

**ANÁLISIS DEL PAISAJE Y DE SU RELACIÓN CON CARACTERÍSTICAS
FLORÍSTICAS DE LOS BOSQUES NATURALES DE LA COMPAÑÍA SMURFIT
KAPPA CARTÓN DE COLOMBIA, EN EL NÚCLEO MESETA, MUNICIPIOS DE
POPAYAN Y CAJIBIO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



**ILDA YANETH CRIOLLO
SERGIO BASTIDAS PEÑA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERIA FORESTAL
POPAYAN CAUCA
2011**

**ANÁLISIS DEL PAISAJE Y DE SU RELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS
FLORÍSTICAS DE LOS BOSQUES NATURALES DE LA COMPAÑÍA SMURFIT
KAPPA CARTÓN DE COLOMBIA, EN EL NÚCLEO MESETA, MUNICIPIOS DE
POPAYAN Y CAJIBIO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

**ILDA YANETH CRIOLLO
SERGIO BASTIDAS PEÑA**

**Trabajo de grado en la modalidad de investigación para optar al título de
Ingeniero Forestal**

**Director:
Ing. ROMAN OSPINA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERIA FORESTAL
POPAYAN CAUCA
2011**

Nota de aceptación

Aprobado por los jurados en cumplimiento a los requisitos exigidos por la Universidad del Cauca para optar el título de Ingeniero Forestal.

ROMÁN OSPINA MONTEALEGRE
Director

ALEXANDER CABEZAS GAVIRIA
Presidente de Jurado

HERNANDO VERGARA
Jurado

Popayán, 07 de Abril de 2011

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios, por darnos la fortaleza y sabiduría necesaria para poder afrontar esta importante etapa de nuestras vidas.

A nuestros padres por su incondicional apoyo y sabios consejos.

A nuestros hermanos, porque son un excelente ejemplo de vida.

A nuestros profesores, por su enseñanza, consejos y valores fomentados durante nuestra formación universitaria.

A nuestro director, MSc. Román Ospina Montealegre, por su orientación en esta investigación.

A la MSc. Catalina García, por ser la directora del proyecto general del convenio.

Al Biólogo Fernando Muñoz, por su orientación en el manejo de los Sistemas de Información Geográfica.

A la compañía SKCC, por permitir la ejecución de esta investigación.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mis padres Doris Peña y Juvenal Bastidas por su incondicional apoyo en el transcurso de mi carrera, por sus sabios consejos y comprensión.

A mi hermana Lorena Bastidas por el ejemplo de superación y fortaleza, además de acompañarme en esta etapa tan importante para mi vida.

A mis demás familiares y amigos que depositaron confianza en mí.

SERGIO BASTIDAS PEÑA.

Quiero dedicarle este trabajo A Dios que me ha dado la vida, la sabiduría y fortaleza para terminar este proyecto de grado, A mis Padres por estar ahí cuando más los necesité; en especial a mi madre por su ayuda y constante cooperación

A mis familiares y amigos por su palabra de apoyo durante el transcurso de mis estudios

ILDA YANETH CRIOLLO CH.

RESUMEN

Para caracterizar el paisaje presente en la meseta de Popayán y establecer las relaciones entre sus variables y los atributos de la flora propia de ellos, se estableció una muestra basada en cuatro parcelas, cada una de 25 km²; sobre cada una de las parcelas se determinaron las métricas para inferir sobre el paisaje, su riqueza, composición, diversidad y estructura; para esto se determinaron variables como el número de parches, área promedio, índice de forma, dimensión fractal y índices de dispersión /adyacencia y fragmentación. Posteriormente se estimaron los valores promedios por todo el paisaje para las variables ya establecidas en cada una de las parcelas; y se correlacionaron las variables de paisaje con las variables florísticas de los bosques naturales. El patrón del paisaje de la meseta sugiere que se trata de un paisaje fragmentado debido a que su matriz es pastos, categoría que domina el paisaje con un porcentaje promedio de 30.97% del área total, seguida por el bosque natural con el 29.58%. En general los parches presentan un área promedio de 0,49 ha, lo cual indica que la mayoría de los parches presentan un tamaño pequeño , influyendo en el índice de forma promedio de las categorías, debido a que la forma de los parches pequeños tiende a ser más compacta y la de los parches grandes más irregular. En cuanto a la configuración espacial de los parches, estos presentaron una buena continuidad, adyacencia y poca dispersión en las categorías de pastos y bosque natural con poca variabilidad a lo largo del paisaje. Se obtuvo un número considerable de correlaciones estadísticamente significativas, entre las variables de paisaje y las florísticas de los bosques estudiados; sin embargo la relación entre la forma de los parches de bosque natural y la diversidad de los mismos fue relevante.

Palabras claves: Dispersión, Diversidad, Fragmentación, Matriz,Paisaje,Riqueza.

ABSTRACT

In order to characterize the current plateau landscape of Popayán and establish associations among its typical flora variables and attributes, it was established a sample according to four plots, 25 km² each. We determined metrics in each plot in order to infer different aspects about the landscape such as its richness, composition, diversity and structure; so we determined variables as the number of patches, average area, shape index, fractal dimension and index of dispersion / adjacency and fragmentation. Subsequently, we estimated the average values across the landscape for the variables already established in each plots, and we correlated landscape variables with floral landscape variables of natural forests. The landscape pattern of the plateau suggests that it is a fragmented landscape because its matrix is pastureland, a category that dominates the landscape with an average rate of 30.97% of the total, followed by natural forest with 29.58%. In general, the patches have an average area of 0.49 ha, which indicates that most of the patches have a small size, influencing the average index shape of the categories, because the form of small patches tend to be more compact and the form of large patches more irregular. As for the spatial configuration of the patches, they had good continuity, adjacency and low dispersion in the categories of pastures and natural forests with little variability across the landscape. We obtained a number of statistically significant correlations between landscape variables and floral characteristics of the studied forests. However, the relationship between the natural forest form of patches and their diversity was significant.

Keywords: Dispersion, Diversity, Fragmentation, Landscape, Matrix, Richness.

GLOSARIO

AISLAMIENTO/PROXIMIDAD: tendencia que pueden presentar los parches de una clase a estar separados espacialmente de parches de su misma clase. La proximidad es una forma alternativa de establecer el aislamiento, y está asociada a la idea de un “vecindario” cuya magnitud posibilita analizar la cercanía entre parches de una misma clase.

COMPOSICIÓN DEL PAISAJE: es el atributo del patrón del paisaje más fácilmente cuantificable, y se refiere a él como la variedad y abundancia de los tipos de parche en el paisaje, sin considerar su disposición en el espacio McGarigal (2002).

CONECTIVIDAD: busca dar respuesta al grado de conectividad funcional entre los parches de una clase de cobertura o ecosistema. Tal conectividad funcional depende del proceso ecológico a analizar y del criterio del investigador.

CONFIGURACIÓN DEL PAISAJE: entendida también como estructura del paisaje o de los parches, la configuración se refiere al arreglo específico de los elementos espaciales al interior de la clase o del paisaje (Turner et al. 2001)

CORREDORES: franjas estrechas de terreno que se diferencian de la matriz a ambos lados. Los corredores pueden ser franjas aisladas, pero también pueden ser parches adjuntos de vegetación similar. La función de los corredores varía, como en los demás casos, del organismo que se considere, debido a las diferencias que existen en la percepción de cada uno de ellos del medio que les rodea

DISPERSIÓN: tendencia de los parches a ostentar distribuciones regulares o contagiosas (concentradas). Comúnmente los índices asociados a este aspecto son transformaciones de los índices de distancia al vecino más cercano (aislamiento) en términos de la relación entre la desviación estándar y la media de las distancias al vecino más cercano de cada uno de los parches de cada clase.

ECOLOGÍA DEL PAISAJE: se ocupa de las relaciones entre características a nivel de paisaje y los patrones y procesos que ocurren a esta escala. También aborda la conservación y el mantenimiento de los procesos ecológicos y la biodiversidad en ecosistemas completos.

HÁBITAT INTERIOR: el grupo de índices diseñados para este aspecto intentan integrar el concepto de efecto de borde a la evaluación de la configuración del paisaje, entendiendo este fenómeno ecológico como aquella franja alrededor de cada parche donde el proceso objeto de análisis (clima, diversidad de especies, presencia de una especie particular, etc.

ÍNDICES DEL PAISAJE: expresiones de relaciones espaciales y ecológicas que permiten evaluar la integridad de la estructura del paisaje.

MATRIZ: se compone del elemento más extenso y más conectado del paisaje, y que por tanto juega el rol dominante en el funcionamiento del mismo. (Forman y Godron, 1986).

MOSAICO DEL PAISAJE: una mezcla de retazos naturales manejados por el hombre que varían en tamaño forma y ordenación espacial.

PAISAJE: unidad de estudio de la ecología del paisaje incluye todos los atributos (área, relieve, forma del perímetro, configuración etc.) en una estructura dinámica distinguible en el tiempo como ente evolutivo y en el espacio como todo lo que se aprecia en una sola mirada, se dice también del compuesto de atributos naturales y humanos que caracterizan la superficie de la tierra a una escala.

PARCHES: son unidades homogéneas de terreno con características que permiten distinguirlo o diferenciarlo claramente de lo que lo rodea

PATRÓN DEL PAISAJE: un paisaje observado desde una vista aérea aparece como un mosaico de parches y corredores inscritos en una matriz circundante, los cuales forman el patrón del paisaje, el cual en muchos casos parecen iguales (Forman 1995).

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. MARCO TEORICO	16
1.1 EL PAISAJE	16
1.2 PATRÓN DEL PAISAJE	16
1.3 COMPOSICIÓN DEL PAISAJE	16
1.3.1 Los parches	16
1.3.2 Los corredores	17
1.3.3 La matriz	17
1.4. ECOLOGÍA DEL PAISAJE	17
1.5. CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE	17
1.5.1. Índices de Composición del paisaje	18
1.5.2. Índices de configuración espacial del paisaje	19
1.5.3. Diversidad de los paisajes (SDI)	20
1.6. LA FRAGMENTACIÓN DEL BOSQUE Y SUS EFECTOS	20
1.7. CONECTIVIDAD DEL PAISAJE	21
1.8 GÉNESIS Y TRANSFORMACIÓN DE PAISAJE	21
2.METODOLOGÍA	22

2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	22
2.2 MÉTODO DE TRABAJO	23
2.2.1 Interpretación y clasificación de la Imagen	23
2.2.2 Validación de la información en campo	25
2.2.3 Caracterización del paisaje	25
2.2.4 Análisis de la información	25
3. RESULTADOS	27
3.1 PATRÓN DEL PAISAJE	27
3.1.1 Riqueza y Composición	27
3.1.2 Estructura	28
3.2 DIVERSIDAD	32
3.3 RELACIÓN ENTRE VARIABLES DEL PAISAJE Y CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS DE LOS BOSQUES NATURALES	33
4. DISCUSIÓN	34
5. CONCLUSIONES	38
6. RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFIA	

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de las categorías de clasificación de coberturas evaluadas en el núcleo meseta entre los municipios de Popayán y Cajibío en el departamento del Cauca	24
Cuadro 2. Características florísticas de los bosques naturales en el núcleo forestal meseta - SKCC.	26
Cuadro 3. Porcentaje del paisaje representado por cada una de las coberturas encontradas en el paisaje del Núcleo Meseta.	27
Cuadro 4. Porcentaje del número de parches de cada cobertura encontrada en el paisaje Núcleo Meseta.	28
Cuadro 5. Numero de parches y su área promedio, encontrados en el paisaje Núcleo Meseta.	28
Cuadro 6. Área promedio de los parches de cada cobertura encontrada en el paisaje del Núcleo Meseta.	29
Cuadro 7. Distribución de la abundancia relativa de parches de bosque natural por categoría de tamaño, evaluado en el paisaje núcleo meseta.	30
Cuadro 8. Forma promedio de los parches de acuerdo a su categoría de uso en el paisaje Núcleo Meseta.	31
Cuadro 9. Índices de configuración espacial según las diferentes categorías encontradas en el paisaje Núcleo Meseta	32
Cuadro10. Índice de diversidad paisajística evaluado en el paisaje Núcleo Meseta	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio, marco muestral y muestras	22
Figura 2. Relación del área promedio y número de parches, de las diferentes coberturas encontradas en el paisaje Núcleo Meseta.	29
Figura 3. Porcentaje del número de parches por categoría de forma y tamaño	30
Figura 4. Relación entre el área (ha) y el índice de forma de los parches de Bosque Natural en el paisaje meseta	31

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Composición del paisaje a partir de cuatro cuadrantes de 25 Km ² , 1) San José, 2) Claridad, 3) Chupillauta, 4) Primavera	45
Anexo B. Rango de Forma para los parches de las coberturas encontradas en el paisaje núcleo meseta.	49
Anexo C. Rango de Tamaño para los parches de las coberturas en el paisaje núcleo meseta.	49
Anexo D. Distribución del número de parches de bosque natural por categoría de forma, evaluado en el paisaje núcleo meseta.	49
Anexo E. Índices de configuración espacial según las diferentes categorías encontradas en el paisaje Núcleo Meseta.	50
Anexo F. Diagrama del análisis de componentes principales	51
Anexo G. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables de paisaje y las variables florísticas.	52

INTRODUCCIÓN

A través de diversos estudios que se han realizado sobre análisis del paisaje, se ha logrado demostrar que los efectos del mismo sobre la estructura, función y dinámica de los sistemas ecológicos dependen de su composición y configuración. Forman y Godrón (1986) definieron el paisaje como un territorio de características heterogéneas que comprende un mosaico de espacios naturales y antrópicos, que definen patrones espaciales y temporales, resultado de complejas interacciones entre factores físicos, biológicos, sociales y económicos, que suponen una relación entre la configuración espacial y los procesos. Es aquí donde la ecología del paisaje toma un papel importante y centra su análisis en las interacciones de los elementos que conforman el paisaje, sus componentes bióticos y abióticos y aspectos socioeconómicos y culturales.

Los sistemas de información geográfica (SIG) desarrollados actualmente son una alternativa para el estudio y análisis de los patrones espaciales y los procesos ecológicos asociados a ellos, representando una herramienta básica para el desarrollo, aplicación e interpretación de índices que permiten la cuantificación de atributos propios de la estructura, diversidad y composición del paisaje, sobre mapas digitales generados a partir de la interpretación de imágenes, o sobre mapas de coberturas del suelo existentes.

El presente estudio tuvo como propósito determinar los elementos que caracterizan el paisaje de la meseta de Popayán, y su relación con las características florísticas de los bosques naturales de la compañía Smurfit Kappa Cartón de Colombia, ubicados en el Núcleo Meseta, Departamento del Cauca.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 EL PAISAJE

Hay muchas formas diferentes que han definido el término “paisaje” pero todas las definiciones, coinciden en que es una superficie del terreno que contiene un mosaico de parches o de elementos de paisaje (McGarigal y Marks, 1995). Forman y Godron (1986) definieron el paisaje como “una porción heterogénea de terreno compuesta por un grupo de ecosistemas que interactúan entre sí y se repiten de forma similar a través del mismo”. Este concepto difiere del concepto tradicional de ecosistema, puesto que se centra en grupos de ecosistemas y en las interacciones que hay entre ellos.

Los paisajes no existen de forma aislada, cada paisaje anida en uno más grande que a su vez anida en otro mayor y así sucesivamente, o sea, cada paisaje se sitúa en un contexto o situación regional diferente independientemente de la escala o de cómo esté definido. De hecho, los paisajes son sistemas abiertos, energía, materia y organismos entran y salen del mismo (McGarigal y Marks, 1995).

1.2 PATRÓN DEL PAISAJE

Un paisaje observado desde una vista aérea aparece como un mosaico de parches y corredores inscritos en una matriz circundante, los cuales forman el patrón del paisaje, el cual en muchos casos parecen iguales (Forman 1995). Los patrones del paisaje se encuentran en todas las escalas espaciales desde el nivel local, hasta una escala continental, pasando por escalas intermedias de paisaje y regional (Noss, 1990). A cualquier escala los paisajes están compuestos por parches, corredores y matriz, siendo estos los elementos básicos para su análisis. Además, estos pueden ser de origen natural, antrópico o una mezcla de ambos; por lo tanto, los patrones espaciales consideran diversidad de ecosistemas, tipos de comunidad, estados sucesionales o usos de la tierra. (Forman y Godron, 1983)

1.3 COMPOSICIÓN DEL PAISAJE

Según el modelo de Forman (1995), el paisaje se compone de tres elementos espaciales; los parches, los corredores y la matriz. El tamaño y la configuración de estos elementos dentro del paisaje definen la estructura del mismo.

1.3.1 Los parches. Son unidades homogéneas de terreno con características que permiten distinguirlo o diferenciarlo claramente de lo que lo rodea; el paisaje se encuentra compuesto por un mosaico de estos parches que representan a distintos ecosistemas. Desde un punto de vista ecológico, los parches representan

áreas discretas bajo condiciones medioambientales relativamente homogéneas. Sus fronteras se distinguen porque presentan discontinuidades en las características medioambientales de su entorno o en las magnitudes relevantes para el organismo o el fenómeno ecológico que se considere (Wiens, 1993).

1.3.2 Los corredores. Los corredores son elementos lineales del paisaje que se definen como “franjas estrechas de terreno que se diferencian de la matriz a ambos lados. Los corredores pueden ser franjas aisladas, pero también pueden ser parches adjuntos de vegetación similar. La función de los corredores varía, como en los demás casos, del organismo que se considere, debido a las diferencias que existen en la percepción de cada uno de ellos del medio que les rodea (Forman y Godron, 1986).

1.3.3 La matriz. La matriz se compone del elemento más extenso y más conectado del paisaje, y que por tanto juega el rol dominante en el funcionamiento del mismo. Por ejemplo, en un área continua de bosque maduro, interrumpido por pequeñas manchas de matorral, el tipo de elemento que constituye la matriz es el bosque maduro, porque es el que tiene el área más grande, es el más conectado y el que ejerce una mayor influencia en los procesos ecológicos de la flora y la fauna. En la mayor parte de los casos se distingue la matriz de forma evidente, pero en otros no es fácil. De hecho la elección de la matriz depende del proceso que estamos considerando. En definitiva, la matriz del paisaje debe ser elegida en función de la escala y del fenómeno ecológico que se considere (Forman y Godron, 1986).

1.4. ECOLOGÍA DEL PAISAJE

La Ecología del Paisaje es una disciplina que se ocupa del estudio de las interacciones entre los aspectos temporales y espaciales del paisaje y sus componentes de flora, fauna, socioeconómicos y culturales. El tamaño y forma del paisaje puede estar definido por límites ecológicos (cuencas o tipos de bosques) límites arbitrarios (zonas de manejo o uso de la tierra) o una combinación de ambos. La ecología del paisaje se centra en las relaciones espaciales entre elementos del paisaje o ecosistemas; los flujos de energía, nutrientes minerales y especies entre los elementos; y en la dinámica ecológica del mosaico paisajístico a lo largo del tiempo (Forman, 1983).

1.5. CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE.

La composición del paisaje está representada principalmente las categorías de cobertura o de uso del suelo definidas por polígonos que resultan de la interpretación de una imagen. Por otra parte, la estructura requiere de la cuantificación de la geometría y arreglo espacial de las diferentes categorías o coberturas (Li and Reynolds, 1993). Se han propuesto muchos índices para

caracterizar varios aspectos de la estructura del paisaje (McGarigal y Marks, 1995; Forman and Godron 1986).

Los índices que cuantifican la geometría del paisaje miden las dimensiones físicas (generalmente tamaño y forma) de un polígono individual, o de todo el paisaje (Melgar, 2007). Los índices de composición del paisaje miden el número, proporción y tipos de hábitat. Los índices de configuración del paisaje miden el arreglo espacial de los polígonos, el contraste entre polígonos adyacentes y la conectividad entre polígonos del mismo tipo. Los índices que cuantifican la cantidad y densidad de bordes, miden la composición del paisaje, pero también pueden ser utilizados para calcular medidas de configuración como son los índices del vecino más cercano.

La mayoría de las medidas a nivel de parches pueden ser interpretadas como medidas de la fragmentación de hábitat, mientras que las medidas a nivel del paisaje pueden ser interpretadas como medidas de la heterogeneidad del paisaje. Existen diferentes índices para caracterizar el paisaje, desarrollados en su mayoría para el estudio de la fragmentación de los sistemas naturales y sus consecuencias sobre procesos ecológicos, como la productividad de los ecosistemas, la dinámica poblacional que afecta a la biodiversidad y otras propiedades y servicios de los sistemas naturales (Mateucci, 2005).

1.5.1. Índices de Composición del paisaje. McGarigal (2002) afirma que la composición es el atributo del patrón del paisaje más fácilmente cuantificable, y se refiere a él como la variedad y abundancia de los tipos de parche en el paisaje, sin considerar su disposición en el espacio, y debido a que la composición requiere de la integración de todos los tipos de parches, cualquier índice que se calcule dentro de este grupo sólo puede tenerse para todo el paisaje.

El número de parches equivale al número de polígonos correspondientes a un ecosistema presente y da una idea del grado de fragmentación de un tipo particular de ecosistemas y puede ser fundamentalmente importante, para un sinnúmero de procesos ecológicos; sin embargo, tiene limitaciones en su interpretación (individual), porque no conduce o contiene información de área, distribución y densidad de los fragmentos o parches (McGarigal, 1995).

El tamaño medio del parche equivale al área (en m^2) de cada parche, dividido por 10.000 para convertir a hectáreas y este permite calcular a nivel de clase y paisaje el Tamaño medio de los fragmentos (MPS), su desviación estándar (PSSD), Junto

con el número y la densidad de fragmentos, es un buen indicador de la heterogeneidad y nivel de fragmentación de un área de interés (McGarigal, 1995).

1.5.2. Índices de configuración espacial del paisaje. Entendida también como estructura del paisaje o de los parches, la configuración se refiere al arreglo específico de los elementos espaciales al interior de la clase o del paisaje (McGarigal (2002) afirma que algunos aspectos de la configuración del paisaje son estimaciones del carácter espacial de los parches en sí, aunque aspectos como la agregación pueden obtenerse a nivel de clases de parches o de todo el paisaje. McGarigal et al. (2002) enuncian como aspectos de la configuración del paisaje los siguientes.

El primero de ellos es la media índice de forma de parche, donde la forma de los polígonos permite determinar de cierta manera el grado de complejidad de los mismos por medio del cociente entre su perímetro (m) y área (m²), mientras más simple la forma se asemejara a un círculo o un cuadrado y el índice tendera a uno; y aumentara de manera infinita según aumente su complejidad, pero este índice tiene la tendencia de aumentar a medida que aumenta el área del polígono.

Otro aspecto es la media de la dimensión fractal de los parches la cual ha sido utilizada en el análisis de ecosistemas para cuantificar la complejidad de las formas de las coberturas en un paisaje. Ha sido empleada para medir el grado de disturbio humano en el paisaje, cuando los disturbios humanos se incrementan la dimensión fractal decrece. La dimensión fractal ha sido utilizada para mediciones, simulaciones y como una herramienta analítica espacial (Frohn, 1998). Según Frohn (1998) numerosos estudios han encontrado que la dimensión fractal del paisaje varía de acuerdo al tipo de uso de la tierra.

El índice al vecino más próximo, Es la medida más simple de aislamiento de los parches de una misma cobertura, cuanto mayor sea esta distancia, más aislados estarán los parches y por lo tanto más fragmentado se encontrara el paisaje.

El índice de proximidad media, informa el grado de aislamiento de los parches de una misma cobertura y depende del número, el tamaño y la distancia a la que se encuentran los otros fragmentos localizados dentro de un radio determinado, cuando no se encuentra ningún parche del mismo tipo dentro del radio, el valor es de 0; y éste aumenta a medida que crece el número de manchas y el tamaño, y disminuye la distancia entre estas. Esta medida de aislamiento y fragmentación de los parches usa la distancia del vecino más cercano para sus cálculos pero requiere de una distancia de proximidad designada.

Por ultimo está el índice de Yuxtaposición, que cuantifica que tan dispersos o agrupados están los parches de una misma cobertura en todo el paisaje, 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, expresada por una mayor adyacencia.

1.5.3. Diversidad de los paisajes (SDI). Medida ampliamente usada para medir la diversidad de las comunidades ecológicas, la cual representa la abundancia proporcional de cada tipo de ecosistema dentro de cada paisaje. SDI se incrementa a medida que aumenta el número de ecosistemas de diferente tipo y/o si la distribución proporcional del área de interés entre los tipos de ecosistemas se hace más equitativa. Este índice es 0 cuando el paisaje contiene solamente un ecosistema (no hay diversidad) (McGarigal, 1995).

1.6. LA FRAGMENTACIÓN DEL BOSQUE Y SUS EFECTOS.

La pérdida de hábitat y la fragmentación son los procesos que tienen mayor impacto sobre los ecosistemas forestales (WRI, 1998), poniendo en peligro la sostenibilidad de los bienes y servicios que estos proveen (Laurance *et al*, 1998). Aunque estos procesos pueden tener varios orígenes, están asociados principalmente a patrones de asentamientos humanos y de explotación del paisaje (Perzet *et al*, 2003). Como resultado, los procesos de fragmentación definen mosaicos de prácticas de uso del suelo, con coberturas arbóreas variables en su grado y diversidad (Boshier, 2004).

La reducción y la fragmentación del hábitat no solo tienen efectos obvios como la modificación del paisaje y la eliminación local de algunas especies, también pueden tener efectos en la viabilidad a largo plazo de poblaciones de ciertas especies por la reducción del número y aislamiento de sus individuos (Boshier, 2004); además, la fragmentación modifica los procesos ecológicos naturales de los ecosistemas, tanto por factores inherentes a los fragmentos como por la influencia de la matriz (Bennett, 1998). Estos efectos pueden extenderse a través de una red de interacciones interespecificas, siendo probablemente las más críticas aquellas que afectan directamente la producción de semillas (Murcia, 1996) y por ende el reclutamiento de nuevos individuos, pudiendo causar la extinción local de especies en los fragmentos (Turner, 1996).

Hay otras evidencias de que los elementos de un paisaje modificado pueden interactuar con resultados diferentes para la conservación de la diversidad genética, por ejemplo, los fragmentos de bosque y arboles aislados pueden proveer hábitat favorable para la polinización, dispersión y establecimiento de

plántulas (White *et al*, 1999) y los polinizadores introducidos pueden reemplazar o complementar a los insectos nativos en la fecundación de árboles aislados o fragmentos (Aizen y Feinsinger, 1994). Como en otros casos, los estudios del impacto de la fragmentación sobre la ecología reproductiva de especies arbóreas tropicales muestran una diversidad de resultados, los cuales dependen de características intrínsecas de las especies y sus polinizadores y de la disposición de elementos en el paisaje (Nason y Hamrick, 1997).

1.7. CONECTIVIDAD DEL PAISAJE

La conectividad ecológica o funcional, que se define como la capacidad del territorio para permitir los desplazamientos de los organismos entre los parches con recursos (Taylor *et al*, 1993), constituye una propiedad del territorio para una especie determinada o para un grupo funcional de especies con similares requerimientos ecológicos y capacidad dispersiva (del Barrio *et al.*, 2000). La noción de permeabilidad, que en ocasiones se emplea como sinónimo al de conectividad, posee una doble acepción, por una parte la referida a la conexión, intercambio y relación de distintas poblaciones de un determinado taxón y aquella tomada como una propiedad más general del territorio referida al mantenimiento de la conectividad para el conjunto de las diferentes especies que lo habitan (De Lucio *et.al.*, 2003).

1.8 GÉNESIS Y TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE

La meseta de Popayán presenta suelos de origen volcánico, producto de la acumulación de materiales arrojados por la dinámica de los volcanes del área de influencia, y está caracterizada por una geomorfología con relieves planos, ligeramente ondulados, ondulados y fuertemente ondulados, además han sufrido procesos de transformación ocasionados por factores como el clima, los organismos y material parental; originando los suelos volcánicos del orden taxonómico Andisoles; otros se han formado por depósitos de materiales de origen aluvio- coluviales que han sido trasladados desde las partes altas por las fuentes hídricas, o por efectos de la gravedad.

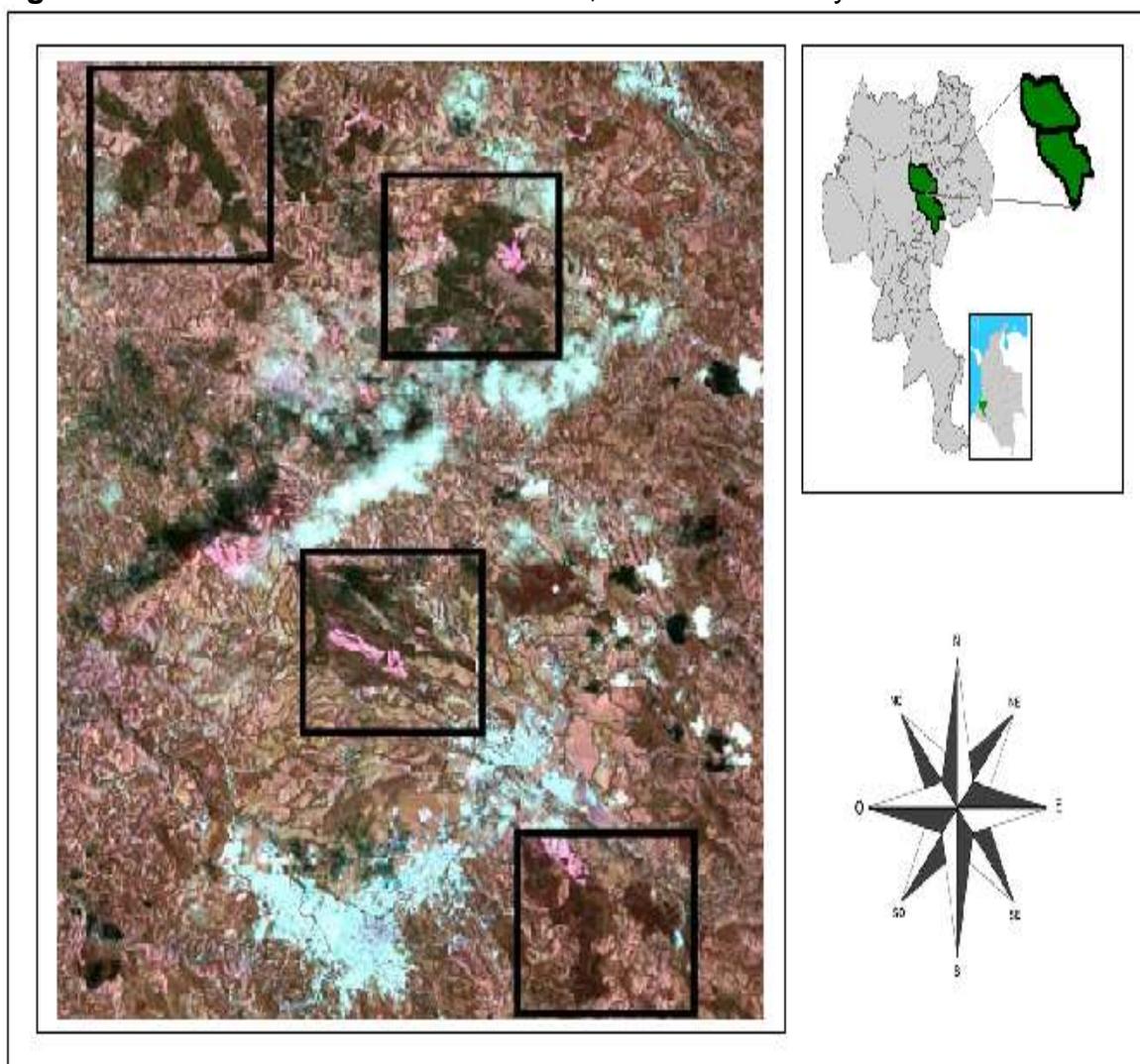
De acuerdo con la génesis y evolución, La Meseta de Popayán presenta suelos relativamente jóvenes y poco evolucionados con buenas condiciones físicas para el desarrollo radicular de la vegetación, retención de humedad y manejo, sin embargo son muy susceptibles al deterioro cuando son explotados mediante prácticas de uso y manejo inadecuadas, generando pérdida de la capacidad de retención de los fluidos, convirtiéndose en suelos endurecidos y altamente erosionables. (Plan de manejo de Humedales, CRC 2007).

2. METODOLOGÍA

2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El estudio se realizó en el departamento del Cauca, entre los Municipios de Popayán y Cajibío, entre las coordenadas $2^{\circ}26' 37.25''$ y $2^{\circ}40' 5.51''$ Norte y $74^{\circ}28' 33.84''$ y $74^{\circ}37' 11.13''$ Este, cubriendo un área de 400 km². La temperatura de la zona oscila entre los 18 y 20°C y se encuentra a una altura promedio de 1790 m.s.n.m. Los principales ríos que bañan el territorio de estudio son el Cauca, Palacé, Blanco, Cajibío y Pisoje.

Figura 1. Localización del área de estudio, marco muestral y muestras.



2.2 MÉTODO DE TRABAJO

El trabajo de investigación se realizó en cuatro etapas; la primera de ellas fue la generación de coberturas a partir de la interpretación y clasificación de una imagen satelital SPOT del año 2008, en segundo lugar se hizo la respectiva validación en campo de la información generada; la tercera etapa comprendió la caracterización del paisaje y por último el análisis de la información sobre las características del paisaje y su relación con los atributos del bosque.

2.2.1 Interpretación y clasificación de la Imagen satelital. Esta etapa se subdividió en 5 etapas. La primera de ellas consistió en la generación de Coberturas donde se realizó una interpretación de la imagen satelital SPOT del año 2008, mediante el programa ERDAS IMAGINE 9.1, con el cual se identificaron cada uno de sus componentes como la hidrografía, vegetación e infraestructura.

Para la delimitación de cada una de las parcelas se utilizó el programa Global Mapper el cual permite dibujar sobre la imagen los cuadrantes, obteniendo las coordenadas X y Y; utilizadas posteriormente en el programa Erdas para delimitar y cortar los cuadrantes

Delimitadas las parcelas se clasificaron las coberturas en categorías, asignando a cada polígono una etiqueta de identificación de acuerdo a la categoría de uso o cobertura del suelo correspondiente y su respectiva descripción basándose en las observaciones de los recorridos de campo, con ayuda de los programas ERDAS IMAGINE 9.1 y ArcGIS 9.2

La segunda etapa radicó en el mejoramiento del contraste a las imágenes originales con el fin de ayudar a optimizar los procesos de levantamiento de las categorías de coberturas.

En la tercera etapa se realizó la Definición de la leyenda preliminar, donde Teniendo en cuenta el objetivo de la investigación y el nivel de referencia que se tenía acerca del área, se elaboró una leyenda preliminar con nueve categorías de cobertura, las cuales se presentan en el cuadro 1.

En la cuarta etapa, para la selección de asignaturas espectrales se sugirió la composición a color 4,3,2 y con base en la categorización preliminar se realizó una clasificación digital supervisada, la cual se basó en el reconocimiento de áreas homogéneas dentro de cada una de las parcelas, para esto se realizaron

múltiples ensayos hasta obtener altos rangos de separabilidad espectral entre las categorías de coberturas, apoyándose en la cartografía existente de la zona, la observación durante los recorridos y con información del programa Google Earth 2010. Luego de este proceso se clasificaron los elementos del paisaje en un sistema jerárquico de categorías asignando a cada una de ellas un color y nombre específico de acuerdo con sus características.

Cuadro 1. Descripción de las categorías de clasificación de coberturas evaluadas en el núcleo meseta entre los municipios de Popayán y Cajibío en el departamento del Cauca.

No.	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN
1	Bosque Natural	Ecosistema, nativo, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, con la presencia de árboles maduros de diferentes edades, especies y porte variado.
2	Plantación Pino	Cobertura vegetal arbórea que ha sido plantada con fines de manejo y aprovechamiento forestal
3	Plantación Eucalipto	Cobertura vegetal arbórea que ha sido plantada con fines de manejo y aprovechamiento forestal
4	Rastrojo	Comprende áreas que presentan vegetación de tipo arbóreo arbustivo y herbáceo con alturas no superiores a los 5 metros de altura. Este tipo de cobertura es resultado de un proceso de sucesión sobre coberturas, de áreas donde se hizo tala raza, o sobre zonas de pastizales y cultivos que han sido abandonados y en donde las especies nativas pioneras han colonizado el sitio.
5	Pastos	Esta categoría incluye áreas con predominio de especies herbáceas, principalmente gramíneas, dedicadas a pastoreo permanente de bovinos, caprinos, mulares. De acuerdo con el proceso de interpretación realizado corresponde principalmente a coberturas de pastos limpios.
6	Cultivos	Vegetación compuesta por especies de uso agrícola
7	Zona urbana	Alta densidad de población y su extensión, así como por ser emisor de servicios y estar perfectamente dotado de infraestructuras.
8	Suelo desnudo	Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal debido a la ocurrencia de eventos tanto naturales como antrópicos
9	Cuerpos de agua	Pertencen a esta categoría superficies loticas y lenticas localizadas sobre el área de estudio, los cauces de ríos y quebradas.

Finalmente en la quinta etapa se realizó la disolución de la imagen, donde en el programa ArcGIS 9.2, las imágenes se convirtieron de raster a vector para posteriormente disolverlas, ayudando a borrar las líneas divisorias entre características contiguas y con el mismo atributo. El resultado de esta operación fue un mapa más sencillo ya que presenta una mejor categorización.

2.2.2 Validación de la información en campo. Las coberturas definidas por la interpretación de las imágenes satelitales, se corroboraron a partir de diferentes salidas de campo, con ayuda de la cartografía realizada por la empresa SMURFIT KAPPA CARTÓN DE COLOMBIA; utilizando las coordenadas obtenidas del mapa generado con la clasificación de coberturas y un GPS, asignando el nombre de las coberturas que se identificaron en campo.

2.2.3 Caracterización del paisaje. Para determinar el patrón del paisaje se seleccionó una muestra del paisaje constituida por 4 parcelas o cuadrantes de 25 km², sobre las escenas de la imagen satelital; para este proceso de selección se tuvo en cuenta que las áreas caracterizadas coincidieran con los sectores en donde se realizaron estudios previos de caracterización florística. Sobre cada una de las parcelas se determinaron las métricas para inferir sobre el paisaje, su riqueza, composición, diversidad y estructura; para esto se determinaron variables como: el número de parches, área promedio, índice de forma, dimensión fractal y índices de dispersión /adyacencia y fragmentación; empleando el programa Fragstats 3.3. El tamaño mínimo de los parches para su estudio fue de 100 m²

2.2.4 Análisis de la información. Se realizó una descripción general de todo el paisaje de la meseta con base en el promedio de los datos obtenidos de las variables a nivel de paisaje en cada uno de los cuadrantes, contando con el coeficiente de variación de los mismos. Lo anterior permitió establecer el patrón del paisaje, analizando los escenarios que se presentaron y los posibles efectos que se podrían generar en los procesos ecológicos de los diferentes ecosistemas, principalmente los bosques naturales.

Con los datos obtenidos en estudio previo sobre diversidad, composición y estructura de los bosques naturales (Ver cuadro 2) y los datos de las variables del paisaje se realizó un análisis de componentes principales; donde las variables con mayor aporte a la varianza del modelo generado, se tuvieron en cuenta para posteriormente correlacionarlas con las variables florísticas de los bosques de la meseta de Popayán, con el fin de determinar cuáles variables paisajísticas influyen significativamente en las características florísticas de los bosques.

Cuadro 2. Características florísticas de los bosques naturales en el núcleo forestal meseta - SKCC.

PAISAJE	DENSIDAD No DE TALLOS > 10 cm DAP / (Ha)	Pouteria p. Presencia o Ausencia	Aniba c. Presencia o Ausencia	Aiphanes e. Presencia o Ausencia	DIVERSIDAD MARGALEF	DIVERSIDAD SIMPSON (D)	DIVERSIDAD FISHER
SAN JOSE	570	0	4	0	55,111	0,162	8,195
CLARIDAD	710	0	0	0	43,378	0,139	5,781
CHUPILLAUTA	830	8	0	3	57,696	0,086	13,985
PRIMAVERA	450	4	3	0	57,972	0,042	19,895

Moriones, D *et al.* Estructura, composición y diversidad de los bosques naturales en el núcleo forestal meseta – SKCC. Popayán, Cauca 2010.

3. RESULTADOS

3.1 PATRÓN DEL PAISAJE

El patrón del paisaje núcleo meseta sugiere que se trata de un paisaje fragmentado por las actividades antrópicas, principalmente la ganadería extensiva.

3.1.1 Riqueza y Composición. En todo el paisaje de la meseta se reportaron 9 categorías de cobertura de suelo diferentes; Bosque natural, pastos, cultivos, infraestructura, rastrojo, plantaciones de eucalipto y pino, suelos desnudos y cuerpos de agua. De lo anterior la cobertura pastos es la matriz del paisaje, ocupando el 30.97 % del área total. La cobertura bosque natural ocupa el 29.58% del área total, las plantaciones de Pino 17.97%, y plantaciones de Eucalipto 8.92%; el suelo desnudo y los cultivos son las categorías menos representativas con 0.44% y 0.1% respectivamente. El bosque natural y pastos son coberturas que mostraron la menor variación a lo largo de todo el paisaje. Los datos se reportan en el cuadro 3 y los mapas de coberturas se presentan en el anexo A.

Por otra parte, se encontró que los rastrojos son la categoría con mayor abundancia de parches 25.15%, seguidos de las plantaciones de pino 21.96%, el bosque natural 14.31% y pastos 11.93%; además, se observó una poca variación en el porcentaje de parches de las coberturas la abundancia de parches de bosque natural, pastos y rastrojos a lo largo del paisaje, mientras que las plantaciones de pino, a pesar de tener una abundancia significativa en algunas zonas su presencia es baja o nula. Cuadro 4.

Cuadro 3. Porcentaje del paisaje representado por cada una de las coberturas encontradas en el paisaje del Núcleo Meseta.

COBERTURA	SAN JOSE	CLARIDAD	CHUPILLAUTA	PRIMAVERA	PROMEDIO	D.S	C.V %
PASTOS	30,90	28,01	35,23	29,73	30,97	3,08	9,95
BOSQUE NATURAL	26,78	35,36	27,25	28,92	29,58	3,96	13,39
RASTROJO	4,08	9,16	3,68	9,16	6,52	3,05	46,83
P. EUCALIPTO	2,51	22,20	8,70	2,27	8,92	9,34	104,75
P. PINO	27,91	0,00	19,50	24,49	17,97	12,47	69,38
INFRAESTRUCTURA	0,64	1,48	3,06	1,44	1,66	1,01	61,25
CULTIVOS	0,24	0,00	0,00	0,00	0,06	0,12	200,00
SUELO DESNUDO	0,02	0,13	0,23	1,38	0,44	0,63	143,04
AGUA	0,03	1,03	0,39	0,03	0,37	0,47	127,35

Cuadro 4. Porcentaje del número de parches de cada cobertura encontrada en el paisaje Núcleo Meseta.

COBERTURA	SAN JOSE	CLARIDAD	CHUPILLAUTA	PRIMAVERA	PROMEDIO	D.S	C.V %
BOSQUE NATURAL	17,82	15,60	10,88	12,95	14,31	3,03	21,18
PASTOS	13,01	14,33	9,05	11,34	11,93	2,28	19,09
RASTROJO	24,24	31,60	17,91	26,86	25,15	5,71	22,68
P. EUCALIPTO	12,89	20,51	6,64	0,83	10,22	8,45	82,68
P. PINO	21,70	0,00	34,53	31,60	21,96	15,63	71,20
INFRAESTRUCTURA	4,60	7,09	14,96	6,12	8,19	4,63	56,49
CULTIVOS	0,57	0,00	0,00	0,00	0,14	0,28	200,00
SUELO DESNUDO	0,14	0,26	1,68	4,11	1,55	1,84	119,19
AGUA	0,05	1,59	1,79	0,07	0,88	0,95	108,06

3.1.2 Estructura. El número de parches en el paisaje del Núcleo Meseta vario entre 4221 y 7010 y el área promedio por parche fue de 0,48 hectáreas, la cual tiende a variar un poco en algunas zonas, con una mínima área de 0,36 ha y una máxima de 0,6 ha. Cuadro No 3. También se encontró que los parches de pasto presentaron la mayor área promedio 1.32 ha, seguida de los parches de bosque natural 1.01 ha; mientras que los parches de las plantaciones de eucalipto y Pino presentaron áreas promedio de 0.57 y 0.34 ha respectivamente. Ver Cuadros 5 y 6.

Cuadro 5. Numero de parches y su área promedio, encontrados en el paisaje Núcleo Meseta.

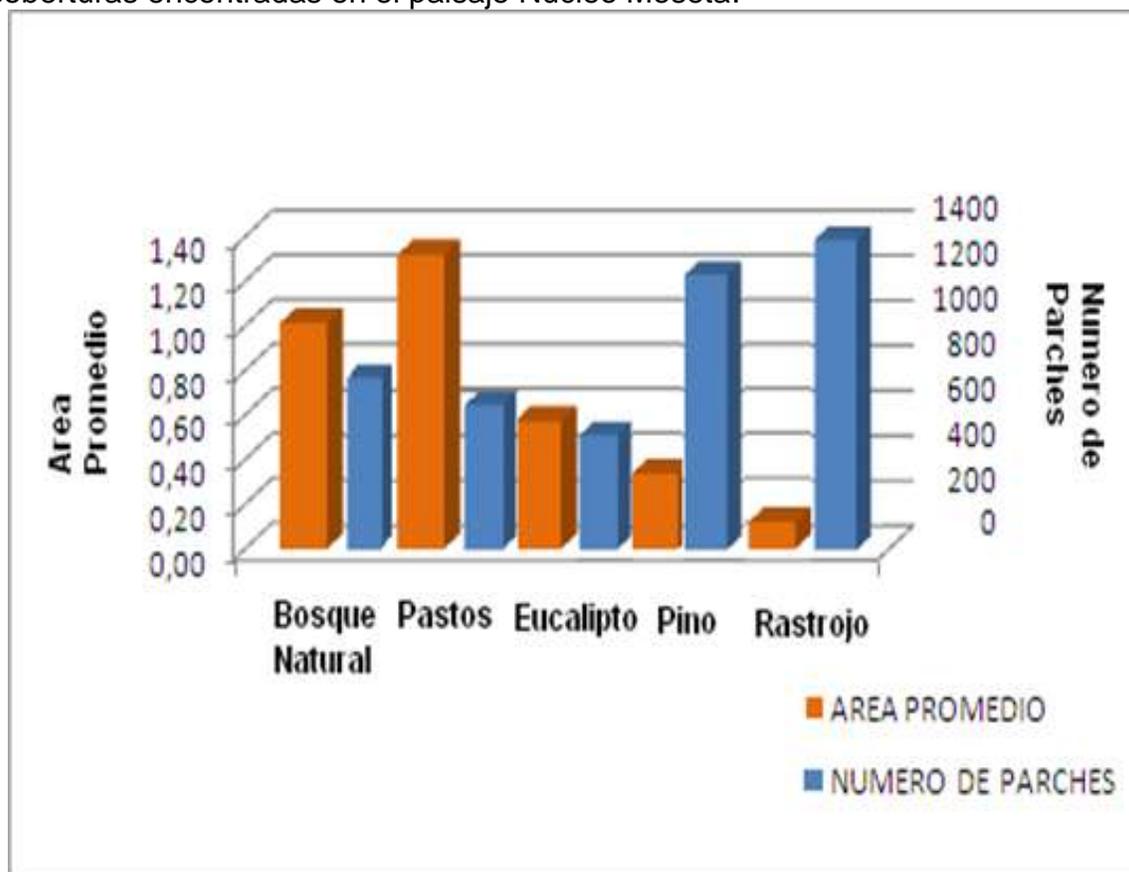
	Primavera	Claridad	San Jose	Chupillauta	Promedio	D.S	C.V%
Numero de Parches	7010	5333	4221	5074	5410	1167,98	21,59
Area Promedio	0,36	0,47	0,6	0,5	0,48	0,10	20,47

Además, el área promedio de los parches de plantaciones de pino y eucalipto, y de pasto mostraron una tendencia a variar a lo largo del paisaje, contrario al bosque natural y rastrojo, los cuales presentan áreas estables a lo largo del mismo. Figura 2.

Cuadro 6. Área promedio de los parches de cada cobertura encontrada en el paisaje del Núcleo Meseta.

COBERTURA	SAN JOSE	CLARIDAD	CHUPILLAUTA	PRIMAVERA	PROMEDIO	D.S	C.V %
BOSQUE NATURAL	0,91	1,08	1,25	0,82	1,01	0,19	18,98
PASTOS	1,44	0,93	1,95	0,96	1,32	0,48	36,54
RASTROJO	0,10	0,14	0,10	0,12	0,12	0,02	14,85
P. EUCALIPTO	0,12	0,51	0,66	1,00	0,57	0,37	63,89
P. PINO	0,78	0,00	0,28	0,28	0,34	0,32	96,43

Figura 2. Relación del área promedio y número de parches, de las diferentes coberturas encontradas en el paisaje Núcleo Meseta.



Con respecto a los parches de bosque natural, el 99.7% de ellos resultaron pequeños < 50 ha y solo el 0.2% fueron grandes (> 100 ha), tendencia que se mantuvo a lo largo del paisaje, esta situación varía en algunas zonas, donde el porcentaje de fragmentos grandes de bosque natural es bajo. Cuadro 7.

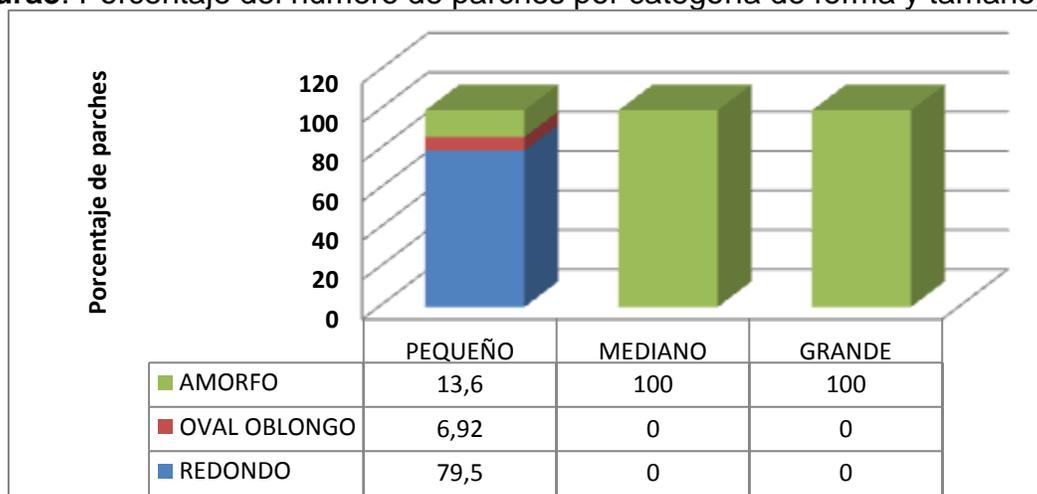
Cuadro 7. Distribución de la abundancia relativa de parches de bosque natural por categoría de tamaño, evaluado en el paisaje núcleo meseta.

TAMAÑO	PRIMAVERA	CHUPILLAUTA	SAN JOSE	CLARIDAD	PAISAJE MESETA	D.S	C.V%
Muy Pequeño	98,35	98,01	98,94	98,44	98,43	0,38	0,39
Pequeño	1,43	1,63	0,80	1,20	1,27	0,36	28,24
Mediano	0,11	0,18	0,00	0,12	0,10	0,08	73,33
Grande	0,11	0,00	0,13	0,12	0,09	0,06	67,47
Muy Grande	0	0,18	0,13	0,12	0,11	0,08	70,91

La forma de los parches no presentó diferencias significativas entre las diferentes categorías de ecosistemas, donde el índice de forma promedio de los mismos no supero el 1.5, indicando que la mayoría de los parches tienen una forma más regular. Cuadro 8.

En promedio el 66,54% de los parches de bosque natural presentan formas regulares, mientras que el 10,58% de los parches tienden a tener formas más amorfas o alargadas, esta situación se presenta de igual manera en todo el paisaje con pocas variaciones. Por categoría de tamaño, el 79,5 % de los parches pequeños son de forma redonda, 13,6% con forma amorfa, y el 6,92% con forma oval oblonga; mientras que en las categorías de tamaño mediano y grande el 100% de los parches son de forma amorfa. Lo anterior explica el hecho que la mayoría de los parches de bosque en todo el paisaje presentan formas más compactas. Ver anexo D y Figuras 3 y 4.

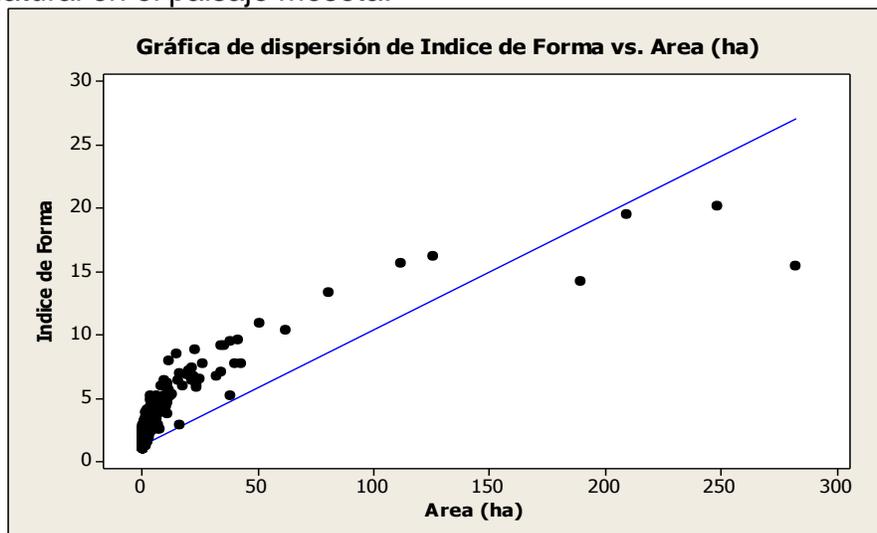
Figura3. Porcentaje del número de parches por categoría de forma y tamaño.



Cuadro 8. Forma promedio de los parches de acuerdo a su categoría de uso en el paisaje Núcleo Meseta.

CUADRANTE	BOSQUE NATURAL	PASTOS	RASTROJO	P. EUCALIPTO	P. PINO
SAN JOSE	1,33	1,36	1,14	1,07	1,18
CLARIDAD	1,31	1,39	1,20	1,08	**
CHUPILLAUTA	1,41	1,43	1,11	1,20	1,16
PRIMAVERA	1,44	1,44	1,17	1,27	1,19
PROMEDIO	1,37	1,41	1,16	1,16	1,18
D.S	0,06	0,04	0,04	0,10	0,02
C.V %	4,55	2,63	3,35	8,38	1,30

Figura 4. Relación entre el área (ha) y el índice de forma de los parches de Bosque Natural en el paisaje meseta.



En cuanto a la configuración espacial, las categorías analizadas fueron Bosques naturales, Plantaciones, Rastrojos y Pastos, dado que fueron las más comunes en el paisaje. Con relación al índice al vecino más próximo, se encontró que los parches menos aislados fueron los de bosque natural; mientras que para la cobertura plantaciones de eucalipto esta variable fue muy superior a todas las demás coberturas, indicando un mayor aislamiento entre los parches. Por otro lado, el índice de proximidad media indicó que las coberturas pastos y bosque natural tienen bajo grado de aislamiento, con valores que varían a lo largo de todo el paisaje, presentándose casos donde el aislamiento de los parches es mayor en unas zonas que otras. Por último el índice de yuxtaposición, indicó que las coberturas bosque natural y pastos, tienen un índice alto de adyacencia, sugiriendo que la dispersión de los parches es más homogénea y su

distribucionesequitativa por todo el paisaje de la meseta; esta tendencia se da en todo el paisaje ya que sus valores no varían.Ver Cuadro 9 y anexo E.

Cuadro 9. Índices de configuración espacial según las diferentes categorías encontradas en el paisaje Núcleo Meseta.

COBERTURA	INDICE VECINO MAS PROXIMO	INDICE DE PROXIMIDAD MEDIA	INDICE DE YUXTAPOSICION
BOSQUE NATURAL	48,56	238,75	64,20
PASTOS	50,3075	188,00	70,91
RASTROJO	54,5375	1,89	52,47
P. EUCALIPTO	94,1425	48,58	52,14
P. PINO	50,8	175,04	58,14

3.2 DIVERSIDAD

Para el paisaje Núcleo Meseta evaluado, se tomó el índice de distribución y abundancia de Shannon, ya que considera la distribución y abundancia espacial de los parches de cada una de las clases paisajísticas. El valor de diversidad promedio para el paisaje Núcleo meseta fue de 1.55;tendencia que se dio en todo el paisaje, ya que presento poca variabilidad, con un máximo de 1,59 y un mínimo de 1,49. Ver cuadro 10.

Cuadro 10. Índice de diversidad paisajística evaluado en el paisaje Núcleo Meseta.

CUADRANTE	SHDI
Claridad	1,49
San jose	1,53
Chupillauta	1,59
Primavera	1,59
PROMEDIO	1,55
D.S	0,05
C.V%	3,14

3.3 RELACIÓN ENTRE VARIABLES DEL PAISAJE Y CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS DE LOS BOSQUES NATURALES.

A partir del análisis de componentes principales, se estableció que el resultado de las dos primeros componentes explican el 100% del modelo, donde para el primer componente (59,7% de Varianza) la variable que más se asocia es el índice al vecino más próximo en plantaciones de eucalipto y para la segundo componente (40,3% de Varianza) fue la densidad de tallos. Ver anexo F.

Se encontró que la variable Forma de los parches del bosque natural, es significativamente influyente en las variables florística, diversidad de Margalef, ya que tuvieron un alto grado de correlación para un nivel de significancia $\alpha \leq 0.05$. Estas correlaciones son presentadas en el Anexo G.

La forma media de los bosques naturales presento una relación negativa con la diversidad florística expresada por el índice de Margalef; es decir que a valores más grandes de esta variable (parches menos compactos más alargados), implica un menor valor en la variable mencionada.

4. DISCUSIÓN

El patrón del paisaje de la meseta sugiere que se trata de un paisaje fragmentado con una matriz predominante de pastos, en esta se encuentran inscritos los parches y los corredores, estos últimos tanto de origen natural (en su mayoría corrientes de agua y bosques de ribera), como antrópico (en su mayoría vías y líneas de conducción eléctrica). Los principales corredores corresponden a bosques riparios, siendo este el único tipo de bosque encontrado en el paisaje; los cuales permiten la conservación de flora y fauna; además, actúan como fuente de semillas para la recolonización de áreas en restauración. De esta manera, se determinó que las riberas, y en especial su vegetación, constituyen un elemento clave del paisaje, ya que al ser los únicos ecosistemas boscosos de la zona son el hábitat de gran variedad de especies faunísticas y florísticas, así estos corredores están ofreciendo no solo una dimensión estética sino también funcional.

Con base en la geomorfología de la zona estudiada; los suelos presentan condiciones aptas para el establecimiento de actividades antrópicas, confirmando la tradición histórica de ocupación de áreas que presentan una oferta ambiental accesible y un fácil proceso de apropiación y transformación del paisaje con fines productivos (Martinez 2004). Este patrón de ocupación ha dejado una profunda huella sobre la selva neotropical, provocando la pérdida de la vegetación natural.

En la meseta de Popayán, los procesos erosivos generados por las actividades de ganadería extensiva y agricultura, asociadas con actividades extractivas, han transformado el paisaje, generando pérdida de importantes áreas de cobertura natural reduciendo la vegetación a bosques de galería y relictos, dando paso al establecimiento de extensos pastizales.

El paisaje núcleo meseta presenta tan solo un 29.58 % de bosque natural. Este valor puede explicarse debido a que el paisaje como se dijo anteriormente ha sido marcado a través del tiempo por la actividad antrópica, principalmente la actividad pastoril, ya que los suelos de la meseta presentan condiciones aptas para el establecimiento de actividades productivas. Lo anterior también explica el hecho del establecimiento de plantaciones en la zona estudiada, las cuales llegan a ocupar un significativo 26.89% del área total. La cobertura rastrojos es una de las coberturas menos representativa dentro del paisaje, ocupando tan solo un 6.52% del territorio, probablemente al ser sustituida por pastizales. Otra de las coberturas con poca representatividad en cuanto a área son los cultivos, debido a que los pocos encontrados son principalmente de autosustento.

Los rastrojos al tener la mayor abundancia de parches, representan la cobertura más fragmentada de todo el paisaje, con la menor área promedio por parche, pues no hay grandes extensiones de tierra abandonadas a la sucesión. Otra cobertura con un porcentaje importante de número de parches son los bosques naturales, dado que las actividades de ganadería extensiva han reducido la vegetación en pequeños fragmentos de bosque de ribera.

Cabe resaltar que las plantaciones en el paisaje presentaron un buen porcentaje de área, lo cual dependiendo de su estructura interna y por tanto de su gestión, pueden suponer una matriz permeable que permite el flujo de organismos entre los fragmentos de bosque. Así, para ciertas especies forestales las plantaciones pueden funcionar como corredor ecológico, aunque no actúe como hábitat reproductivo (Acosta y Simonetti, 2004). No obstante, ciertas especies con requerimientos exigentes necesitan fragmentos grandes y bien conectados de vegetación nativa dado que presentan una escasa tolerancia a los sectores de plantación (Lindenmayer y Franklin, 2002).

La manera como se encuentra estructurado el paisaje, en cuanto al tamaño, forma y composición de los parches, sugiere que existe una alta influencia sobre las especies que habitan en la zona, ya que hay un alto número de parches de bosque pequeños y parches de bosque grandes en su gran mayoría con formas irregulares, al igual que una buena cantidad de hábitat creados por el hombre, aspectos que incentivan la colonización por especies de borde (Harris). Además, el hecho de que las diferentes categorías de ecosistemas en los cuatro cuadrantes presentaron mayor número de parches pequeños, influye en el índice de forma promedio de las categorías, debido a que la forma de los parches pequeños tiende a ser más compacta.

La condición de los fragmentos de bosque en su gran mayoría están afectados por los efectos de borde debido a las características de tamaño y forma de los fragmentos donde el 99.7% de los parches fueron pequeños e índice de forma promedio de los fragmentos igual a 1.37, indicando formas más regulares. Además se considera que los parches mayores a 100 ha son amorfos, lo anterior implica que los bosques están constituidos por hábitat de borde; exponiendo a los organismos que permanecen en el fragmento a condiciones diferentes en relación a su ecosistema original, dependiendo de las condiciones microambientales y las características fisiológicas de cada especie. Todo lo anterior se presenta debido a que el paisaje de la meseta está marcado por la actividad antrópica, de ahí que la mayoría de los fragmentos de bosques que aún se conservan en la zona son pequeños o de ribera, estos últimos con formas más alargadas y poco anchos, aumentando el efecto de borde y prácticamente quedando sin hábitat de interior. Es conocido que la escala influye notablemente en los valores de estos índices

espaciales, ya que son muy sensibles tanto a la extensión espacial como a la unidad mínima cartografiada, resultando muy deficientes cuando se comparan dichos índices en un mismo paisaje con distintos niveles de detalle.

Si bien la mayoría de los fragmentos de bosque natural son pequeños, hay un número considerable de parches medianos y grandes; lo anterior conforma un sistema de fragmentos de bosque de diferentes tipos y tamaños en el paisaje, donde los parches grandes de vegetación natural cumple la función de fuente de especies que se dispersan a través del paisaje y de especies de grande radio de acción, mientras los parches pequeños actúan como parches de descanso para las especies en dispersión y proveen hábitat para especies restringidas a parches pequeños, especies típicas de borde, generalistas o dependientes de hábitats perturbados (Schelhas y Greenberg 1996, Forman 1997).

Lo anterior se asemeja a lo reportado en estudios anteriores sobre el análisis del paisaje de la meseta, donde se establece que el paisaje en la zona de pie de monte es fragmentado ya que su matriz fue de pastos, con una fuerte intervención antrópica, evidenciando la práctica de quemas para la expansión agrícola y ganadera (Cabezas, 2008). También se presentó semejanza en cuanto a la forma y tamaño de los parches de bosque donde se demostró que la mayoría de los parches fueron pequeños y la mayoría de los mismos presentan formas regulares.

La configuración espacial de los parches de las diferentes categorías en el paisaje de la meseta, mostró que el aislamiento entre los parches de bosque natural fue el más bajo, ya que aunque la mayoría de parches que lo componen son muy pequeños estos son muy numerosos y están muy dispersos por todo el territorio lo que hace que todos los parches tengan parches del mismo tipo cerca; lo cual resulta importante ya que este hecho permite que exista flujo a lo largo del paisaje entre los diferentes tipos de hábitat disponibles para los diferentes organismos, jugando un importante papel en la distribución de las especies forestales como lo plantea Wulf (2003). Por lo que resulta de importancia la conservación de esas áreas boscosas. En segundo lugar y no muy lejos se encuentran la cobertura pastos seguidos muy cerca por las plantaciones de pino, estas últimas formadas por algunos parches grandes que ocupan gran parte del territorio lo que hacen que todos ellos estén cerca unos de otros. El caso de los rastrojos es bien distinto ya que presenta un grado de aislamiento muy superior como consecuencia de la actividad humana, prefiriendo sustituirlos por pastizales o cultivos, perdiéndose la posibilidad de que se presente sucesión. Al encontrarse pocas plantaciones de eucalipto en la zona de estudio, estas también presentan un alto grado de aislamiento, con poca distribución y adyacencia en el paisaje.

Con base en la muestra utilizada para analizar el paisaje, se pudo observar zonas con una mayor diversidad de coberturas; esta heterogeneidad resulta en parches más pequeños y, en consecuencia, una alta favorabilidad para especies afines a las condiciones de borde o que necesitan más de un ecosistema para subsistir como lo sostienen Forman y Godron(1986). El paisaje del núcleo meseta también presenta zonas con pocos parches de bosque de mayor extensión; por lo tanto, estas reportan un valor de diversidad a nivel de paisaje bajo, lo que representa hábitat de especies para las cuales este sea su requerimiento.

Cuando se analizó la forma de los parches de bosque natural en el paisaje, esta mostro tener una influencia negativa sobre la diversidad, indicando que las formas irregulares implican un menor valor para este parámetro; esta tendencia puede deberse a que el efecto de borde es más marcado en fragmentos con formas irregulares, lo que a su vez produce efectos sobre los componentes abióticos del ecosistema como la luminosidad, evapotranspiración, temperatura, velocidad del viento y la humedad; afectando la abundancia y composición de especies y sus procesos de interacción como la dispersión de semillas, la regeneración y desarrollo.

Como sugiere (Wales 1972). El efecto de borde puede ser menor cuando la matriz es una plantación forestal, situación común en el paisaje Núcleo Meseta donde la mayoría de los parches de bosque natural están rodeados de plantaciones de eucalipto y pino. Esta situación, sin embargo no garantiza completamente que ocurran procesos ecológicos desfavorables en el borde de los bosques naturales, pero si serán menos marcados, que el caso de matriz de pasto.

A partir del análisis perspectivo sobre las relaciones que se podrían presentar entre las variables del paisaje y las florísticas de los bosques, se pudo observar que en los lugares donde se presentó una mayor diversidad, la dispersión de los parches de bosque era mayor, con poca presencia de parches grandes; a diferencia de lo ocurrido en zonas donde la diversidad fue baja, presentándose mayor continuidad entre los parches de bosque y a su vez mayor presencia de parches grandes. Con base en lo anterior se puede llegar a pensar que se da una contradicción ya que es de esperarse que entre mayor sea el tamaño de los parches de bosque y por ende la conectividad, mayor será la diversidad. Por ello se establece que otras variables del paisaje no determinadas en esta investigación como las geográficas, climáticas, edáficas entre otras, pueden estar influyendo directamente en la diversidad de los bosques, y de alguna manera expliquen la situación que se presenta en la zona.

5. CONCLUSIONES

El patrón del paisaje en el Núcleo Meseta sugiere que se trata de un paisaje fragmentado por la actividad pastoril, sin embargo todavía cuenta con un buen porcentaje de bosques naturales, los cuales presentan fragmentos con características de tamaño y forma, donde se señala que los parches pequeños tienden a tener formas más compactas que los parches grandes, lo que implica un aumento de los efectos de la matriz sobre el fragmento (efecto de borde), el cual se puede manifestar en cambios bióticos y abióticos.

La configuración espacial de los fragmentos, muestra que las coberturas de bosque natural en el paisaje se encuentran menos aisladas, con una dispersión homogénea y distribución equitativa, lo cual podría ser beneficioso para la flora y fauna de la zona, dependiendo del tipo de matriz que lo rodea.

A partir de la relación entre las variables florísticas y las métricas del paisaje se logró establecer el grado de correlación que tuvo la variable paisajística, forma media de los bosques naturales con la diversidad.

Determinar las variables del paisaje que más influyen sobre las características florísticas de los bosques naturales, permitió establecer que la forma de los fragmentos adquiere un papel importante en los procesos ecológicos de los bosques estudiados, ya que determina principalmente la longitud y las propiedades del borde (efecto de borde), así como su interacción con los hábitats adyacentes o matriz circundante, lo que puede haber generado cambios en variables abióticas, afectando la distribución y abundancia de las especies.

6. RECOMENDACIONES

Los parámetros evaluados en la presente investigación, ofrecen información aproximada pero no menos relevante acerca del estado en que se encuentran los bosques naturales a nivel espacial y las posibles causas de las alteraciones en su estructura, composición y dinámica por parte de las variables paisajísticas asociadas a ellos, aunque se deben considerar ciertas anotaciones:

Estudios enfocados en los procesos dinámicos que gobiernan la misma estructura del bosque. Tales como la regeneración natural, crecimiento, reclutamiento, mortalidad y ecología reproductiva. Esto dará una idea más precisa del estado real de las poblaciones de árboles en los fragmentos de bosque en la zona.

Es recomendable establecer la influencia que pueda existir, de las variables físicas del paisaje como las climáticas, edáficas y topográficas, sobre las variables florísticas, con el fin de profundizar y aclarar situaciones que en la zona de estudio se estén dando.

Se recomienda realizar un estudio multitemporal en el paisaje Núcleo Meseta con la medición de los mismos índices a intervalos regulares. Considerando que la imagen satelital SPOT utilizada es del año 2008, se recomienda incluir un monitoreo del patrón desde el año 1998 con la ayuda de fotografías aéreas; lo anterior con el fin de determinar los cambios que ha sufrido el paisaje en esa década, aun mas si este paisaje es considerado como fragmentado ya que es una entidad bastante dinámica.

Es importante aumentar y mantener la conectividad entre parches de bosque, a partir de la protección de los corredores de vegetación nativa aún existentes en el paisaje, tal es el caso de los bosques riparios, los cuales facilitan el movimiento de organismos entre fragmentos.

Es necesario desarrollar un análisis enfocado en la influencia de las variables del paisaje sobre la fauna de la zona, y los posibles cambios en su ecología, con el fin de determinar el grado de relación con el estado y las alteraciones de las características florísticas de los bosques naturales asociados al patrón del paisaje.

Mediante estudios de investigación que permitan conocer la forma como las alteraciones afectan la dinámica poblacional de las especies comprometidas, es

posible desarrollar diseños ecológicos que permitan minimizar los costos ambientales de las actividades humanas que originan efectos de fragmentación.

Estudiar tanto las ventajas que presentan las plantaciones forestales, como las desventajas que desaprueban su presencia en el entorno, con el fin de proporcionar elementos con los que se pueda evaluar su conveniencia o no de su presencia, y las posibilidades de manejo de estas plantaciones, según sus características actuales, en función de la conservación y favorecimiento de la diversidad biológica contenida en los bosques adyacentes a ellas.

BIBLIOGRAFIA

ACOSTA Jamett G y SIMONETTI, J. Habitat use by *Oncifelisguigna* and *Pseudalopexculpaeus* in a fragmented forest landscape in central Chile. En: SAN VICENTE, M y. LOZANO, Pedro J. Criterios para contemplar la conectividad Del paisaje en la planificación territorial y Sectorial. Universidad de Alicante, España, 2007. 5 p.

AIZEN, MA; Feinsinger, P. Forest fragmentation, pollination, and planter production in a Chaco dry forest. Argentina, 1994 p. 330-351.

BENNETT, AF. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Cambridge, UK. IUCN Forest Conservation Programme, Conserving Forest Ecosystems. s.l. 2008. 254 p.

BOSHIER, DH. Agroforestry systems: important components in conserving the genetic viability of native tropical tree species *In* Schroth. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Washington, DC, 2004. p. 290-313.

DE LUCIO, J.V., ATAURI, J.A., Sastre, P. y MARTÍNEZ, C. Conectividad y redes de espacios naturales protegidos: del modelo teórico a la visión práctica de la gestión, En García Mora, M.R. (coord.) *Conectividad ambiental: las áreas protegidas en la cuenca mediterránea*, 2003 p. 29-54.

DEL BARRIO, G *et al.* Aproximación para estimar la conectividad regional de las redes de conservación, en *V Congreso Nacional de Medio Ambiente. Comunicaciones Técnicas*, Colegio oficial de Físicos. Madrid, 2000. p. 1-17.

FORMAN, R & M Godron. *Landscape Ecology*. John Wiley. New York, Estados Unidos, 1986.

FORMAN, R. *Land Mosaics. The Ecology of Landscape and Regions*. Cambridge University Press. New York, Estados Unidos, 1995. 34, 277 p

FORMAN, R; Godron, M. Landscape Modification and Changing Ecological Characteristics. Mooney Ma Ed. Disturbance and Ecosystems Ecological Studies, New York, Estados Unidos, 1983.

FROHN, R.C. Remote sensing for landscape ecology: new metric indicators for monitoring, modeling and assessment of ecosystems. En : Ortega, Eduardo. Análisis de la estructura del paisaje en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Santiago de Chile, 2007. p17-18

GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M. Las riberas, elementos clave del paisaje y en la gestión del agua. Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.s.f. 6p.

HARRIS, L. The fragmented forest: island biogeography theory and preservation of biotic diversity. University of Chicago Press, Chicago, Estados Unidos, 1984. 271p.

LAURANCE, WF; LAURANCE, SG; Delamonica, P. Tropical forest fragmentation and greenhouse gas emissions. For Ecol Manage, 1998.p 173-180.

Li, H. & J. F. Reynolds, A new contagion index to quantify spatial patterns of landscapes. Landscape Ecology, 1993. s./ p 155-162.

LINDENMAYER, D.B. y FRANKLIN, J.F. Conserving forest biodiversity. En: SAN VICENTE, M y. LOZANO, Pedro J. Criterios para contemplar la conectividad Del paisaje en la planificación territorial y Sectorial. Universidad de Alicante, España, 2007. 76 p.

MARTINEZ William. Estudio integrado del grado de antropización (inra) a escala del paisaje. Popayán Cauca 2004. [citado Febrero 15 de 2011]. Disponible en internet en <<http://www.ibcperu.org/doc/isis/5336.pdf>>

MATTEUCCI SD & M Silva. Selección De Métricas De Configuración Espacial Para la Regionalización de un territorio antropizado. Geofocus, s./ 2005. p 180-202.

MELGAR C. Protocolo de investigación para investigación biológica en las áreas protegidas Parque Nacional Montecristo. San salvador, El Salvador 12 de Diciembre de 2007. [Citado noviembre 11 de 2010]. Disponible en internet en <<http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/protocolo-de-investigacion-de-areas-naturales.htm>>

MCGARIGAL, K & B. J. Marks. Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program For Quantifying Landscape Structure. Usda For Serv. Gen. Tech, s.l. 1995. 351 p.

MCGARIGAL, K., And B. J. Marks. Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program For Quantifying Landscape Structure. Usda For. Serv. Gen. Tech, s.l. 1995. 351 p.

MORIONES, D *et al.* Estructura, composición y diversidad de los bosques naturales en el núcleo forestal meseta – SKCC. Popayan, Cauca 2010.

MURCIA, C. Forest fragmentation and the pollination of Neotropical plants. *In* Schelhas, J; Greenberg, R. Eds. Forest patches in Tropical landscapes. Washington, DC. Island Press, 1996. p. 19-36.

NASON, JD; Hamrick, J. Reproductive and genetic consequences of forest fragmentation: two case studies of Neotropical canopy trees. *Heredity*, s.l. 1997 p. 264-276.

NOSS, R. F. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, s.l. 1990. 355 p.

PERZ, S; Aramburu, CE; Bremner, J. Cambios poblacionales y uso del suelo en la cuenca amazónica. *In* Aramburu, CE; Bedoya Garland, E. Eds. Amazonia: procesos demográficos y ambientales. Lima. Consorcio de Investigación Económica y Social. s.l. 2003, p. 11-52.

PLAN DE MANEJO DEL COMPLEJO DE HUMEDALES EN LA MESETA DE POPAYAN. CRC 2007 pág. 154 [citado febrero 14 de 2011]. Disponible en internet en <http://www.crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/PMH_meseta_popayan.pdf>

POORE MED y C Fries. The ecological effects of eucalyptus. En: CECCON, Eliane y MARTINEZ, Miguel. Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones de Eucalipto de gran escala en áreas tropicales: Aplicación al caso de México. Mexico, 1999.4p, Vol. 24.

SCHELHAS, J. y R. Greenberg. The value of forest patches. In: Schelhas, J. y R. Greenberg (eds). Forest patches in tropical landscapes. Island Press, Washington, D.C, 2002. 15p.

TAYLOR, P *et al.* Connectivity is a vital element of landscape structure, *s.l.* 1993 p. 571- 573.

TURNER, I. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *J Appl Ecology*, *s.l.* 1996 p. 200-209.

WHITE, G. *et al.* Genetic variation within a fragmented population of *Swietenia humilis* Zucc, En BOURONCLE, Claudia, Efectos de la fragmentación en la ecología reproductiva de especies y grupos funcionales del bosque húmedo tropical de la zona atlántica de Costa Rica, Costa Rica, 2008. p. 1-2.

WIENS, J.; N. STENSETH; B. Van-Horne. Ecological Mechanisms And Landscape Ecology. En : Ortega, Eduardo. Análisis de la estructura del paisaje en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Santiago de Chile, 2007. 5p.

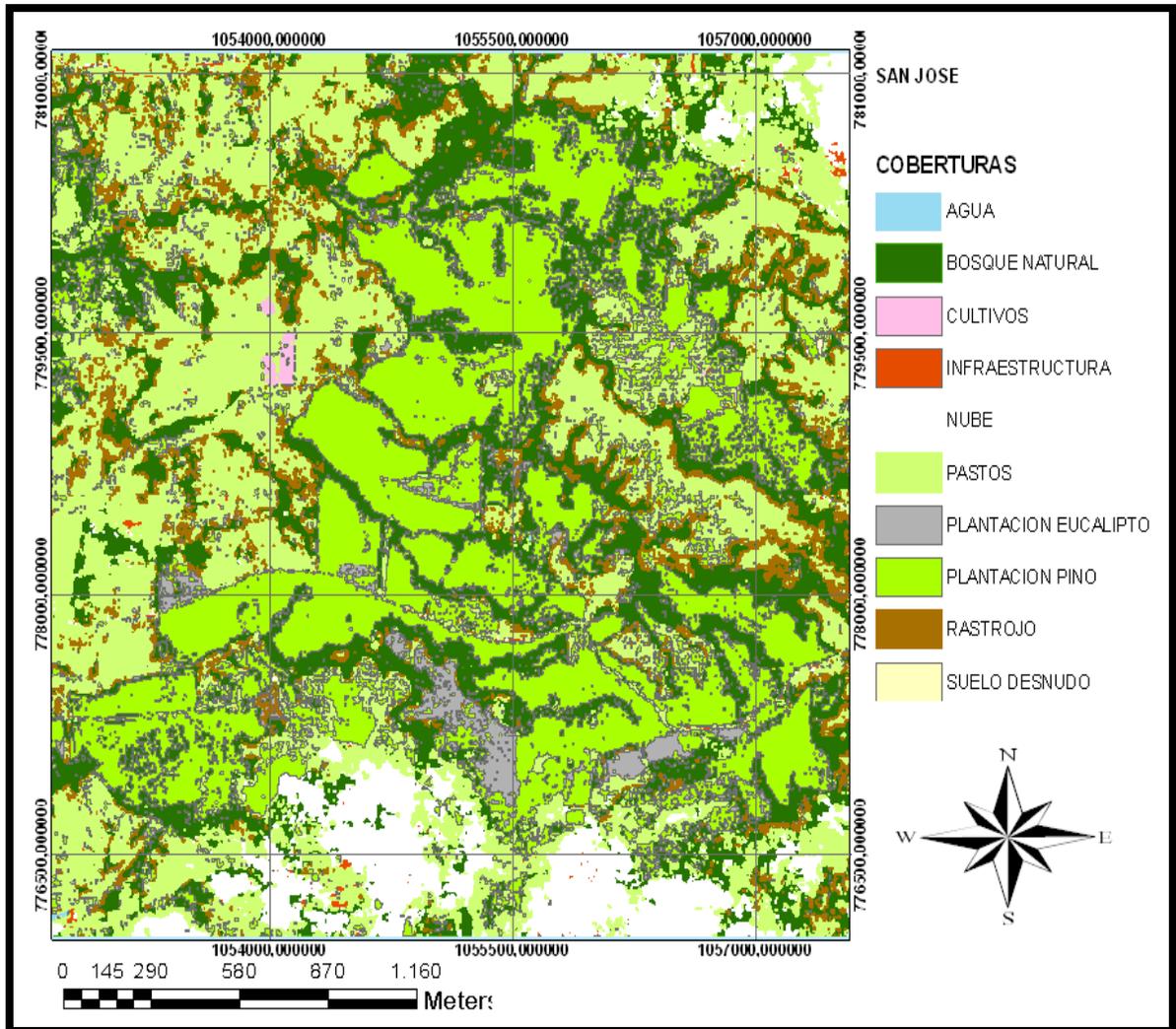
WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI). Environmental change and human health. Washington DC. WRI; PNUD; The World Bank, *s.l.* 1998. 384 p.

WULF, M. Forest policy in EU and its influence on the plant diversity of woodlands. *Journal of Environmental Management*, *s.l.* 2002.67: 15-25 p.

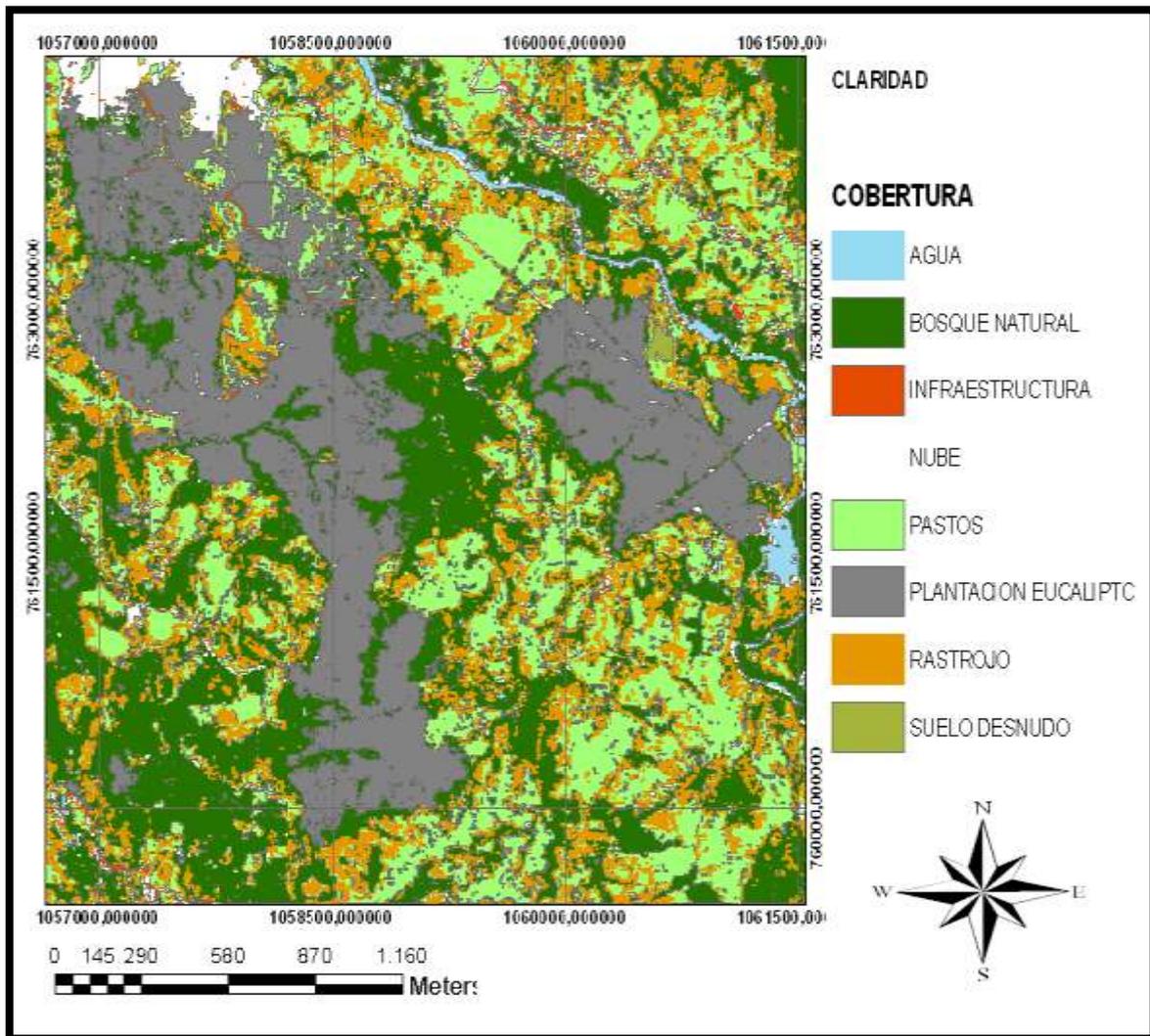
ANEXOS

Anexo A. Composición del paisaje a partir de cuatro cuadrantes de 25 Km²,
1) San José, 2) Claridad, 3) Chupillauta, 4) Primavera.

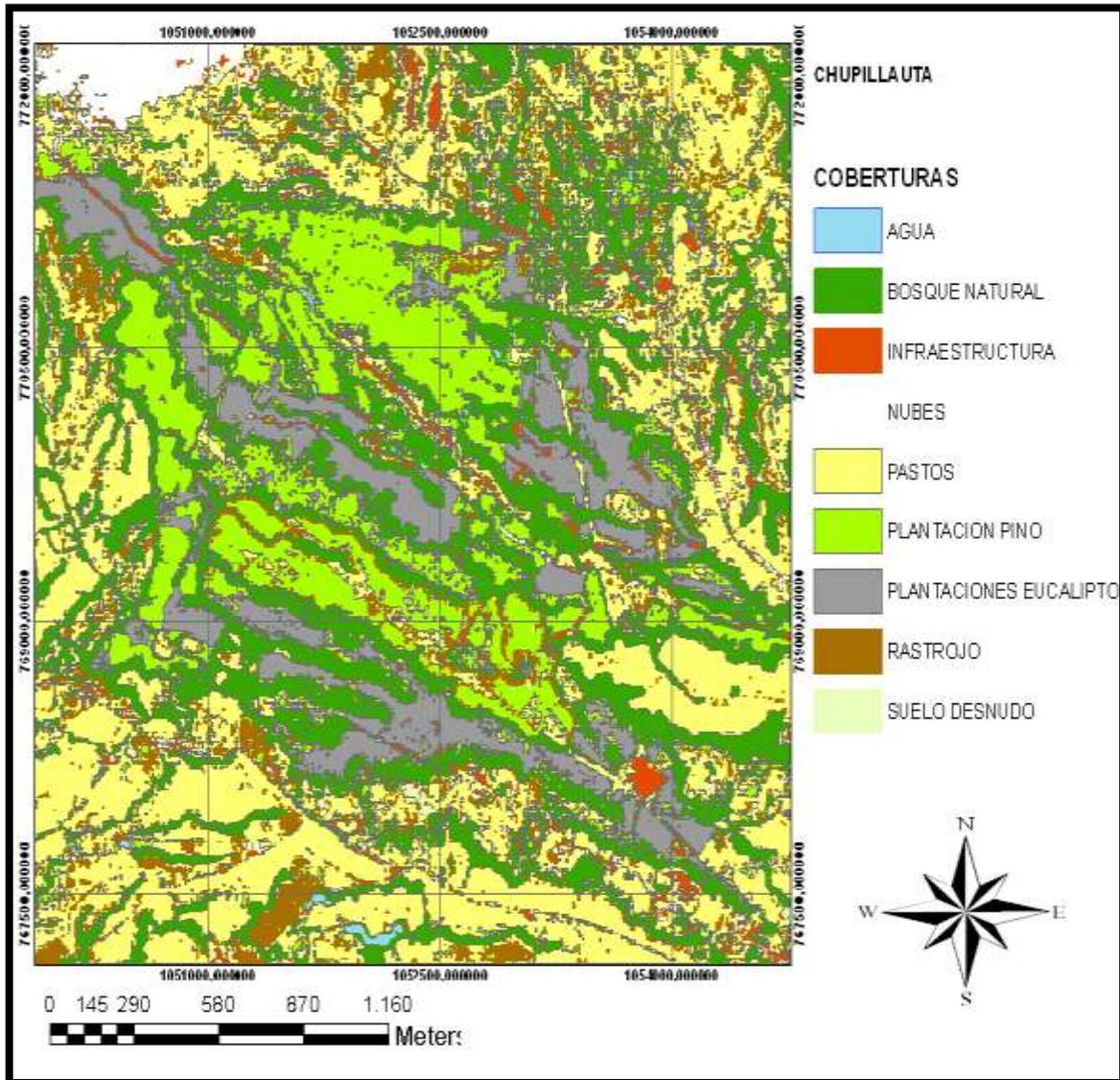
1. SAN JOSE



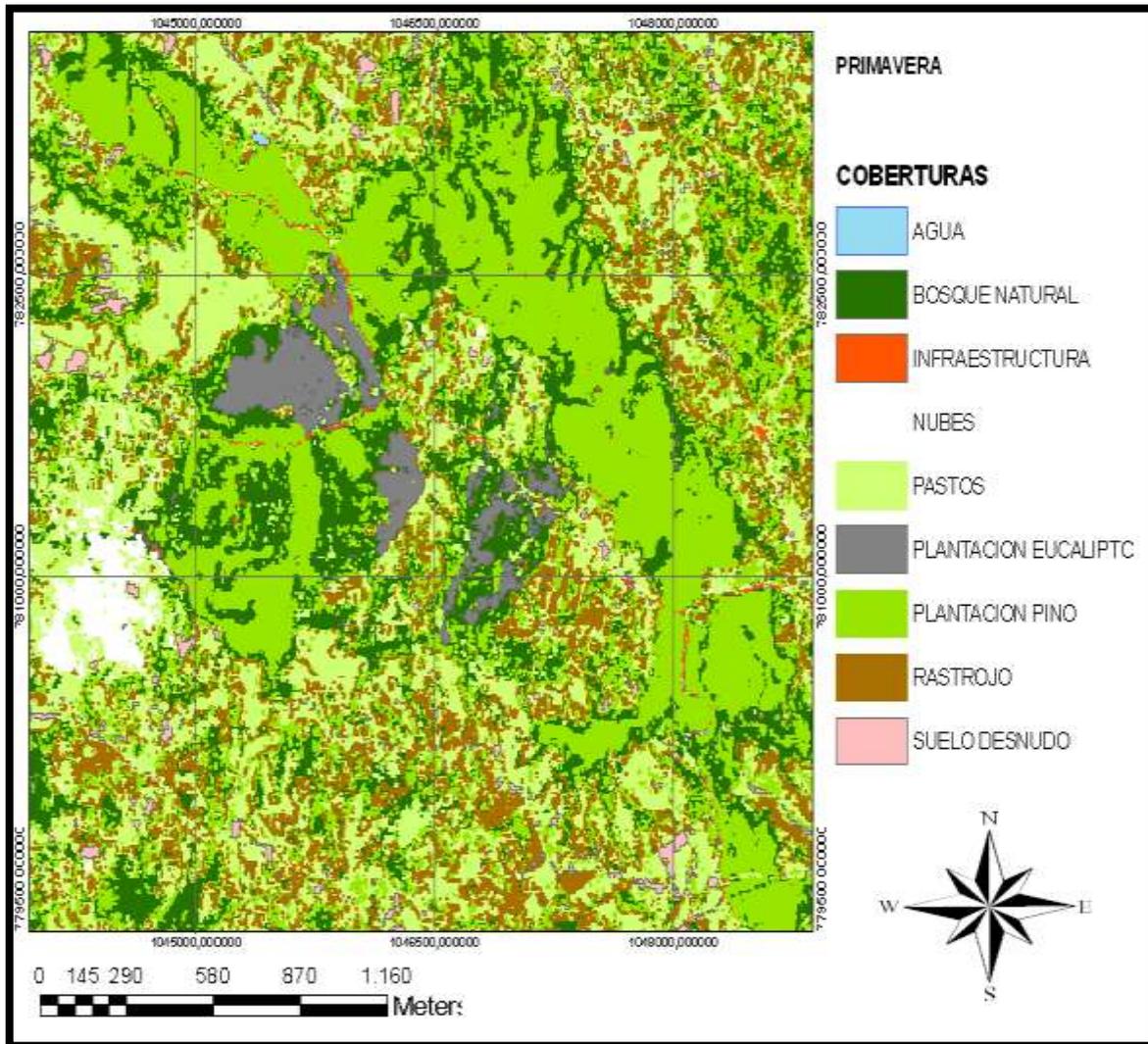
2. CLARIDAD



3. CHUPILLAUTA



4. PRIMAVERA



Anexo B. Rango de Forma para los parches de las coberturas encontradas en el paisaje núcleo meseta.

FORMA	RANGO
REDONDO	< 1,25
OVAL REDONDO	1,25 - 1,5
OVAL OBLONGO	1,5 - 1,7
RECTANGULAR OBLONGO	1,7 - 2
AMORFO	> 2

Anexo C. Rango de Tamaño para los parches de las coberturas en el paisaje núcleo meseta.

TAMAÑO	RANGO
MUY PEQUEÑO	< 10
PEQUEÑO	10 -- 50
MEDIANO	50 -- 100
GRANDE	100 -- 200
MUY GRANDE	> 200

Anexo D. Distribución del número de parches de bosque natural por categoría de forma, evaluado en el paisaje núcleo meseta.

FORMA	CHUPILLAUTA	PRIMAVERA	CLARIDAD	SAN JOSE	PROMEDIO	D.S	C.V%
REDONDO	66,49	61,56	69,35	68,75	66,54	3,54	5,32
OVAL REDONDO	12,50	13,22	12,86	12,77	12,84	0,30	2,31
OVAL OBLONGO	6,88	8,48	5,29	6,65	6,83	1,31	19,17
RECTANGULAR	3,26	3,41	3,97	2,26	3,23	0,71	22,04
AMORFO	10,87	13,33	8,53	9,57	10,58	2,07	19,55

Anexo E. Índices de configuración espacial según las diferentes categorías encontradas en el paisaje Núcleo Meseta.

Índice al vecino más próximo.

COBERTURA	SAN JOSE	CLARIDAD	CHUPILLAUTA	PRIMAVERA	PROMEDIO	D.S	C.V%
BOSQUE NATURAL	49,28	48,00	50,27	46,69	48,56	1,55	3,20
PASTOS	54,07	47,89	52,17	47,10	50,31	3,35	6,67
RASTROJO	55,28	48,90	64,20	49,77	54,54	7,03	12,90
P. EUCALIPTO	79,10	60,19	74,04	163,24	94,14	46,75	49,66
P. PINO	53,90	**	51,28	47,22	50,80	3,37	6,63

Índice de proximidad media.

COBERTURA	CLARIDAD	SAN JOSE	PRIMAVERA	CHUPILLAUTA	PROMEDIO	D.S	C.V%
BOSQUE NATURAL	314,18	235,22	103,11	302,50	238,75	96,89	40,58
PASTOS	158,53	179,45	105,48	308,53	188,00	86,17	45,84
RASTROJO	2,65	1,30	2,52	1,08	1,89	0,81	42,95
P. EUCALIPTO	161,08	2,33	6,60	24,32	48,58	75,60	155,61
P. PINO	**	406,83	67,54	50,75	175,04	200,91	114,78

Índice de yuxtaposición.

COBERTURA	CLARIDAD	SAN JOSE	PRIMAVERA	CHUPILLAUTA	PROMEDIO	D.S	C.V%
BOSQUE NATURAL	69,43	61,96	61,21	64,21	64,20	3,71	5,78
PASTOS	70,77	68,58	74,00	70,28	70,91	2,27	3,20
RASTROJO	52,23	47,09	55,99	54,55	52,47	3,90	7,44
P. EUCALIPTO	58,69	53,25	43,02	53,60	52,14	6,57	12,60
P. PINO	**	51,79	55,01	67,63	58,14	8,37	14,40

Anexo F. Diagrama del análisis de componentes principales

Proporción	59.7%	40.3%
Variable	PC1	PC2
AREA	0,087	-0,158
RIQUEZA	-0,069	-0,17
SHDI	0,051	0,179
N.P	0,145	0,069
AREA B. N	0,153	0,033
AREA PASTO	-0,112	0,131
AREA RASTROJO	0,156	-0,001
AREA P. EUCALIPTO	-0,091	0,154
AREA P. PINO	0,028	-0,187
AREA_MN B. N	-0,112	0,132
AREA_MN PASTO	-0,139	0,086
AREA_MN RASTROJO	0,155	0,018
AREA_MN P. EUCALIPTO	0,118	0,124
AREA_MN P. PINO	-0,069	-0,17
N.P AREA B. N	0,135	-0,096
N.P PASTO	0,153	-0,037
N.P RASTROJO	0,156	-0,008
N.P P. EUCALIPTO	-0,136	-0,092
N.P P. PINO	0,113	0,13
PD AREA B. N	0,135	-0,095
PD PASTO	0,153	-0,035
PD RASTROJO	0,156	-0,006
PD P. EUCALIPTO	-0,137	-0,091
PD P. PINO	0,112	0,132
BORDE (m) B. N	0,155	-0,018
BORDE (m) PASTO	0,14	0,082
BORDE (m) RASTROJO	0,155	-0,013
BORDE (m) P. EUCALIPTO	-0,142	0,078
BORDE (m) P. PINO	0,148	0,059
FORMA_M N B. N	0,103	0,142
FORMA_M N PASTO	0,084	0,16

Proporción	59.7%	40.3%
Variable	PC1	PC2
FORMA_M N RASTROJO	0,14	-0,084
FORMA_M N P. EUCALIPTO	0,113	0,131
FORMA_M N P. PINO	0,124	-0,114
FRAC_MN B. N	0,155	0,013
FRAC_MN PASTO	-0,087	0,158
FRAC_MN RASTROJO	0,14	-0,084
FRAC_MN P. EUCALIPTO	0,111	0,134
FRAC_MN P. PINO	0,155	0,013
ENN_MN B. N	-0,153	0,038
ENN_MN PASTO	-0,147	-0,062
ENN_MN RASTROJO	-0,129	0,106
ENN_MN P. EUCALIPTO	0,156	0,003
ENN_MN P. PINO	-0,139	-0,085
III B.N	-0,115	0,128
III PASTO	0,145	0,07
III RASTROJO	0,089	0,156
III P. EUCALIPTO	-0,156	-0,007
III P. PINO	-0,06	0,175
PROX_MN B. N	-0,15	0,051
PROX_MN PASTO	-0,128	0,109
PROX_MN RASTROJO	0,155	-0,013
PROX_MN P. EUCALIPTO	-0,062	0,174
PROX_MN P. PINO	-0,063	-0,174
DENSIDAD No DE TALLOS	-0,003	0,19
Quercus h. Presencia o Ausenci	-0,087	0,158
Pouteria p. Presencia o Ausenci	0,155	0,013
Aniba c. Presencia o Ausencia	0,155	0,013
Alphanes e. Presencia o Ausenci	-0,087	0,158
Abarema b. Presencia o Ausencia	-0,087	0,158
PLEUROTHYRIUM Presencia o Ausenci	-0,087	0,158
DIVERSIDAD MARGALEF	0,063	0,173
DIVERSIDAD SIMPSON (D)	-0,018	0,188
DIVERSIDAD FISHER	0,106	0,139

Anexo G. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables de paisaje y las variables florísticas.

Variables Florística \ Variables Paisaje	Numero de Parches P. Pino	Forma P. Eucalipto	Yuxtaposición Plantacion de pino	Forma de Bosque Natural	Forma P. Pino
DIVERSIDAD SIMPSON	-1,000	-0,990		-0,943	
Valor p	0,007	0,010		0,050	
DIVERSIDAD FISHER	0,998	0,989			
Valor p	0,045	0,011			
DIVERSIDAD MARGALEF		-0,988		-0,961	
Valor p		0,012		0,039	
DENSIDAD TALLOS					-1,000
Valor p					0,012
PRESENCIA <i>Aniba C.</i>			-0,999		
Valor p			0,031		