

**ANÁLISIS DEL PAISAJE Y SU INFLUENCIA SOBRE LAS  
CARACTERÍSTICAS FLORÍSTICAS DE LOS BOSQUES DOMINADOS  
POR *Guadua angustifolia* EN EL EJE CAFETERO COLOMBIANO**

**LANDSCAPE ANALYSIS AND ITS INFLUENCE ON THE FLORISTICS  
CHARACTERISTICS OF THE FORESTS DOMINATED BY *Guadua  
angustifolia* IN THE COLOMBIAN COFFEE ZONE**

ROMÁN OSPINA MONTEALEGRE<sup>1</sup>

GUSTAVO CARDONA<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:**

Guadua, paisaje, bosque mixto, estructura de bosque, florística de guaduales.

**KEY WORDS:**

Guadua, landscape, mixed forest, structure of forest, floristic of guaduales

**RESUMEN**

*Se 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). Para lograr con el objetivo se determinó el área, perímetro, índice de forma, la relación perímetro/área y la dimensión fractal de todos los parches, 1.5 ha presentes en parcelas de 40 Km<sup>2</sup> localizadas sobre cada paisaje analizado. A nivel de paisaje se estimaron los valores promedios por parche para las variables de tamaño y forma; estos valores se estimaron se asociaron con los usos correspondientes a cada parche. Se estimaron dos variables para cuantificar la configuración de los elementos en el paisaje: la distancia media al vecino más próximo y el índice de yuxtaposición dispersión. También se estimaron los índices de diversidad de Shannon, Simpson y Alpha de Fisher. Para cada paisaje se determinó la densidad de parches, su distribución por tamaño, forma y categoría de uso. Posteriormente, se compararon los paisajes a través del análisis de varianza y se correlacionaron las variables de paisaje con variables florísticas de los guaduales presentes en cada paisaje. El número de parches varió entre 41 y 79 siendo los de la categoría de guadua los más abundantes en los seis paisajes; las áreas promedio por parche variaron entre 10 y 31 ha., siendo los mas pequeños aquellos de la categoría guadua con un promedio de 9.2 ha. En general los parches con cobertura de bosque mixto, guadua y guadua asociada con bosque mixto, presentaron formas alargadas y poco complejas. Las variables métricas de forma y tamaño mostraron diferencias significativas entre paisajes al igual*

-----  
Recibido para evaluación: Diciembre 13 de 2004. Aprobado para publicación: Febrero 15 de 2005.

1 Facultad de Ciencias Agropecuarias. Profesor Universidad del Cauca. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales - Proyecto Guadua - Bambú, GTZ Programa Colombia.

2 Estudiante de Maestría Tecnológica Ambiental. Universidad Tecnológica de Pereira. Experto en sistemas de Información Geográfica.

Correspondencia: Román Ospina Montealegre. e\_mail: rospina@unicauca.edu.co

que la configuración espacial de los parches. La composición y diversidad del paisaje también varió entre los seis sitios comparados. La mayor parte de las variables de paisaje se correlacionaron de manera estadísticamente significativa con las variables florísticas reportadas para los guaduales estudiados, siendo la abundancia y la riqueza de palmas las variables más afectadas.

## ABSTRACT

The qualitative and quantitative characteristics of the landscape were described in six towns of the coffee region, with the purpose of establishing patterns associated to the forests dominated by *Guadua angustifolia* (guaduales). To achieve with the objective the area, perimeter, it was determined form index, the relationship perimeter/área and the fractal dimension of all the patches 1.5 have present in parcels of 40 Km<sup>2</sup> located on each analyzed landscape. At landscape level they were considered the values averages for patch for the size variables and it forms; these values were considered they associated with the uses corresponding to each patch. They were considered two variables to quantify the configuration of the elements in the landscape: the half distance to the next neighbor and the index of juxtaposition dispersion. The indexes of diversity of Shannon, Simpson and Alpha of Fisher were also considered. For each landscape the density of patches, its distribution for size was determined, it forms and use category. Later on, the landscapes were compared through the variance analysis and the landscape variables were correlated with floristic variable of the guaduales present in each landscape. The numbers of patches varied between 41 and 79 being those of the *guadua* category (Gu) the most abundant in the six landscapes; the areas average for patch varied between 10 and 31, being small those of the category *guadua* with an average of 9.2 have. In general the patches with covering of mixed forest, *guadua* and *guadua* associated with mixed forest, presented lengthened forms and not very complex. The metric variables in way and size showed significant differences between landscapes the same as the space configuration of the patches. The composition and diversity of the landscape also vary among the six compared places. Most of the landscape variables was correlated statistically in way significant with the floristic variable reported for the studied guaduales, being the abundance and the wealth of palms the affected variables.

## INTRODUCCIÓN

Muchos de los procesos ecológicos que suceden en áreas específicas pueden estar determinados por factores externos al área de interés (1,2). Uno de los aspectos que recientemente se ha considerado como fundamental a la hora de analizar especies, comunidades y poblaciones, es la necesidad de conocer los paisajes y regiones en que se inscriben; entender la complejidad de su composición, estructura y su función (3, 4, 5).

Forman y Godrón (6) definen el paisaje como un área de terreno compuesta por un grupo de ecosistemas que interactúan y que se repiten en formas similares a través del mismo. La manera como se manifiesta el conjunto de elementos en el paisaje, tales como parches de bosque, carreteras, cursos de agua, áreas de cultivo, etc. y su respectiva transformación, tienen un efecto significativo sobre los patrones de los organismos vivos, como por ejemplo lo que se observa con el reemplazo de sistemas naturales por otros manejados (7,8).

La importancia entonces de cuantificar los patrones espaciales radica en la posibilidad que este ejercicio genera de relacionar los efectos de la heterogeneidad del paisaje sobre las funciones ecológicas (9,10, 11). Además muchos problemas ecológicos pueden requerir la extrapolación de mediciones a escala fina para ser analizadas a una escala más amplia (18). Sin embargo, el problema es como detectar y cuantificar patrones en la heterogeneidad espacial (10). Los Sistemas de Información Geográfica SIG, han resultado ser una herramienta muy útil a la hora de abordar de manera fácil los asuntos ecológicos actuales (9, 4, 12). Estas herramientas permiten manejar diversos tipos de información espacialmente explícita de un área, a menudo una porción de paisaje (5). El presente trabajo pretende mostrar el proceso de determinación de los patrones del paisaje presentes en un área del eje cafetero colombiano y su relación con las características florísticas de los parches de bosque dominados por la especie *Guadua angustifolia*. También se demuestra la utilidad que tiene la extensión Patch Analyst de Arcview, para cuantificar las características de un paisaje y sus principales elementos.

## 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 (5). 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 (3,5). 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 (6, 5). Un paisaje está caracterizado por dos elementos, su composición que se refiere a la variedad y abundancia de tipos de parche dentro del paisaje, sin considerar su posición o localización; y por la configuración o patrón que se refiere a la distribución física o el carácter espacial de los parches dentro del paisaje. Estos dos elementos pueden independientemente o en combinación, afectar procesos ecológicos y organismos (13). Los parches varían en dimensión y forma, mientras que los corredores incluyen además, un grado de conectividad (14), por otro lado la matriz puede ser extensa, limitada, continua o perforada y variegada o cercanamente homogénea. El patrón del paisaje está determinado por la estructura y distribución de sus elementos; estas características son espacialmente heterogéneas, y a menudo no son aleatorias, sino que dependen de factores ambientales como geología, clima, fuego, huracanes, etc y de la acción humana (5). Por otra parte, la composición de un paisaje es fácil de determinar en la medida en que se tenga disponible la información de manera gráfica o digitalizada; mientras tanto, las variables relacionadas con la forma y configuración a nivel de parche, clase y paisaje resulta una tarea compleja; sin embargo, la disponibilidad de programas computacionales y los SIG ayudan a resolver de manera práctica este problema (4).

Existen dos parámetros que miden la forma de un parche de manera directa; la elongación que se refiere a la relación entre el largo y ancho y la convolución que consiste en el número de lóbulos más grandes (5). Sin embargo, la medida de la forma de un parche puede hacerse mediante un índice numérico que mide la complejidad del parche comparado con una forma estándar.

Cuando se cuenta con un archivo de trabajo en formato vector la extensión Patch Analyst de Arcview evalúa la forma comparándola con un círculo, y el índice se hace pequeño cuando la forma se asemeja a él y se incrementa cuando la forma aparece como no circular; para archivos formato raster la comparación la efectúa el programa usando un cuadrado estándar (15). Los programas permiten además estimar los valores de los diferentes índices a nivel de clase y de todo el paisaje como promedio de cada parámetro, como por ejemplo la relación perímetro-área y la dimensión fractal, generados por la extensión Patch Analyst. Sin embargo, la cifra de un índice particular puede resultar de muchas formas, lo cual no facilita la reconstrucción de una forma desde esta sola medida; de acuerdo con Forman (5), para determinar cual índice emplear es crucial determinar el universo de formas a diferenciar y cuales componentes de la forma son de interés.

Otros parámetros ayudan a caracterizar los paisajes desde el punto de vista de su configuración espacial. La distancia al parche vecino más cercano, el índice de proximidad son valores usuales para determinar el aislamiento a nivel de tipo de parche según el uso. Los valores promedio de los dos índices ya sea por clase o para todos los parches del paisaje son usuales para cuantificar la configuración del paisaje, pero no son medidas que caractericen bien y completamente la estructura de un paisaje (15). A nivel de clase de uso y del paisaje el índice de dispersión-yuxtaposición es una medida que cuantifica que tan dispersos o agrupados están los parches en todo el paisaje (16). Otra medida que resulta útil a la hora de evaluar la configuración espacial de un paisaje es el índice de contagio, sin embargo este parámetro se calcula en formato raster ya que evalúa la adyacencia a nivel de celdas más no de polígonos o parches.

## OBJETIVOS

Determinar las características del paisaje en el cual se inscriben los guaduales en seis localidades del eje cafetero.

Identificar patrones del paisaje y su relación con las características florísticas de los guaduales.

Establecer pautas para la conservación de la biodiversidad en guaduales, basados en sus características y las del paisaje.

## METODOLOGÍA

Se trabajó en seis localidades desde el Municipio de Caicedonia, valle del Cauca ( $5^{\circ} 05.356' N 75^{\circ} 39.40' W$ ), hasta Manizales, Caldas ( $5^{\circ} 53.37' N 74^{\circ} 20.8' W$ ). El análisis se basó en mapas digitales elaborados a partir de la fotointerpretación y digitalización de polígonos sobre fotografías aéreas, con escalas entre 1:23.000 y 1:50.000, las cuales fueron georeferenciadas y corregidas, mediante el uso de la extensión Image Warp de Arcview. A cada polígono se le asignó una etiqueta de identificación de acuerdo a la categoría de uso correspondiente. Se definieron 11 categorías para los seis paisajes estudiados. La tabla 1 muestra las categorías utilizadas y su respectiva explicación de referencia.

A todos los polígonos digitalizados se les calculó el área, perímetro, un índice de forma, la relación perímetro/área y su dimensión fractal. A nivel de paisaje se estimaron los promedios por parche para las variables de tamaño y forma; estos valores se estimaron considerando el uso respectivo de cada parche. Dos índices

estimados por el programa para medir la dispersión fueron tomados en cuenta: la distancia media al vecino más próximo y el índice yuxtaposición dispersión.

También se estimaron los índices de diversidad de Shannon, Simpson y Alpha de Fisher haciendo uso del programa Estimate V.6. Todos los parámetros mencionados a excepción de la diversidad, se estimaron haciendo uso de la extensión Patch Analyst, bajo Arcview, la cual permite hacer el cálculo de las estadísticas espaciales sobre archivos de polígonos (shape files) y archivos raster (Arc grids) (16). Posteriormente, se obtuvo la distribución de parches por categoría de uso del suelo y tamaño (la estructura) y mediante análisis de varianza se determinaron las diferencias entre los paisajes para las variables de tamaño y forma, considerando los usos del suelo que fueron comunes entre los paisajes. Finalmente, los parámetros estimados para cada paisaje se correlacionaron con variables florísticas de los parches de guadua, determinados en el estudio de caracterización florística y estructural de los guaduales del eje cafetero (17), para evaluar la relación entre estas variables y las características del paisaje.

**TABLA 1.** Categorías de uso del suelo definidas para el análisis.

<p><b>BM</b> Bosque mixto. Corresponde a parches de bosque que no contienen guadua.</p> <p><b>BMR</b> Bosque Mixto Raleado. Son parches de bosque con clara evidencia de pastos e incidencia de la ganadería en los suelos.</p> <p><b>Cc</b> Cultivo de caña. Son extensiones de cultivo de caña de azúcar.</p> <p><b>Cp</b> Cultivo permanente. Corresponde a parches de cultivos de larga duración como café, frutales, entre otros.</p> <p><b>Cs</b> Cultivo semestral. Son parches conformados por cultivos limpios y de corta duración como maíz, yuca, frijol, entre otros.</p> <p><b>Gu</b> Guadual. Son parches de bosque simplificados y dominados por la <i>Guadua</i> con evidencia de individuos de otras especies arbóreas.</p> <p><b>Gu-BM</b> Guadual y Bosque Mixto. Son parches que presentan áreas de bosque mixto asociado con guadua formando un gradiente de bosque a guadual.</p> <p><b>Sp</b> Sucesión primaria. Son parches de bosque de regeneración temprana que se establecen sobre llanuras aluviales de ríos grandes.</p> <p><b>Sa</b> Sistema agroforestal. Son parches conformados por asociaciones entre cultivos y árboles.</p> <p><b>Zp</b> Zona de parcelación. Son parches definidos por áreas dedicadas a la construcción de centros recreacionales y viviendas campestres.</p> <p><b>Zu</b> Zona Urbana. Son parches conformados por pueblos o ciudades.</p>
--

## RESULTADOS

### Estructura

Para los seis paisajes estudiados, el número de parches varió entre 41 y 79 y el área promedio por parche estuvo entre 10.04 y 31.3 hectáreas. Por otra parte, las áreas de los parches de bosque mixto (BM), de los guaduales (Gu) y de los guaduales en mezcla con bosque mixto (Gu-BM), presentaron áreas promedio de 18.8, 9.2 y 19 ha respectivamente. Ver las Tablas 2 y 3 y Figuras 1 y 2.

La distribución de parches por uso indica que en todos los paisajes estudiados, el uso correspondiente al ecosistema gradual fue el de mayor abundancia. Sin embargo, las áreas promedio por parche para cada uso fueron diferentes entre paisajes, reportándose los mayores tamaños para los parches de bosque natural en los paisajes 1 y 6; mientras que en los demás paisajes fueron los cultivos y sistemas agroforestales los usos que reportaron las mayores áreas promedio por parche. Por otra parte, se encontró que las áreas promedio de los guaduales en toda la zona de estudio vario entre 7.7 y 13.5 ha; mientras que los parches de guadua con

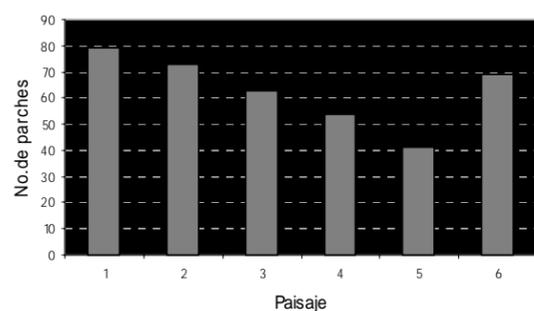
**TABLA 2.** Patrón del paisaje para seis localidades del eje cafetero en Colombia.

Paisaje	# parches	Área promedio	Desviac. Estándar	Elongación	Índice de Forma	Relación Perímetro-área	Dimensión fractal
1	79	30.34	46.69	0.310	1.94	203.14	1.32
2	73	25.92	45.65	0.171	2.64	288.01	1.37
3	63	31.30	60.40	0.336	2.42	260.98	1.35
4	54	24.12	64.95	0.223	2.46	326.32	1.38
5	41	18.93	41.67	0.249	2.33	328.82	1.37
6	69	10.04	10.76	0.242	2.19	304.13	1.36

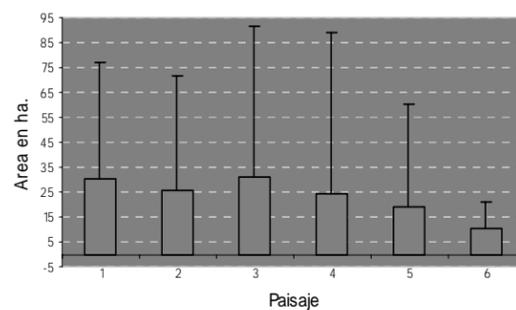
**TABLA 3.** Tamaño promedio (ha) de los parches de acuerdo a su categoría de uso en seis paisajes del eje cafetero.

Paisaje	BN	Cp	Cs	Gu	Gu-BN	Sa
1	53.29	10.44	50.26	13.15	24.24	0
2	2.64	38.09	27.97	10.70	32.13	76.95
3	6.18	53.55	71.28	10.90	34.97	61.63
4	21.23	83.02	0.00	6.94	27.67	5.34
5	8.24	0.00	0.00	5.50	0.00	18.16
6	21.26	18.97	11.08	7.70	0.00	0

**FIGURA 1.** Cantidad total de parches en parcelas de 40 Km<sup>2</sup> para seis paisajes del eje cafetero en Colombia.



**FIGURA 2.** Área promedio de los parches para seis paisajes del eje cafetero en Colombia, basados en parcelas de 40 Km<sup>2</sup>.



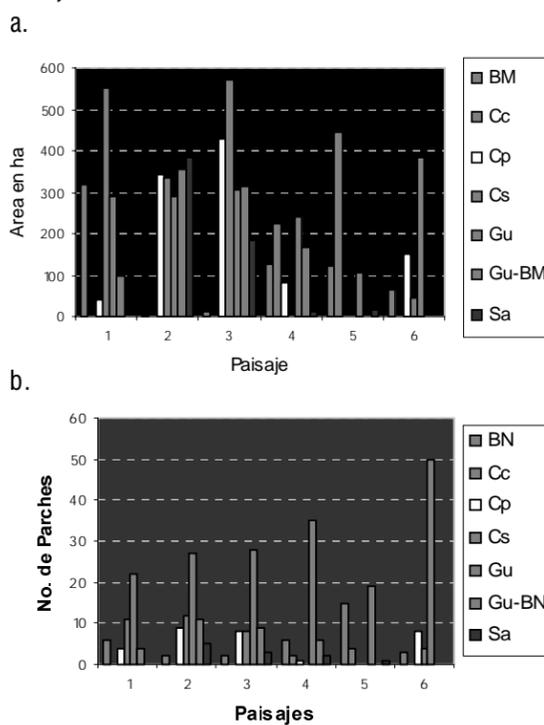
bosque mixto (Gu-BM), no se reportaron para dos paisajes y su menor área fue de 24.2 ha. Los datos son presentados en la Tabla 4 y Figura 3.

**TABLA 4.** Tamaño promedio (ha) de los parches, de acuerdo a su categoría de uso en seis paisajes del eje cafetero.

Paisaje	BN	Cp	Cs	Gu	Gu-BN	Sa
1	53.29	10.44	50.26	13.15	24.24	0
2	2.64	38.09	27.97	10.70	32.13	76.95
3	6.18	53.55	71.28	10.90	34.97	61.63
4	21.23	83.02	0.00	6.94	27.67	5.34
5	8.24	0.00	0.00	5.50	0.00	18.16
6	21.26	18.97	11.08	7.70	0.00	0

La elongación y los índices de forma indican que en promedio los parches presentan una forma muy distante a la de un círculo y por el contrario presentan formas alargadas; además, los valores reportados para la dimensión fractal de los parches sugieren que las formas son poco complejas y tienden a la regularidad.

**FIGURA 3.** a) Cantidad de parches por uso y b) área (ha) promedio por parche según uso en seis paisajes del eje cafetero en Colombia.



Todas las variables métricas de forma mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los 6 paisajes; sin embargo, los usos que mostraron diferencias variaron de acuerdo con el parámetro de forma comparado, la elongación de los parches de guadua mostró diferencias estadísticamente significativas entre dos grupos de paisajes. Por otro lado, el índice de forma mostró diferencias entre parches de cultivos perennes (Cp) y entre parches de guadua (Gu); la dimensión fractal mostró diferencias estadísticamente significativas solo a nivel de parches de guadua (Gu); para la relación perímetro/área los usos que mostraron diferencias estadísticamente significativas fueron entre parches de bosque natural (BN) y entre parches de guadua (GU), ver Tabla 4.

**Configuración espacial**

Con relación a este aspecto de la estructura del paisaje, las categorías analizadas fueron bosque mixto (BM), guaduales (Gu) y guadua con bosque mixto (Gu-BM), dado que fueron las más comunes entre los seis paisajes. En general se encontraron algunas diferencias en la configuración espacial de los parches de las diferentes categorías de uso en los seis paisajes. Con relación a la distancia media entre los parches de guadua, los paisajes 1, 2 y 3 presentaron valores similares, mientras que para el paisaje 4 esta variable fue muy superior a todos los demás, indicando un mayor aislamiento entre los parches de guadua; los paisaje 5 y 6 presentaron una amplia diferencia con los tres primeros, pero mostraron ser los paisajes en los cuales los parches de guadua están menos aislados. Por otro lado, el índice de dispersión indicó que en el paisaje 6 los parches de guadua se encuentran más dispersos por todo el paisaje que en todos los demás. Para el caso de los parches de bosque mixto con guadua, se encontró que los paisajes 1 y 4 presentan valores similares y con un mayor aislamiento; mientras que en dos paisajes 2 y 3 los valores fueron mucho menores, encontrándose el menor aislamiento para este tipo de parches en el paisaje 2. Los valores del índice de dispersión de los parches de bosque mixto con guadua, mostraron que en el paisaje 4 este tipo de parches tienden a estar concentrados en grupos dentro del paisaje, mientras que en el paisaje 2 se encontró que es donde estos parches están más dispersos. Para el caso de los parches de bosque mixto el paisaje 3 mostró el mayor valor de aislamiento, mientras que los paisajes 1, 4 y 5 mostraron los menores valores, además de ser similares con relación al aislamiento de estos par-

ches. Sin embargo, en los paisajes 1, 5 y 6 se reportó que los parches de bosque mixto están dispersos por el paisaje, mientras que en los demás paisajes existe una leve tendencia a la dispersión de sus fragmentos con este tipo de cobertura. Los datos se muestran en la Tabla 5.

### Composición

Para los seis paisajes la matriz fue de pastos. Los usos del suelo mostraron diferencias entre algunos paisajes, tanto a nivel del uso en sí, como en la cantidad de parches que represento a cada categoría; de esta manera, se encontró que los usos correspondientes a bosque mixto (BM) y guadua (Gu) fueron las dos únicas categorías que se reportaron en todos los seis paisajes analizados; mientras que los usos correspondientes a bosque secundario raleado (BSR), sucesión primaria (Sp) y zona urbana (Zu), fueron reportados únicamente en un paisaje cada uno. Ver Tabla 6.

### Diversidad

Los valores de diversidad para los paisajes analizados muestran que el paisaje 1 es el mas diverso, mientras que los paisajes 2 y 3 mostraron ser similares en cuanto a diversidad de hábitat, los demás escenarios resultaron diferentes, siendo el paisaje 6 el menos diverso de todos. Los resultados se muestran en la Tabla 7.

### Relación entre variables del paisaje y características florísticas de los guaduales.

El número de parches de bosque mixto (BM) presentó una relación negativa con la diversidad expresada por los índices Alpha de Fisher y Simpson, al igual que con la riqueza florística de los guaduales; es decir que un

mayor número de parches de BM implica un menor valor en las variables florísticas mencionadas a nivel del paisaje. Por otra parte, la riqueza de especies de palmas presentes en los guaduales es mayor para los paisajes con mayor número de parches de guadua y bosque mixto (Gu-BM). En cuanto a los índices de forma de los parches de guadua (Gu) y de guadua y bosque mixto (Gu-BM), estos presentaron una relación negativa con la abundancia de palmas; es decir que a valores mas grandes de esta variable (parches menos compactos mas elongados), la abundancia de palmas se hace menor; mientras que en el caso de los parches de bosque mixto (BM), esta variable se relacionó de manera significativa con la riqueza de palmas, la cual se incrementa cuando los parches de bosque son mas compactos.

La dimensión fractal de los parches de guadua (Gu) y guadua con bosque (Gu-BM) al igual que el índice de forma, se relacionó de manera negativa con la abundancia de palmas, la cual se reduce cuando la forma de estos parches se hace más compleja (valores grandes). La relación perímetro/área tuvo el mismo comportamiento que las dos variables de forma anteriores pero solamente para la abundancia de palmas, para valores grandes de esta variable (parches menos compactos) la abundancia de palmas se hace menor. A nivel del paisaje los índices de diversidad Shannon y Simpson, mostraron estar relacionados con la abundancia y riqueza de palmas, encontrándose que la abundancia y riqueza de palmas en los parches de guadua resulta ser superior en los paisajes que presentan una mayor diversidad de hábitat. Por otro lado, las variables relacionadas con la configuración del paisaje presentaron relación estadísticamente significativa con algunas de las variables florísticas analizadas; de esta manera la distancia media al vecino mas próximo (DMVP) de los parches de

**TABLA 4.** Variables métricas de tamaño y forma promedios para los usos que mostraron diferencias entre los seis paisajes comparados ( $p = 0.05$ ). Las letras indican los paisajes o grupos de estos que fueron diferentes.

País	Área		Elongación	Dimensión fractal	Forma	Relación perímetro/área	
	Gu	Pa				Gu	Bn
1	A 13.1	A 2512	B 0.17	A 1.3	A 1.9	A 266	A 185
2	A 10.7	A 2138	A 0.09	B 1.4	B 2.9	B 370	B 423
3	B 10.9	A 2563	A 0.11	B 1.4	B 2.5	B 334	A 262
4	B 6.9	B 3538	A 0.09	B 1.4	B 2.6	B 380	A 195
5	B 5.5	B 3013	B 0.25	B 1.4	B 2.3	B 386	B 347
6	B 7.7	C 4604	B 0.26	B 1.4	B 2.3	B 341	A 207

**TABLA 5.** Distancia al vecino más próximo y dispersión para parches de guadua (Gu), guadua con bosque mixto (Gu-BM) y bosque mixto (BM) en seis paisajes del eje cafetero.

Paisaje	Categoría de uso	Distancia promedio al vecino mas próximo	Índice de dispersión
1	Gu	208.07	38.80
1	Gu-BN	1302.05	21.28
1	BN	344.03	7.65
2	Gu	188.46	47.89
2	Gu-BN	68.09	12.30
2	BN	1009.61	21.82
3	Gu-BN	301.06	29.60
3	Gu	212.94	46.23
3	BN	4127.24	20.42
4	BN	203.62	18.84
4	Gu	2144.48	35.45
4	Gu-BN	1240.00	66.82
5	Gu	52.22	23.76
5	BN	210.19	0.00
6	Gu	79.71	4.35
6	BN	2301.15	13.34

guadua y bosque (Gu-BM) se relacionó con la riqueza y abundancia de palmas; de esta manera, cuando los parches de guadua y bosque dentro de un mismo paisaje están muy distantes, la diversidad en los parches de guadua dentro del mismo paisaje, tiende a ser menor. Con respecto a la misma variable (DMVP) pero para los parches de bosque mixto (BM), la relación se presentó con la diversidad expresada por el índice Alpha, la riqueza y la riqueza de palmas; encontrándose que a mayor distanciamiento de los parches de bosque mixto, las variables mencionadas tienden a ser mayores.

Por ultimo, se encontró que el índice de dispersión calculado para los parches de guadua (Gu) se relacionó con la riqueza de palmas, mientras que el mismo índice estimado para los parches de bosque mixto (BM), se relacionó con la diversidad expresada por los tres índices de diversidad y la riqueza; para los dos tipos de parche mencionados cuando estos están más dispersos por todo el paisaje, las variables con las que se correlacionaron de manera significativa tienden a presentar valores altos. Todas las correlaciones tuvieron un nivel de significancia  $p < 0.05$ . los resultados son presentados en la tabla 8.

**TABLA 6.** Distribución del número parches por uso del suelo para seis paisajes del eje cafetero Colombiano.

Pais.	BM	BSR	Cc	Cp	Cs	Gu	Gu-BM	Sa	Sp	Zp	Zu
1	6	11	0	4	11	22	4	0	6	0	0
2	2	0	0	9	12	27	11	0	0	0	0
3	2	0	0	8	8	28	9	0	0	0	0
4	6	0	2	1	0	35	6	1	0	1	0
5	15	0	4	0	0	19	0	0	0	0	1
6	3	0	0	8	4	50	0	2	0	2	0

### IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

A pesar de que el número de parches presentes en los seis paisajes estudiados pareció ser grande, estos valores incluyen un buen número de parches correspondientes a usos del suelo diferentes las categorías de bosque reportadas en el estudio, como por ejemplo cultivos semestrales, cultivos perennes o cultivos de caña. Sin embargo, en todos los paisajes mas del 67% de los parches correspondieron a una categoría de bosque incluida en una gama desde sucesiones primarias hasta guaduales, bosque natural o bosque natural con guadua; y mas de un 45% de los parches en todos los paisajes correspondieron a parches con presencia o dominio de guadua. Por otra parte, el valor promedio de las áreas a nivel del paisaje estuvo influenciada por las áreas ocupadas por parches de cultivos semestrales, los cuales ocupan superficies grandes y por lo tanto estos valores promedio aparecen altos, si se tiene en cuenta que los parches con algún tipo de cobertura boscosa en general cubren áreas pequeñas y para el caso de guadua y bosque (Gu-BM) no se reportaron en dos de los seis paisajes.

**TABLA 7.** Diversidad de hábitat en seis paisajes del eje cafetero Colombiano.

Paisaje	Índices de Diversidad		
	Alpha	Shannon	Simpson
1	2.23	1.91	6.33
2	1.9	1.71	4.86
3	2.01	1.61	4.03
4	2.59	1.23	2.28
5	1.93	1.22	2.9
6	1.57	0.98	1.85

**TABLA 8.** Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables de paisaje y las variables florísticas de los guaduales en el eje cafetero colombiano ( $p < 0.05$ ).

Variables de paisaje	Variables florísticas de los guaduales				
	Diversidad Alpha	Diversidad Simpson	Riqueza florística	Riqueza de Palmas	Abundancia de Palmas
. No. de parches de Bosque-Guadua.	-0.70	- 0.68	- 0.61		
. Forma de los parches de guadua.				0.64	
. Forma de parches de bosque sin guadua.					- 0.60
. Forma de parches de Bosque-guadua.				- 0.70	
. Dimensión fractal de parches de guadua.					- 0.69
. Dimensión fractal de parches de bosque.					- 0.88
. Relación perímetro/área de parches de guadua.					- 0.54
. Relación perímetro/área de parches Bosque-guadua.					- 0.86
. Diversidad Paisaje (Índice Simpson).				-0.80	0.68
. Diversidad Paisaje (Índice de Shannon)				0.58	0.78
. Distancia al vecino mas próximo, parches de guadua y bosque mixto.				- 0.72	- 0.66
. Distancia al vecino mas próximo, parches de bosque natural.	0.76			0.73	0.65
. Índice de dispersión parches de bosque natural.	0.67	0.79	0.67	0.65	
. Índice de dispersión parches de guadua.					0.64

En general los parches de las tres categorías analizadas guadua, bosque y guadua con bosque, presentan formas alargadas y de complejidad similar en todos los paisajes; únicamente los parches de guadua de un paisaje resultaron ser estadísticamente diferentes en cuanto a la complejidad de su forma, este aspecto puede deberse a que este paisaje esta determinado en gran parte por la influencia de un río de gran caudal, lo cual no ocurre en los demás. En el caso de la relación perímetro/área, se diferenciaron dos grupos de paisajes determinados por los parches de guadua (Gu) y los de bosque mixto (BM), esta diferenciación se debe básicamente a la presencia de parches con perímetros grandes y a su vez complejos en cuanto a su forma. Este aspecto relacionado con la complejidad de la forma de los parches de guadua puede estar ocasionando efectos sobre la riqueza de palmas existentes en las dos

clases de parches mencionados; de esta manera se tiene que en parches de guadua de formas muy complejas la abundancia de palmas es baja. Esta hipótesis puede ser explicada debido a que una buena parte de las especies de palmas presentes en los guaduales no toleran las condiciones de luz fuerte, la cual se incrementa con la rugosidad del borde de los parches cuando estos son muy complejos.

La manera como se encuentra estructurado el paisaje, en cuanto al tamaño de los parches y su composición, sugieren que existe una alta influencia sobre las especies de interior que aún sobreviven en algunos de los parches de bosque que existen en la zona (Ospina, 2002); ya que existe un alto número de parches de bosque pequeños, al igual que una buena cantidad de hábitat creados por el hombre, aspectos que incentivan

la colonización por especies de borde (14,5). En relación con lo anterior, la cantidad de parches de bosque natural (BN) en el paisaje mostró tener una influencia negativa sobre las variables de riqueza y diversidad florísticas de los guaduales presentes en el mismo sector, indicando que a mayor número de parches de bosque natural menor son los valores de las variables florísticas mencionadas; esta tendencia se explica por el echo de que el tamaño de los parches de bosque mixto (BM), que aparecen en la mayoría de los paisajes analizados son muy pequeños (< 10 ha); lo que sugiere valores bajos de diversidad y riqueza en estos parches, situación que puede estar extremando las consecuencias de la fragmentación, en este caso la reducción en la diversidad y riqueza a nivel de todo el paisaje.

La configuración espacial de los parches de las diferentes categorías en cada uno de los paisajes, muestra dos aspectos importantes; en primera medida, que los parches de bosque mixto (BN) y de guadua y bosque (Gu-BM) se encuentran dispersos en el caso de cinco de los seis paisajes estudiados, por lo que podría decirse que una buena parte de los parches de guadua presentes en los paisajes de la zona no están muy distantes de fuentes de semilla. Sin embargo, las distancias entre los parches de la misma categoría y para las tres categorías analizadas fueron en general grandes (> 0.25 Km. en tres paisajes y > 1 Km en el resto), lo que puede estar limitando la diseminación de las especies escasas y cuya diseminación en parte es realizada por roedores, para los que se les dificulta su movilidad a través de la matriz, ya que quedan expuestos a sus enemigos naturales o a ser cazados por el hombre (14, 11), además, esta situación se agrava por la agresividad de la matriz, que fue de potrero en todos los sitios. Cabe señalar que en los paisajes 5 y 6 las distancias medias entre parches de guadua fueron pequeñas (< 80 metros), que estos dos paisajes fueron los menos diversos y que en ellos no se reportaron parches de guadua y bosque mixto (Gu-BM).

## CONCLUSIONES

En general los parches con algún tipo de cobertura boscosa en la zona de estudio, presentan áreas pequeñas; sin embargo, constituyen el 67% de los ecosistemas existentes a nivel del paisaje y se presentan generalmente dispersos en el paisaje. Lo anterior pudo haber agudizado las consecuencias que hasta hoy ha tenido la fragmentación en la zona y puede estar afectando las especies de interior que aún quedan en los parches de

bosque más grandes. Por otro lado, buena parte de la diversidad vegetal existente en la zona esta contenida en los parches con guadua, la cual esta siendo favorecida por las características que presentan los paisajes en la zona, para el caso de la mayoría de especies de sitios tolerantes a la luz o colonizadoras de sitios abiertos.

La diversidad y composición a nivel del paisaje mostró que la zona no presenta mucha variación; sin embargo, este aspecto puede estar muy influenciado a la escala del estudio, es decir cubriendo un área menor estas variables pueden arrojar otra situación. Lo anterior también puede aplicar con relación a las variables de forma y de configuración del paisaje.

## REFERENCIAS

- (1) Finegan, B. 1997. Comunidades de bosques tropicales: Historia, perturbación y el efecto del ambiente físico. *In* Curso Bases ecológicas para el manejo de bosques tropicales. CATIE, Turrialba, CR. Documento Borrador 54p.
- (2) Clark, D.B. 2002. Los factores edáficos y la distribución de las plantas. *In* Ecología y conservación de bosques neotropicales. Ediciones LUR, Cartago, CR. Pp193-221.
- (3) Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4: 355 - 364.
- (4) Turner, M.G. 1990. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology* . 4(1): 21 - 30.
- (5) Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaics: The ecology of landscape and regions. Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain. 632p.
- (6) Forman, R.T.T. y Godron, M. 1981. Patches and structural components for a landscape ecology. *Bioscience* 3(1): 733 - 740.
- (7) Turner, M.G. 1987. Land use changes and net primary production in the Georgia , USA, landscape: 1935-82. *Environmental Manage.* 11: 237-247.
- (8) Kattan, G.H. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. *In* Ecología y conservación de bosques neotropicales. Ediciones LUR, Cartago, CR. pp 561-590.
- (9) Gardner, R. H., Milne, B. T., Turner, M. G, O´

- Neill, R.V. 1987. Neutral models for the analysis of broad-scale landscape pattern. *Landscape Ecology* 1: 19– 28.
- (10) O`Neill, R.V., Krumme.J.R; Gardner.R.H.; Sugihara, G.; Jackson, B.; De Angelist, D.L.; Milne, B.T.; Turner, M.G.; Zygmunt,B.; Christensen, S.W.; Dale, V.H.; and Graham, R.L. 1988. Indices of Landscape Pattern. *Landscape Ecology* 1 (3):153-162.
- (11) Poiani, K. A., Ritche, B.D., Anderson, M. G., y Ritche, H.E. 2000. Biodiversity conservation at multiple scales: Functional sites, landscapes and networks. *BioScience* 50(2): 133 – 146.
- (12) Hess, G. 2001 Pattern and error in landscape ecology: A commentary. *Landscape Ecology* 1: 3 – 5.
- (13) McGarigal, K. 2002. An Overview of Landscape Ecology Principles. [www.innovativegis.com/products/fragstatsarc/aboutlc.htm](http://www.innovativegis.com/products/fragstatsarc/aboutlc.htm).
- (14) Harris, L. 1984. The fragmented forest: island biogeography theory and preservation of biotic diversity. University of Chicago Press, Chicago US. 271p.
- (15) McGarigal, K., Marks, B. J. 1994. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Forest Science Department, Oregon University. Oregon, US. User Manual. 63p.
- (16) Elkie, P.C.; Rempel, R. S.; Carr, A.P. 1999. Patch Analyst User's Manual: A tool for quantifying landscape structure. Queen's, Ontario, Canadá. 22p.
- (17) Ospina, R. 2002. Factores que determinan las características florísticas y estructurales de los fragmentos dominados por *Guadua angustifolia* kunth en el eje cafetero colombiano y su relación con el aprovechamiento de guadua. Thesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 52p.
- (18) Berry, P.E. 2002. Diversidad y endemismo en los bosques neotropicales de bajura. *In* Ecología y conservación de bosques neotropicales. Ediciones LUR, Cartago, CR. pp 83-96.