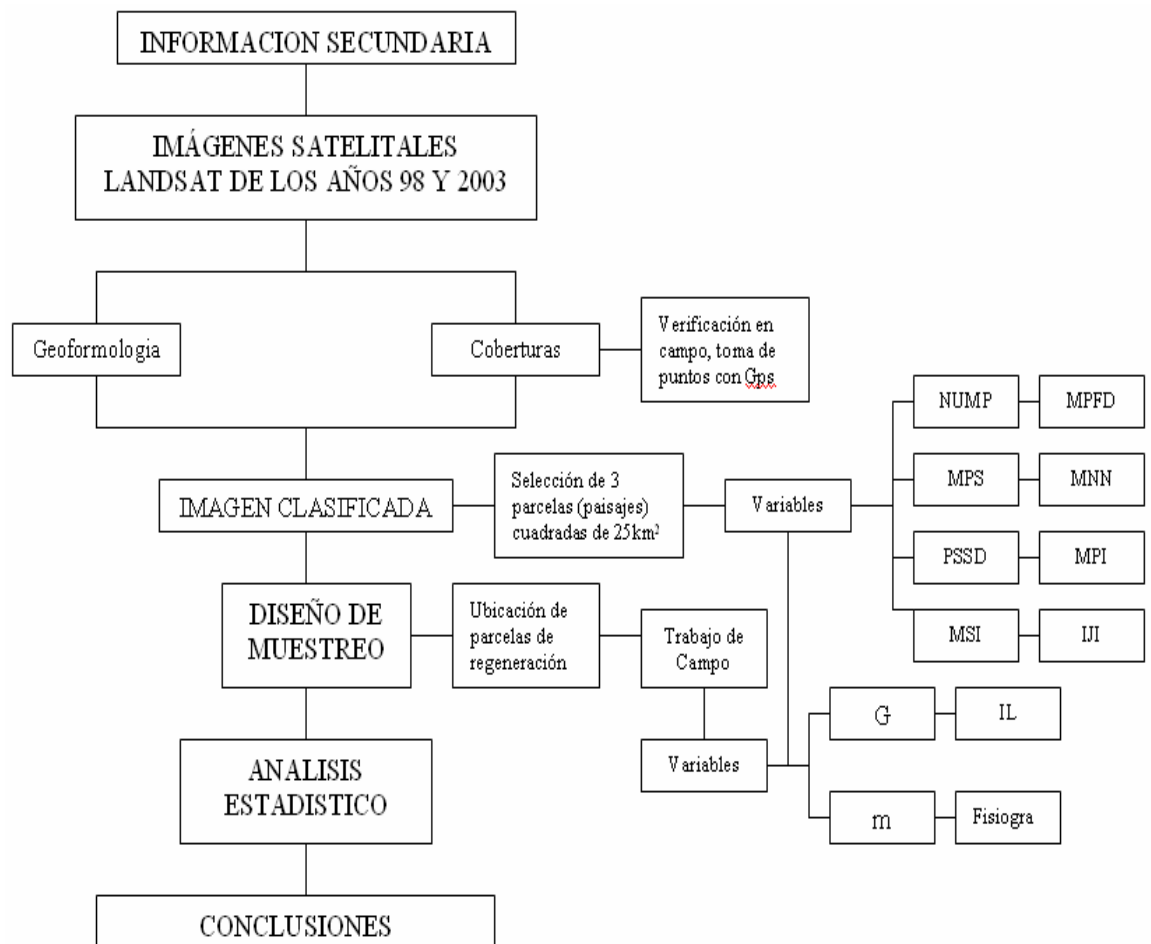
SOLANO Clara et al. Estrategia de desarrollo sostenible corredor de conservación Guantiva- La Rusia- Iguaque[online]. Kamu. 2005. <www.natura.org.co/pdf/BL-librocorredor.pdf>

SOLANO, C. y VARGAS , N . Memorias del I Simposio Internacional de Robles y Ecosistemas Asociados. Bogotá: Fundación Natura-Pontificia Universidad Javeriana, 2006 p. 14.

SHEIBNER Stephan Ecología del paisaje [online] . Distrito Federal, México: Gaceta Ecológica. 2003. < [www. redalyc.org](http://www.redalyc.org)>

ANEXOS

Anexo # 1 Flujograma de la metodología del trabajo.



Anexo # 2 Datos; obtenidos en a) Clarete b)La rejoya c) Pisoje de la parcela de 3600 m², donde cada subparcela de 400 m² fue evaluada el área basal, la pendiente y el porcentaje de Luz, la parcela de regeneración fue realizada en parcelas de 25 m² utilizando un muestro aleatorio simple.

No subparcela	No individuos	m	G	%L
1	17	6.5	0.59338952	0.30%
2	13	9	0.83401431	23.10%
3	15	12.5	0.73866697	0.05%
4	9	7	0.30198559	1.90%
5	11	14	0.86048223	0.70%
6	5	2	0.87375546	36.30%
7	6	4	0.23043582	37.70%
8	10	14.5	0.34031302	0.20%
9	11	8.5	0.41186987	25.70%

a) Variables de sitio en Clarete

No subparcela	No individuos	m	G	%L
1	7	10	1.09862679	0.10%
2	34	3	0.84632314	13.50%
3	52	2	1.11344023	2.90%
4	48	2	0.11961568	11.90%
5	50	8	1.47794242	14.00%
6	61	6	0.53011924	20.30%
7	22	2	1.80900503	16.50%
8	19	3	0.86464641	0.30%
9	21	3	0.75318483	0.20%

b) Variables de sitio en la Rejoya

No subparcela	No individuos	m	G	%L
1	15	20	1.25690016	0.08%
2	75	37	0.53267701	36.50%
3	58	43	0.87585718	8.20%
4	44	44	0.81733167	28.30%
5	42	3	0.85520357	9.30%
6	33	2	0.65361699	30.50%
7	68	3	0.78123948	5.90%

8	107	22	0.73432058	27.70%
9	83	23	0.68321551	25.20%

c) Variables de sitio en Pisoje

Anexo # 3 Matriz de Correlación de Pearson , realizada a las variables de sitio para cada Paisaje.

Matriz de Correlaciones Clarete

	No individuo	m	G
m	0.471 0.200		
G	0.246 0.523	0.103 0.793	
IL	-0.650 0.058	-0.721 0.028	-0.025 0.950

Matriz de Correlaciones Rejoja

	No individuo	m	G
m	-0.133 0.732		
G	-0.298 0.436	0.182 0.640	
IL	0.602 0.087	-0.032 0.936	0.051 0.896

Matriz de Correlaciones Pisoje

	No individuo	m	G
m	0.177 0.649		
G	-0.613 0.079	-0.030 0.938	
IL	0.439 0.237	0.275 0.474	-0.810 0.008

Anexo# 4 Variables seleccionadas del paisaje de 25 km² en a) Clarete b) La Rejoja c) Pisoje , utilizado la extensión Patch analyst 3 de arcview 3.2

	BP	BS	CULTIVOS	PR	PASTOS	RASTROJO	ROBLE
NUMP	5	21	12	24	47	7	4
MPS	6.56	13.78	14.17	19.65	19.08	25.48	127.52
PSSD	9.37	19.64	11.45	17.32	19.84	35.38	124.73
MSI	1.75	1.80	2.25	2.16	1.93	2.17	3.10
MPFD	1.38	1.40	1.39	1.36	1.35	1.40	1.34
MNN	1369.86	198.77	420.29	242.71	124.32	483.48	111.60
MPI	2.65	53.13	36.18	65.01	251.12	31.11	574.48
IJI	31.40	64.38	87.76	77.97	92.72	73.59	74.53

a) Variables del Paisaje evaluadas en Clarete

	BP	BS	CULTIVOS	PR	PASTOS	RASTROJO	ROBLE
NUMP	15	8	5	30	46	11	5
MPS	25.72	41.45	18.06	17.21	17.68	14.39	50.78
PSSD	35.08	58.49	11.34	16.48	16.40	15.94	64.65
MSI	1.98	2.95	1.98	1.93	1.96	1.87	2.95
MPFD	1.36	1.38	1.32	1.34	1.33	1.39	1.42
MNN	115.14	211.76	356.12	224.50	112.44	761.31	92.75
MPI	101.30	97.03	7.52	128.74	248.26	2.13	195.37
IJI	75.86	87.17	78.19	89.65	91.28	82.51	70.38

b) Variables del Paisaje evaluadas en la Rejoja

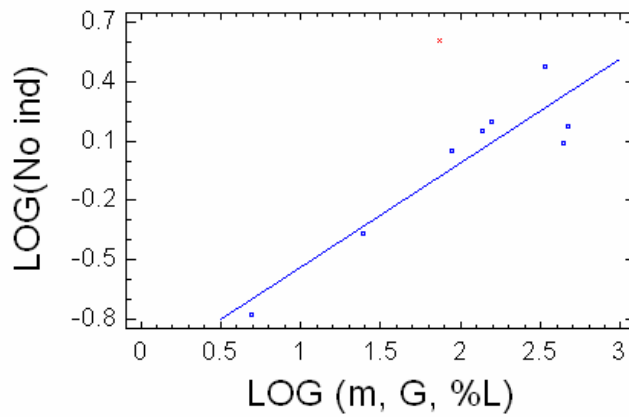
	BP	BS	CULTIVOS	PR	PASTOS	RASTROJO	ROBLE	BI
NUMP	29	24	24	56	74	45	16	13
MPS	14.39	10.85	5.25	8.57	8.97	7.48	5.30	14.39
PSSD	21.28	14.93	3.56	15.47	12.63	8.88	4.82	21.17
MSI	1.88	1.79	1.54	1.71	1.69	1.64	1.68	1.85
MPFD	1.33	1.33	1.31	1.33	1.32	1.32	1.33	1.32
MNN	275.33	224.44	382.44	183.16	122.44	139.13	259.60	402.53
MPI	31.81	31.68	2.57	46.59	85.39	21.80	11.04	18.61
IJI	92.68	88.34	92.04	92.54	94.04	90.24	90.20	79.66

b) Variables del Paisaje evaluadas en Pisoje

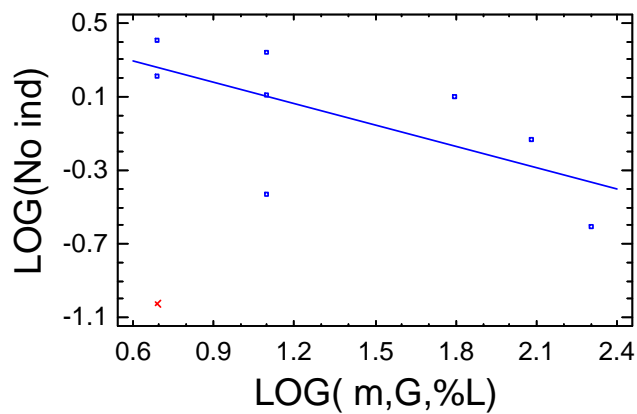
NUMP: Número de Parches; **MPS:** Área Promedio; **PSSD:** Desviación Estándar; **MSI:** Índice de Forma;; **MPFD:** Dimensión Fractal, **MNN:** Distancia media al vecino más próximo; **MPI:** Grado de aislamiento, fragmentación, **IJI:** Dispersión/adyacencia de una clase respecto al resto

Anexo # 5, Gráficas de regresión para cada Paisaje, utilizando el número de individuos como variable respuesta y la pendiente, área basal, porcentaje de Luz de cada parcela, como variables independientes.

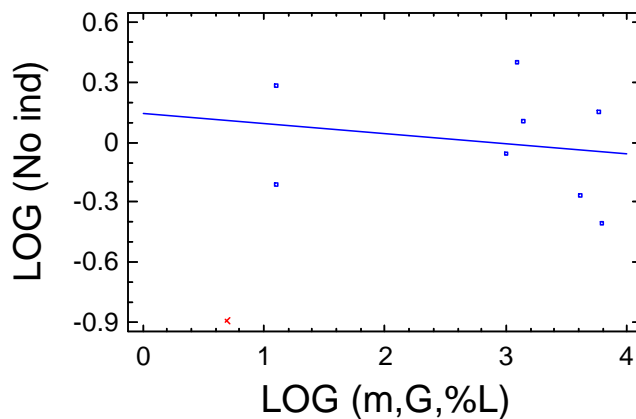
Regresión múltiple, paisaje de Clarete



Regresión múltiple, paisaje de la Rejoja



Regresión múltiple, paisaje de Pisoje



Anexo # 6 Clasificación de la forma de Fragmentos del Bosque de Roble, para cada Paisaje

Clarete

FORMA	RANGO	N°	%
REDONDO	<1.25	0	0
OVAL REDONDO	1.25-1.5	0	0
OVAL OBLONGO	1.5-1.7	1	25
RECTANGULAR OBLONGO	1.7-2	1	25
AMORFO	>2	2	50
TOTAL		4	100

Rejoja

FORMA	RANGO	N°	%
REDONDO	<1.25	0	0
OVAL REDONDO	1.25-1.5	1	20
OVAL OBLONGO	1.5-1.7	1	20
RECTANGULAR OBLONGO	1.7-2	1	20
AMORFO	>2	2	40
TOTAL		5	100

Pisoje

FORMA	RANGO	N°	%
REDONDO	<1.25	0	0
OVAL REDONDO	1.25-1.5	8	50
OVAL OBLONGO	1.5-1.7	4	25
RECTANGULAR OBLONGO	1.7-2	1	6.25
AMORFO	>2	3	18.8
TOTAL		16	100

Anexo # 7 Análisis de Componentes Principales de las variables de sitio y de paisaje.

Proporción	51.5%	39.9%	3.4%
VARIABLE	PC1	PC2	PC3
subparcela	-0.242	0.053	-0.019
Noindividuos	-0.180	0.042	0.368
Pendiente	-0.092	0.147	0.007
Área Basal	-0.079	-0.090	-0.579
% Luz	-0.029	0.093	0.713
BS1	0.004	0.279	-0.039
ROBLE1	-0.197	0.167	-0.033
BP1	-0.236	0.079	-0.022
BS2	-0.026	-0.278	0.038
ROBLE2	0.246	-0.012	0.013
BP2	-0.141	-0.229	0.026
BS3	-0.023	-0.278	0.038
ROBLE3	0.242	-0.053	0.019
BP3	-0.153	-0.219	0.024
BS4	-0.045	-0.275	0.037
ROBLE4	0.200	-0.162	0.032
BP4	-0.099	-0.256	0.032
BS5	0.228	-0.106	0.026
ROBLE5	-0.021	-0.278	0.039
BP5	0.236	-0.078	0.022
BS6	-0.242	0.051	-0.018
ROBLE6	-0.168	0.204	-0.037
BP6	0.222	0.122	-0.007
BS7	0.033	-0.277	0.041
ROBLE7	0.246	0.002	0.011
BP7	-0.114	-0.248	0.03
BS8	-0.236	-0.080	0
ROBLE8	-0.150	0.221	-0.038
BP8	-0.246	-0.018	-0.009

BS: Bosque Secundario, Roble: Bosque de Roble, BP: Bosque Plantado; 1: número de Parches, 2: Área promedio, 3: Desviación Estándar, 4: Forma de los Parches, 5: Relación área/dimensión, 6: Distancia al vecino más próximo, 7: Índice de proximidad media, 8 Índice de Yuxtaposición

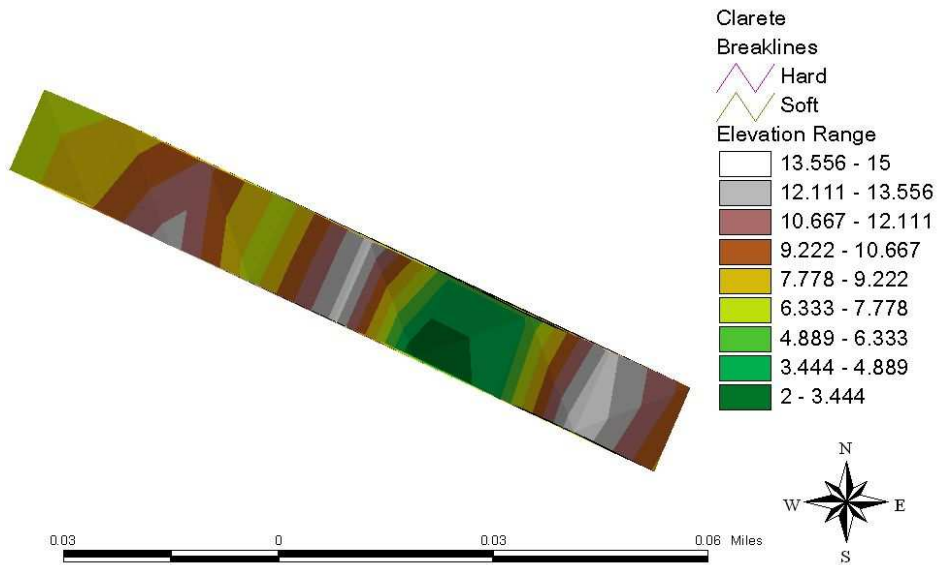
Anexo # 8 Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables de Paisaje y la densidad de Regeneración del Roble (*Quercus humboldtii*)

Variables del Paisaje	Regeneración de Roble (Número de ind)
Número de Parches de B. Secundario	
Número de Parches de B. de Roble	0.65
Número de Parches de B. Plantado	0.72
Área promedio del B. Secundario	
Área promedio del B. Roble	-0.71
Área promedio del B. Plantado	
Forma de los Parches de B. Secundario	
Forma de los Parches de B. Roble	-0.66
Forma de los Parches de B. Plantado	
Relación area/dimensión de los parches de B.Secundario	-0.71
Relación area/dimensión de los parches de B.Roble	
Relación area/dimensión de los parches de B.Plantado	-0.72
Distancia al vecino más próximo, parches de B.Secundario	0.72
Distancia al vecino más próximo, parches de B.Roble	
Distancia al vecino más próximo, parches de	

B.Plantado	
Índice de proximidad media, parches de B.	
Secundario	
Índice de proximidad media, parches de B.	-0.71
Roble	
Índice de proximidad media, parches de B.	
Plantado	
Índice de Yuxtaposición, parches de B.	0.64
Secundario	
Índice de Yuxtaposición, parches de B. Roble	
Índice de Yuxtaposición, parches de B.	0.70
Plantado	

Anexo # 9 Fisiografía de las Parcelas de Regeneración:

Clarete



Rejoa

