

**COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL
MUNICIPIO DE CHÍA, CUNDINAMARCA ENTRE LOS AÑOS 1980-2012 Y SU
RELACIÓN CON LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA DEL TERRITORIO.**

JULIO CESAR CORTES VARGAS I.F Esp.

DAVID MAURICIO RUBIO ZAFRA I.CG Esp.

UNIVERSIDAD DE MANIZALES

FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE

2016

**COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL
MUNICIPIO DE CHÍA CUNDINAMARCA, ENTRE LOS AÑOS 1980-2012 Y SU
RELACIÓN CON LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA DEL TERRITORIO.**

**Trabajo de tesis para optar al título de Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio
Ambiente**

JULIO CESAR CORTES VARGAS I.F Esp.

DAVID MAURICIO RUBIO ZAFRA I.G Esp.

Director

JOSÉ FERNANDO MUÑOZ OSPINA

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE**

2016

Contenido

1. Introducción	1
2. Marco teórico y conceptual	9
2.1. Antecedentes	10
2.2. Sostenibilidad y territorio	16
2.3. Coberturas vegetales	18
2.4. Clasificación de la Cobertura Vegetal	18
2.5. Sistemas de clasificación de coberturas	22
Sistemas de industrialización	24
2.5.1. Sistema CORINE Land Cover (CLC)	24
2.6. Relación de coberturas vegetales y las actividades antrópicas	31
2.6.1. Coberturas y Usos del Suelo	32
2.6.2. Usos	33
2.7. Ecosistemas Estratégicos	37
2.8. Servicios ambientales	38
2.9. Paisaje o Mosaico	40
2.9.1. Ecología Del Paisaje	42
2.9.2. Composición del Paisaje	47

2.9.3.	Estructura del paisaje.....	49
2.10.	Aplicación de los SIG como elemento de estudio y análisis de la cobertura vegetal	
	54	
2.11.	Modelos Estocásticos (Cadenas de Markov)	54
3.	Metodología	58
3.1.	Área estudio	60
3.2.	Fuentes de Información	65
3.3.	Fotointerpretación detallada	68
3.4.	Generación de una Geodatabase a través de un SIG.....	76
3.5.	Metodología de Análisis	76
3.6.	Perfil histórico.....	79
3.7.	Aplicación de Modelo de Markov	79
4.	Resultados	84
4.4.	Coberturas del municipio de Chía.....	84
4.1.1.	Coberturas vegetales.....	85
4.1.2.	Cobertura urbana	97
4.4.	Estructura del paisaje a partir de las métricas	99
4.2.1.	Identificación de clases.....	100
4.2.2.	Configuración a nivel de clase.....	114

4.3. Discusión y resultados de patrones (métricas)	115
4.4. Perfil histórico de ocupación.....	119
4.4.1. Análisis comparativo de la composición del paisaje (1980, 2012).	125
4.4.2. Análisis del Perfil histórico	126
4.5. Modelo predictivo.....	132
4.5.1. Validación del modelo predictivo.....	132
4.5.2. Modelo predictivo.	135
4.5.3. Análisis de modelo predictivo.	138
5. Conclusiones	140
6. Recomendaciones.....	144
7. Referencias bibliográficas.....	145

Índice de tablas

Tabla 1. Antecedentes de estudios de investigación.....	11
Tabla 2. Niveles de transformación Humana en el paisaje Forman y Godron (1986)	23
Tabla 3. Clasificación CORINE Land Cover.	25
Tabla 4. Homologación de coberturas Godron y CORINE LandCover.....	29
Tabla 5. Formas de las ciudades o centros urbanos.....	35
Tabla 6. Material fotográfico empleado en el proceso de fotointerpretación.....	67
Tabla 7. Material fotográfico a color.....	67
Tabla 8. Coberturas del municipio de Chía	74
Tabla 9. Tabla de reclasificación de coberturas para el modelo predictivo.	81
Tabla 10. Especies reportadas cerros orientales	87
Tabla 11. Especies reportadas de arbustos y matorrales.	89
Tabla 12. Especies en bosques galería riparios	90
Tabla 13. Índices área y densidad.....	100
Tabla 14 Índice de shape	105
Tabla 15. Índice dimensión fractal.....	106

Tabla 16. Índice de Círculo Circunscrito Relacionado.....	107
Tabla 17. Índice de contigüidad.	108
Tabla 18. Índice de proximidad	109
Tabla 19. Índice de contagio y mezcla.....	110
Tabla 20. Índice conectividad y cohesión, métricas de 1980.	112
Tabla 21. Índice conectividad y cohesión, métricas de 2012.	113
Tabla 22. Comportamiento de histórico de las coberturas de Chía	121
Tabla 23. Métricas comparativas composición de paisaje.	125

Índice de Figuras

Figura I. Funcionamiento de cadenas de Markov.....	56
Figura II. Las fases del proceso investigativo de este estudio se ilustran a continuación:	59
Figura III. División política administrativa	61
Figura IV Población del municipio de Chía	65
Figura V Etapas de la interpretación	69
Figura VI. Interpretación de fotografía 2012. Color	71
Figura VII. Interpretación de imagen de 1980.	72
Figura VIII. Constitución de una geodatabase	76
Figura IX. Tamaño de grano visto a escalas 1:1000 y 1:5000	78
Figura X. Imagen de coberturas 1980	80
Figura XI. Coberturas del municipio de Chía	85
Figura XII. Coberturas vegetales interpretadas.	86
Figura XIII. Coberturas vegetales.	93
Figura XIV. Coberturas vegetales cerros occidentales.....	94
Figura XV. Coberturas vegetales. 2012.....	97

Figura XVI. Cambio de coberturas vegetales de 1980 a 2012	120
Figura XVII. Mapa de coberturas vegetales 1980.....	130
Figura XVIII Mapa de coberturas vegetales 2012.....	131
Figura XIX. Simulación del cambio de coberturas 2012.	133
Figura XX. Imagen real 2012.....	134
Figura XXI. Predicción de 2028.....	135

Resumen

En el municipio de Chía Cundinamarca presenta uno de los fenómenos de ocupación y cambio de uso de los suelos más dinámicos en las últimas décadas. Esto ha generado un cambio sustancial en el paisaje natural visto desde las coberturas vegetales; en esta investigación a través de un proceso de fotointerpretación detallada se identificaron las coberturas existentes en diferentes periodos de tiempo y su comportamiento espacial. Empleando un análisis de la ecología del paisaje por medio de las métricas se obtuvo el comportamiento de la cobertura, el grado de conectividad y la formulación de un modelo prospectivo del cambio de cobertura en un periodo de 16 años. Fue posible determinar el fuerte grado de antropización de las coberturas vegetales en el territorio, manifestando la modificación del paisaje con la aparición de coberturas como arbustos y bosque plantado derivados especialmente, de la instalación de coberturas con fines ornamentales en las unidades residenciales. Este comportamiento contrasta con la fragmentación de los bosques de galería y la cobertura de árboles y arbustos en la región central del municipio, haciendo posible a partir de esta investigación efectuar análisis posteriores de la estructura ecológica, ocupación del territorio, distribución y comportamiento de las coberturas vegetales con fines de planificación y ordenación ambiental del territorio.

Palabras claves

Cobertura vegetal, métricas del paisaje, conectividad ecológica, modelo predictivo, análisis espacial.

Summary

In the municipality of Chía Cundinamarca it has been evidenced one of the most dynamic phenomena of occupation and change in land use during the last decades, this has generated a substantial change in the natural landscape seen from the mulches. This research, implemented a process of detailed photo-interpretation, and findings revealed the existing coverage at different periods of time and spatial behavior. Through the implementation of an analysis of landscape by means of ecology metrics it was possible to obtain the behavior of coverage, the degree of connectivity and the development of a prospective model coverage change over a period of 16 years. On the basis of this research, it was possible to determine the strong degree of human impact on the vegetation cover in the territory, making evident a modification of the landscape with the emergence of coverages such as; shrubs, planted forest, and especially derivatives that come from the installing coverages for ornamental purposes in residential units. This behavior contrasts with the fragmentation of gallery forests, tree cover and shrubs in the central region of the municipality, making it possible for this research to carry out further analysis of the ecological structure, land use, distribution, and behavior of hedges plant for planning and environmental planning.

Key words: vegetation cover, landscape metrics, ecological connectivity, predictive modeling, spatial analysis.

1. Introducción

Las regiones latinoamericanas han experimentado un cambio notorio a partir de la segunda mitad del siglo XX con respecto a sus asentamientos poblacionales, cambios generados por la dinámica del crecimiento económico, la concentración de población urbana y la visualización y apropiación del territorio.

Dentro de este contexto la conformación regional de Colombia no ha sido ajena a esta tendencia de desarrollo, es evidente que los patrones de ocupación territorial han experimentado un auge de concentración de la población en las áreas urbanas. De acuerdo con Quintero (2009, p. 46) el desequilibrio y asimetría del desarrollo de las regiones en Latinoamérica se expresan en el territorio y en los asentamientos urbanos.

En el país, la cercanía a Bogotá D.C ha estimulado un desarrollo y crecimiento urbanístico en algunos municipios aledaños pertenecientes a la región sabana centro, experimentado notables cambios con respecto a sus patrones de uso y ocupación del suelo en las últimas décadas, evidenciándose una transformación vertiginosa en municipios como Chía.

Este municipio ha cambiado notablemente en el transcurso del tiempo dando de manera particular distintas destinaciones al uso del suelo y al uso y manejo de los recursos naturales de los cuales se deriva una dinámica en el cambio de las coberturas vegetales que fueron objeto de esta investigación.

En este sentido, se selecciona el municipio de Chía como un elemento representativo en la región que muestra los cambios graduales y radicales a través del tiempo, por ello se realizó un estudio

desde la década de los 80's hasta el año 2012 que tomó en cuenta aspectos como usos del suelo, patrones de coberturas vegetales y conurbación e incorporando el componente ambiental a través las coberturas vegetales. Esto proporciono un escenario dinámico que representó los cambios en la cobertura del área de estudio y las coberturas vegetales generando un modelo prospectivo de cambios y ocupación, así como la conectividad de estas coberturas y su situación con el entorno.

En este contexto la relación espacial y los elementos del territorio proporcionaron un marco en el que se desarrollan múltiples dinámicas que intervienen en el comportamiento de elementos biofísicos manifestados durante el tiempo. A partir de esto aparece el siguiente planteamiento del problema sobre el cambio de ocupación y coberturas de Chía:

El crecimiento de la población a través del tiempo acarrea una serie de cambios en el ámbito natural representados en los recursos naturales, el paisaje y el uso del suelo. Estos cambios se encuentran directamente relacionados con las actividades socioeconómicas desarrolladas por las comunidades, que buscan un bienestar propio mediante el uso de los recursos naturales y de los servicios ambientales a través del aprovechamiento directo e indirecto que hacen de estos y de toda una serie de cambios en el espacio natural mediante desarrollo urbanístico y el uso del suelo con carácter productivo.

En este caso la dimensión ambiental es abordada desde las coberturas vegetales, como una expresión del paisaje y del comportamiento de la vegetación en especial en los entornos urbanos y la relación de estas con las coberturas de tipo antrópico en cuanto a su distribución, cantidad y conectividad. Es evidente que en la mayoría de los casos los procesos de ocupación y uso del territorio acarrea consigo conflictos entre el ámbito socioeconómico y el ambiental expresados en

distintos problemas que afectan principalmente la cobertura vegetal, tales como: desaparición, fragmentación, cambio de la cobertura, uso del suelo y distribución espacial entre otros. Esto implica considerar el comportamiento de la cobertura vegetal dentro de un contexto espacial como elemento ambientalmente relevante en los centros poblados y por ende como un elemento contributivo en la sostenibilidad ambiental.

Esto se plasma espacialmente dentro del territorio considerando que la sabana de Bogotá representa una de las regiones más importantes a nivel económico, social, industrial, ambiental del departamento y del país. Dentro de la sabana existen provincias o regiones caracterizadas geográficamente y económicamente. Dentro de estas provincias se destacan algunas, como la importante provincia sabana centro, cuya extensión es de 1026 Km² y que ocupa el segundo lugar en crecimiento urbanístico en el departamento en parte por su proximidad con la ciudad Capital, experimentado una dinámica de crecimiento urbano acelerada; especialmente en el municipio de Chía donde es evidente este fenómeno.

Chía, es uno de los municipios más representativos de la provincia de Sabana Centro, con una extensión de 79.23 Km² ocupando el 7,72% de la superficie total de la provincia y el 0.32% del departamento, presentando un 25.4% de la población de la provincia para el año 2005, con una participación del 16.8 % del PIB de la provincia ocupando el segundo lugar después de Zipaquirá; A su vez la provincia es la segunda más alta en participación del PIB departamental con un 19,2 % (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010, p.23).

Este municipio se consolida entre los más importantes por su representatividad a nivel de crecimiento urbano y económico, destacándose por sectores como la prestación de servicios y

crecimiento de la infraestructura urbana, por ello un municipio que ha presentado uno de los mayores crecimientos urbanos.

Es evidente entonces la importancia que Chía tiene en la región de la sabana en varios aspectos de tipo económico y social, lo que genera un mayor interés y presión en los índices de ocupación del suelo y los asentamientos urbanos. La tendencia que tiene la población en concentrarse en las áreas urbanas ha generado un cambio importante en la apropiación y en el uso de los recursos ambientales (Quintero, 2009, p. 47).

En este sentido, la importancia de las coberturas vegetales como elemento representativo del componente ambiental y la relación con el bienestar y la calidad de vida de los habitantes se hallan íntimamente relacionadas con los procesos de ocupación de los asentamientos urbanos, más aún cuando esta provincia es una de las que más experimenta un crecimiento urbano y poblacional. Lo que representa un aspecto determinante en el desarrollo local y regional.

A partir de los anteriores planteamientos surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo ha evolucionado espacialmente la cobertura vegetal del municipio de Chía, entre los años 1980 y 2012 y cuál es la relación con la conectividad ecológica del territorio?

Aun cuando esta pregunta resulta bastante concreta aborda varias temáticas interrelacionadas que se pueden comprender con las siguientes preguntas orientadoras:

¿Cuáles son los tipos de cobertura vegetales presentes en el municipio y como estas han cambiado por los procesos de ocupación territorial?

¿Cómo está la conectividad del municipio de Chía con respecto a las coberturas vegetales?

¿Cuáles son los cambios en las coberturas vegetales y antrópicas en las últimas tres décadas?

¿Cuáles son los posibles escenarios de ocupación del suelo y coberturas vegetales en el municipio de Chía?

Tomando en cuenta estos cuestionamientos se estableció el Objetivo general y los objetivos específicos que orientaron el ejercicio investigativo:

Objetivos

Objetivo general

- Determinar el comportamiento espacial de la cobertura vegetal del municipio de Chía entre los años 1980-2012 y la relación con la conectividad ecológica del territorio.

Objetivos específicos:

- Identificar las coberturas, usos del suelo y patrones de ocupación territorial en el municipio de Chía.
- Determinar la conectividad ambiental de las coberturas vegetales en la superficie territorial del municipio.
- Comparar los procesos de ocupación territorial y los cambios de cobertura vegetal a partir de la realización de un perfil histórico.
- Describir desde un enfoque prospectivo los procesos de ocupación territorial con respecto a usos del suelo y coberturas vegetales que actualmente se presentan en el municipio

La pertinencia de estos objetivos propuestos con la ocupación del territorio y los cambios generados en este, pone de manifiesto la necesidad de haber considerado estos fenómenos como parte de una motivación en la realización de esta investigación.

Justificación

Tomando en cuenta lo anterior, la justificación de este proyecto de investigación se enmarca dentro del contexto territorial donde la polarización de los patrones de ocupación en las áreas urbanas de distintas regiones del país, es un fenómeno que se ha venido desarrollando a una mayor velocidad a medida que los nuevos procesos de crecimiento económico y las tendencias de globalización se han incorporado a las políticas territoriales del país. En el departamento de Cundinamarca esta tendencia de ocupación territorial es aún más marcada por la cercanía con la capital, cuyo crecimiento está influenciado el desarrollo de las subregiones del departamento.

La subregión que ha experimentado de manera progresiva este fenómeno es la sabana de Bogotá, según Quintero (2009) la concentración de población y el mayor índice de crecimiento registrado para el departamento, la destacan como la subregión más propensa al deterioro de su base ambiental, de sus recursos bióticos y paisajísticos, derivando también en una inequidad con respecto a las demás subregiones y esta inequidad también se traduce al interior de la misma subregión.

En el municipio de Chía ubicado en la zona centro de la sabana de Bogotá, estos cambios en los procesos de ocupación y uso del suelo han generado un cambio en el capital ambiental, situación que refleja no sólo el estado de la provincia sino la condición general de la sabana de Bogotá.

Varios estudios se han ocupado de los fenómenos de expansión urbana y ocupación del territorio, abordando la problemática desde los cambios de uso del suelo y la dinámica socioeconómica, generada a partir de estos cambios. La necesidad de este tipo de estudios en la actualidad es

primordial, para comprender la manera en que un territorio es apropiado y usado por las comunidades, así como la visión que estas tienen del territorio.

Sin embargo, es indispensable incorporar la dimensión ambiental desde la perspectiva de las coberturas vegetales como un elemento fundamental del entorno que cumple un papel determinante en el desarrollo del municipio a nivel ambiental, social y urbano. Esta investigación se fundamentó en el análisis del comportamiento de las coberturas vegetales en cuanto a su cantidad, tipo, distribución y conectividad dentro del contexto de la ecología del paisaje, con respecto a los procesos de crecimiento urbano y ocupación del territorio llevado a cabo en el municipio.

Como parte de la innovación de la investigación se realizó un análisis histórico de la ocupación y cambio del territorio con respecto a las coberturas que, junto con el análisis de transformación de las coberturas vegetales, a través de la ecología del paisaje, generó un modelo prospectivo de ocupación y presencia de coberturas vegetales.

A partir de esta investigación es posible establecer patrones de ocupación territorial y su relación con el componente ambiental expresado a través de las coberturas vegetales, estableciendo la conectividad ecológica del municipio por medio de las coberturas vegetales existentes, proporcionando un insumo clave para el desarrollo urbano sustentable, y la generación de políticas congruentes con el desarrollo sostenible y la gestión territorial dentro de un marco de ordenamiento ambiental acorde a las necesidades del municipio.

2. Marco teórico y conceptual

El territorio comprende una dimensión holística donde se incorporan múltiples aspectos de la realidad desde los aspectos biofísicos hasta aquellos aspectos provenientes de concepciones netamente teóricas. Para la conceptualización y comprensión de esta realidad es necesario incorporar elementos básicos que proporcionen una visión territorial y de cómo esta se transforma a través del tiempo, tomando en cuenta como base para esta investigación las coberturas vegetales como una expresión del medio biofísico.

Para este contexto es fundamental abordar conceptos que proporcionen un marco de referencia permitiendo comprender la realidad y la dinámica que transforma los diferentes elementos del territorio. Para esta investigación las coberturas vegetales su estado y transformación frente a la ocupación territorial en el municipio de Chía brindaron el sustento de análisis de comportamiento del territorio, abordando temas como la ecología del paisaje, la conectividad y el uso del suelo entre otros.

A continuación, se presentan los elementos conceptuales pertinentes; como elemento fundamental en la investigación se consideraron desarrollos llevados a cabo en temáticas similares que brindaron un soporte conceptual en el desarrollo de esta investigación o proporcionaron un punto de partida, siendo estos:

2.1. Antecedentes

La incorporación del medio ambiente a los procesos de ordenamiento territorial en el país aparece desde la constitución de 1991, consagrados en varios artículos y cuya importancia se consolida en la ley 99 de 1993 por medio de la cual se crea el ministerio de medio ambiente y en la ley 388 de 1997 o ley orgánica, que integra el ordenamiento territorial, urbanismo, uso del suelo y aspectos medio ambientales entre muchos otros, constituyéndose en el eje central de la política territorial del país, de acuerdo con Andrade (1994) el ordenamiento territorial se convierte en una política de estado para la óptima organización político administrativa, socioeconómica y ambiental optimizando el uso del territorio.

Según Parrado (2001)

La experiencia del ordenamiento territorial y ambiental del caso colombiano es relativamente reciente, donde la conceptualización del ordenamiento territorial y el ordenamiento ambiental tienden a ser muy similares. A pesar de esto y de su íntima relación conceptual el ordenamiento ambiental se traduce, como una gestión territorial, con el objetivo de garantizar la sostenibilidad a través de la gestión del capital ambiental, mitigación de impactos y la resolución de conflictos antrópicos-ambientales(p.47)

Sin embargo, desde el aspecto legal del país se han creado mecanismos independientes para su implementación, conceptualmente va más allá de aspectos geográficos y biofísicos involucrando la relación sociedad y medio ambiente, considerando la apropiación de los recursos y su relación con los sistemas productivos y el manejo de los recursos naturales para garantizar la calidad de vida y del estado del medio ambiente. Para esto se han implementado mecanismos como la

zonificación ambiental, la identificación de ecosistemas y áreas naturales, la valoración y cuantificación del patrimonio natural.

Esto ha propiciado la realización de estudios, evaluaciones e investigaciones de carácter ambiental, donde los aspectos como la ecología del paisaje y el estudio del comportamiento de las coberturas en los procesos de ocupación del territorio han cobrado especial importancia en abordajes de ecología urbana, determinación de la estructura ecológica principal, redes ecológicas y servicios ambientales.

Dentro del contexto del estudio de las coberturas vegetales y su conectividad se encuentran los siguientes estudios:

Tabla 1. Antecedentes de estudios de investigación

Autor	Titulo	Reseña	Año
Paul Moizo Marrubio	La percepción remota y la tecnología SIG: Una aplicación en la ecología del paisaje	Las imágenes de percepción remota procesadas con la tecnología de los sistemas de información geográfica (SIG) constituyen una importante herramienta de trabajo en la investigación en Ecología de paisajes. Se utilizan aquí para desarrollar una aproximación al estudio y diagnóstico ecológico de un área afectada por la intervención antrópica. o. Como resultado se elabora una propuesta de	2004

Autor	Titulo	Reseña	Año
		regionalización en subáreas, de acuerdo al patrón espacial, y se propone una interpretación de los atributos ecológicos del área en cuestión.	
Luisa Ximena Vargas, Diana Marcela Cifuentes	Proceso e conurbación de los municipios de la sabana de Bogotá: Análisis del municipio de Chía	La conurbación física entre el municipio de Chía y Bogotá es un proceso que hasta el momento no se ha dado, pero en cuanto a aspectos económicos, políticos, sociales, culturales y ambientales este proceso ya es un hecho, pues entre Bogotá y el Municipio existe una complementariedad muy fuerte, basada en la prestación de servicios públicos, empleo, salud, educación, acceso a mano de obra local, recreación y recursos naturales que se puedan encontrar a lo largo del mismo, para así llegar a analizar las características y consecuencias económicas y sociales del proceso de conurbación de Chía con Bogotá.	2006

Autor	Titulo	Reseña	Año
Eduardo Gutiérrez Ocampo	Análisis de la estructura del paisaje del municipio de Chía (Cundinamarca) y alrededores para la definición de la estructura ecológica principal (EEP)	Analizar la estructura del paisaje del municipio de Chía con el fin de definir la Estructura Ecológica Principal (EEP), determinar su grado actual de fragmentación, e indagar como se está abordando el tema según los POT's.	2006
Erika Julieta García Estarrón	El proceso de expansión urbana y su impacto en el uso del suelo y vegetación del municipio de Juárez Chihuahua (México)	En la actualidad, se considera que la conversión de la cobertura de los suelos es la mayor causa de pérdida de diversidad biológica en los ecosistemas naturales; realizar un estudio de la cobertura vegetal y uso del suelo, supone analizar y clasificar los diferentes tipos de cobertura y usos asociados que el hombre practica en una zona o región determinada. Con el fin de conocer el proceso de crecimiento de este asentamiento urbano y su relación con los cambios de uso de suelo y vegetación	2008

Autor	Titulo	Reseña	Año
<p>Ana María Monsalve Cuartas</p>	<p>Redes ecológicas en la estructura urbana de la ciudad de Medellín (Colombia)</p>	<p>Se identificaron y determinaron características de algunos espacios verdes de la ciudad de Medellín y su perspectiva para configurar redes ecológicas urbanas, bajo los principios de la ecología del paisaje. Con base en cartografía digital y fotografías aéreas, se identificaron mediante sistemas de información geográfica los espacios verdes mayores o iguales a 400 m. los cuales se cualificaron en fragmentos y corredores; y posteriormente en fragmentos y nodos. Mediante la evaluación de atributos espaciales, se identificaron y evaluaron potenciales redes ecológicas locales, las cuales constituyen una herramienta de planeación que ayuda a implementar una trama de espacios con suelos destinados a la recuperación del soporte natural</p>	<p>2009</p>

Autor	Titulo	Reseña	Año
Universidad Nacional de Medellín	Coberturas naturales uso actual del suelo y determinación de los conflictos de uso, con base en el POT de la zona rural del municipio de Medellín,	El objetivo del presente convenio interadministrativo es la actualización de las coberturas y los usos del suelo de cuatro de los corregimientos de Medellín, Santa Elena, San Cristóbal, San Sebastián de Palmitas y San Antonio de Prado. Esta actualización se realizó a 2008, utilizando las imágenes satelitales de alta resolución Quickbird de los periodos 2007 y 2008. La caracterización de las coberturas se realizó utilizando la metodología de clasificación CORINE Land Cover y la cual fue posteriormente adaptada para ecosistemas tropicales en Asia y América. Este sistema de clasificación fue a su vez homologado para los ecosistemas colombianos	2009
Carlos Mena, Yony	Índices de área verde y cobertura vegetal para la ciudad de Parral, (Chile), mediante	La importancia de las áreas verdes es creciente, toda vez que son un factor importante en la salud y bienestar del habitante urbano. Por ello, en la ciudad de Parral en Chile Central, se cuantificó y analizó la disponibilidad de áreas	2011

Autor	Titulo	Reseña	Año
Ormázar, Yohana Morales	fotointerpretación y SIG:	verdes y cobertura vegetal, empleando fotografías aéreas de escala 1:10.000 y Sistemas de Información Geográfica (SIG). En una primera etapa, se cuantificó la arborización urbana a través de un muestreo aleatorio simple de veinticuatro unidades muestrales, de lo cual se obtuvo la superficie aportada. Posteriormente, a través de la generación de coberturas espaciales SIG se obtuvo la superficie de las áreas verdes existentes y de los espacios abiertos disponibles. Además, mediante clasificación digital supervisada, se calculó la superficie ocupada por la arborización urbana en espacios privados.	

Fuente:(Diseño propio con base en estudios relacionados)

2.2. Sostenibilidad y territorio

Cuando el concepto de sostenibilidad se asocia con una ubicación espacial o un contexto geográfico, este se enriquece y tiende a ser más específico con la formulación de preguntas como: ¿qué es lo que se desea sostener? o ¿qué es lo que se puede sostener?, siendo necesario analizar

las características y particularidades del territorio. Aclarando que cada territorio posee características propias humanas y no humanas que permiten caracterizar su sostenibilidad potencial o su capacidad de sostener un proceso dado (Carrizosa, 2006).

De aquí se puede vislumbrar la importancia que tiene el territorio en el desarrollo sostenible y viceversa, tal como lo expresa Wilches, G (2006):

La sostenibilidad del territorio sólo es posible cuando los habitantes logran reconocerse e identificarse con el territorio, siendo parte del mismo. Razón por la cual resulta fundamental comprender la relación intrínseca que existe entre el territorio comprendido como el escenario donde se desarrollan todos los fenómenos incluido el social y el económico que dinamizan las relaciones comerciales, productivas y las políticas que direccionan los objetivos de crecimiento y desarrollo humano y económico dentro de un contexto de sostenibilidad(p.34).

Es aquí donde se considera la connotación y las conceptualizaciones que diversos autores han realizado sobre la relación del desarrollo sostenible y el territorio, de donde se originan fenómenos y hechos que pueden influir o desencadenar procesos que cambian y/o conducen a un comportamiento de los habitantes y de cómo aprovechan y establecen sus procesos de desarrollo

Las consideraciones geográficas y territoriales permiten vislumbrar un escenario viable para dejar de pensar en escenarios utópicos o poco realistas para un grupo humano, en una determinada ubicación geoespacial y aproximarse a la realidad territorial, esto requiere entonces de una caracterización de los aspectos biofísicos del territorio, de tal forma que se pueda brindar una perspectiva de este, desde los recursos como las coberturas vegetales dentro del paisaje como elemento territorial.

Para tal objeto a continuación se relacionan los conceptos necesarios para contextualizar el desarrollo de esta investigación.

2.3. Coberturas vegetales

Como elemento esencial dentro de esta investigación la vegetación podría ser definida como la capa conformada por plantas de diverso porte y características morfológicas, que recubren la superficie terrestre. La cobertura Vegetal es la expresión integral de la interacción entre los factores bióticos y abióticos sobre un espacio determinado, es decir, es el resultado de la asociación espacio- temporal de elementos biológicos vegetales característicos los cuales conforman unidades estructurales y funcionales. Por tradición la cobertura vegetal se asocia con especies naturales, siendo necesario incluir aquellas que son de origen cultural o se derivan de actividades humanas tales como plantaciones, cultivos o arreglos paisajísticos que, aunque no son naturales cumplen una función ecológica Van Wijngarrden, (1994, p. 24).

Resulta clave establecer las características estructurales básicas que le dan atributos a la vegetación y así es posible otorgarle una denominación a través de la clasificación de la vegetación identificando el tipo de cobertura presente.

2.4. Clasificación de la Cobertura Vegetal

Uno de los aspectos a tomar en cuenta en el estudio de las coberturas vegetales es diferenciar claramente el tipo de estudio a realizar ya que no se debe confundir una clasificación con una caracterización. De acuerdo con Zonneveld (1988) citado en Etter (1994, p.19) la clasificación de

un objeto o aspecto de la realidad debe basarse en atributos propios de ese aspecto y no de otros, puesto que no es conceptualmente viable clasificar un aspecto a través de atributos de otro. Por lo tanto, es indispensable tomar esta diferenciación conceptual ya que al clasificar la cobertura vegetal se deberán tomar en cuenta sólo atributos propios tales como hábito, altura, morfológica, entre otros, que arrojan una clasificación que se puede emplear para realización de una caracterización relacionando la vegetación con otros factores externos como clima, suelos, hidrología, ecosistema, intervención humana y otros.

Para realizar una clasificación de cobertura es necesario abordar atributos que se consideran aspectos básicos como: morfológicos, composicionales y de origen o génesis (Etter, 1994).

Teniendo en cuenta esto, Hernández, Serra y Yancas(2000), determinan que la cobertura se puede clasificar por medio de la formación vegetal que corresponde a aquel conjunto de plantas, pertenecientes o no a la misma especie, que presentan caracteres convergentes tanto en su forma como en su comportamiento, constituyéndose en un enfoque eminentemente fisionómico, el cual basado en los conceptos de altura y cobertura, permite obtener una adecuada representación de la disposición vertical y horizontal de la vegetación in situ.

Desde este enfoque quedará bien definida en base a la descripción de los tipos biológicos, su estratificación vertical y su cobertura. Por lo tanto, es posible clasificar la vegetación en tipos biológicos fundamentales de acuerdo con FAO (2006, p. 6):

Herbáceos: son aquellas especies cuyos tejidos no están lignificados (no son leñosos), con tallos ricos en clorofila y fotosintéticos (hierbas).

Arbustos y matorrales: son aquellas especies de tejidos lignificados o leñosos cuyo tamaño no pasa los tres metros de altura.

Arbóreo: son aquellas especies de tejidos lignificados o leñosos cuyo tamaño excede los tres metros de altura. (Árboles).

Esto se asocia a las coberturas que pueden estar reguladas o ser producto de un desarrollo antrópico tal como es el caso de las coberturas denominadas pastos manejados, pastos arbolados, zonas verdes y zonas verdes con árboles que equivalen a las unidades de pastos anteriores. Solo que estas se discriminan por encontrarse dentro del tejido urbano, a pesar de esto se valoran de igual forma. En la cobertura arbórea se complementa con la siguiente definición de bosque:

Se considera bosque a toda aquella vegetación cuya altura es de más de 5 metros y cuya extensión es más 0,5 hectáreas y que presenta un dosel arbóreo visible en más del 10% de cobertura, en condiciones in situ. Esta definición es muy estructural y somera, de tal manera que se complementa con la de IDEAM (1998), comprendiendo una población de árboles en áreas naturales cuya cobertura esta entre el 30 y 100 % del área presentado población de herbáceas en el sotobosque. Teniendo en cuenta el grado de intervención de las coberturas forestales presentes en el municipio se identificó las siguientes unidades:

- *Bosque natural claro fragmentado*

Es aquel cuyas copas y dosel no se entrelazan y la cobertura es discontinua y presenta estratos arbóreos producto de las condiciones in situ, formando una comunidad y un sotobosque con predominio de gramíneas

- *Bosque plantado*

Como una acotación dentro del contexto de esta investigación esta denominación para bosque plantado, se incorpora al de la población forestal plantada o instalada por el ser humano. Se emplea el término de bosque plantado en esta investigación a todas aquellas poblaciones de árboles propiciadas por el ser humano, que se han implementado como una estrategia repoblación y protección de áreas degradadas o desprotegidas. Siendo la composición florística de estas poblaciones de carácter nativo o introducido.

- *Bosque de galería*

Este tipo de vegetación ribereña se encuentra a lo largo de cursos de agua constituye un sistema jerárquico de hábitats lineales naturales a través del paisaje, siendo estas quebradas o cursos pequeños hasta grande drenajes o ríos. Dentro del área de estudio esta cobertura está presente en las rondas hídricas de las quebradas, que irrigan los cerros orientales y occidentales del municipio. Con mayor representatividad se concentran en las rondas hídricas del río Frio y el río Bogotá ubicados en el área central del municipio.

- *Arbustos y matorrales*

Esta unidad de cobertura está comprendida por todos aquellos individuos cuyo porte puede llegar máximo a los 5 metros de altura y que presenta en algunos casos múltiples ramificaciones, presentando también varios estratos. Siendo compuesta florísticamente por especies nativas e introducidas respectivamente.

- *Humedales*

De acuerdo con la convención Ramsar sobre los humedales celebrada en Iran en el año de 1971, “Un humedal es una zona de la superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan” (s.p). En el municipio se identifican como cuerpos hídricos con una cobertura vegetal que puede presentar un porte herbáceo arbustivo y arbóreo según el caso, por tratarse de un ecosistema producto de la relación vegetal y edafohídrica las características dependen del sitio y de la intervención antrópica que estos. (Ver área de estudio)

Resulta fundamental para este estudio complementar los atributos necesarios para la clasificación de la cobertura vegetal, tomando en cuenta la clasificación de Forman y Godron, así como la CORINE Land Cover para enmarcar la clasificación.

2.5. Sistemas de clasificación de coberturas

Los cambios generados en el paisaje implican la necesidad de clasificar las coberturas de tal manera que se puedan identificar diversos tipos y permitir un análisis o caracterización según sea el caso. Para Küchler citado por Etter (1993), las coberturas vegetales pueden clasificarse de acuerdo al grado de intervención en tres grupos:

Cobertura vegetal natural: como la resultante de procesos naturales sin intervención humana.

Cobertura vegetal semi-natural: fisonomía, estructura y composición resultante procesos naturales y antrópicos, pero donde no se encuentran elementos vegetales introducidos de manera intencional.

Cobertura vegetal cultural: fisonomía, estructura y composición resultante procesos netamente antrópicos donde los elementos vegetales son introducidos por el ser humano.

En este sentido las transformaciones obedecen a factores culturales, al tiempo de permanencia y a la intensidad o presión ejercida sobre el recurso. Donde el concepto de uso del suelo se incorpora de manera preponderante siendo un factor formador de cobertura vegetal y este se encuentra definido por la naturaleza de las actividades humanas y las características del territorio (Etter,1993,p. 13).

Este tipo de cambios en las coberturas asociados a las actividades humanas generan cambios en los paisajes que, de acuerdo con Forman y Godron (1986) conforman cinco tipos que asocian los cambios en las coberturas.

En el municipio de Chía las coberturas vegetales se encuentran altamente intervenidas lo que indica que este tipo de coberturas se asocia más a las de tipo cultural. En las áreas circundantes como los cerros la vegetación tiene un carácter más nativo y su intervención es menor, aunque en algunas zonas las alteraciones son más evidentes.

Tabla 2. Niveles de transformación Humana en el paisaje Forman y Godron (1986)

Tipo de Paisaje	Tipo de Uso	Cobertura Vegetal
Natural	Sistemas de conservación	Vegetal natural
Manejado	Sistemas de extracción	Vegetal Semi-natural

Tipo de Paisaje	Tipo de Uso	Cobertura Vegetal
	Sistemas de conservación	
Cultivado	Sistemas de producción Sistemas de Extracción	Vegetal cultural
Suburbano	Sistemas de producción Sistemas asentamiento Sistemas de industrialización	
Urbano	Sistemas de asentamiento Sistemas de industrialización	Vegetal cultural

Fuente:(Forman y Godron, 1986, p.18)

2.5.1. Sistema CORINE Land Cover (CLC).

Otro sistema que permite clasificar las coberturas es el sistema europeo CORINE Land Cover (CLC), en el marco de apoyo para la caracterización, clasificación y comparación de las coberturas de la tierra. Por parte del fondo francés de medio ambiente, la embajada de Francia en Colombia, el instituto geográfico nacional de Francia y la ONF, Andina para Colombia. Implementado con el fin de unificar la clasificación de coberturas en el territorio colombiano o como marco de referencia para los sistemas de clasificación de coberturas, esto materializado en la leyenda

nacional de coberturas de la tierra metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia SIAC.

Tabla 3. Clasificación CORINE Land Cover.

CLC COLOMBIA	CLC COLOMBIA	CLC COLOMBIA
	2.3 Pastos	
1.TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	2.3.1 Pastos limpios	5. SUPERFICIES DE AGUA
1.1 Zonas urbanizadas	2.3.2 Pastos arbolados	5.1 Aguas continentales
1.1. Tejido urbano	2.3.3 Pastos enmalezados o enrastrajados	5.1.1 Ríos (50 m)
1.1.2. Centros poblados	2.4 Áreas agrícolas hererogeneras	5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas artificiales
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	2.4.1 Mosaico de cultivos	5.1.3 Canales
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos	5.1.4 Embalses y cuerpos de agua
1.2.2. Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y capocios naturales	5.2 Aguas marítimas
1.2.3. Zonas portuarias	2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales	5.2.1 Lagunas costeras
1.2.4. Aeropuertos		5.2.2 Estuarios
1.2.5. Obras hidráulicas	3.BOSQUES Y ÁREAS SEMI NATURALES	5.2.3 Mares y océanos
1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras	3.1 Bosques	5.2.4 Arrecifes coralinos
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.1 Bosque natural denso	5.2.5 Estanques piscícolas
1.3.2. Escombreras y vertederos	3.1.2 Bosque natural fragmentado	

1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	3.1.3 Bosque de galería y/o ripario
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.1.4 Bosque de mangle
1.4.2. Instalaciones recreativas	3.1.5 Bosque Plantado
2.TERRITORIOS AGRÍCOLAS	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
2.1 Cultivos anuales o transitorios	3.2.1 Pastos naturales y sabanas
2.1.1 Otros cultivos anuales o transitorios	3.2.2 Afloramientos rocosos
2.1.2 Algodón	3.3.3 Tierras desnudas o degradadas
2.1.3 Arroz	3.3.4 Zonas quemadas
2.1.4 Papa	3.3.5 Zonas nivales o glaciares
2.2 Cultivos permanentes	
2.2.1 Otros cultivos permanentes	4. ÁREAS HÚMEDAS
2.2.2 Caña de azúcar	4.1. Áreas húmedas continentales
2.2.3 Caña panelera	4.1.1 Zonas pantanosas
2.2.4 Plátano y banano	4.1.2 Turberas
2.2.5 Café	4.1.3 Esteros
2.2.6 Cacao	4.1.4 Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.2.7 Palma de aceite	4.2. Áreas húmedas costeras
2.2.8 Frutales	4.2.1 Marismas costeras
2.2.9 Cultivos confinados	4.2.2 Salinas
	4.2.3 Zonas intermareales

Fuente: (IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2008, p.25)

Aquí se expresa el tipo de jerarquía predominante en este sistema donde se ilustran las catorce clases dominantes mediante las que se tipifica la cobertura terrestre. Este sistema de clasificación se basa en la interpretación visual de las coberturas asistida por computador y un sistema de

información geográfica, teniendo en cuenta la estructura de la cobertura y valores propios. Es así que en Colombia este sistema es un parámetro de referencia para la adaptación, diseño e implementación de sistemas de clasificación de coberturas a nivel institucional en la gestión territorial y del medio ambiente (IGAC, 2007).

Este sistema de clasificación presenta niveles jerárquicos expresados en catorce clases dominantes mediante las cuales se tipifica la cobertura terrestre. Encontrándose fundamentado a partir de la clasificación visual de las coberturas, asistido por un software representado por un sistema de información geográfica mediante el cual se le asigna valores propios teniendo en cuenta la estructura y valores propios de cada cobertura. Proporcionando un marco de referencia en la clasificación de coberturas a nivel global, a partir del cual el país adaptó una versión de este sistema para que se ajustase a las condiciones propias del territorio colombiano siendo este incorporado en la gestión territorial y ambiental (IGAC, 2007).

Así mismo, proporciona un marco de referencia para la unificación de la clasificación de coberturas en el país y un medio de agilizar la gestión de la información de tipo geoespacial terrestre, así como una forma de mejorar la coordinación interinstitucional en el manejo de la información geográfica.

Para la clasificación de coberturas fue necesario considerar un parámetro que cumpla con los objetivos planteados en la investigación, razón por la cual se adoptaron sistemas de clasificación que cuentan con una validez mundial y que tienen una correspondencia regional y local. Más aun cuando estos sistemas de clasificación son empleados en políticas de ordenamiento y gestión

territorial en el mundo y en un país como Colombia hasta ahora se está unificando un sistema de clasificación de coberturas terrestres (IGAC, 2007).

Los sistemas de clasificación de coberturas considerados para esta investigación son: el sistema CORINE Land Cover de la agencia europea del medio ambiente (AEMA). Este sistema de clasificación consiste en una nomenclatura de tipo jerárquica, que se compone de categorías con información a nivel regional, las cuales pueden ser adicionadas en niveles superiores de las categorías a nivel nacional, lo cual facilita el manejo de información para la ordenación del (IGAC, 2007).

Actualmente muchas de las entidades a nivel nacional se encuentran realizando procesos de homologación con este tipo de sistema, permitiendo comparar estadísticamente la ocupación del suelo. Aunque esto resulta fundamental, no responde del todo a las características de la investigación siendo necesario al igual que las entidades territoriales realizar una adaptación y en este caso una homologación entre el sistema de CLC y la clasificación de Godron.

Teniendo en cuenta estas condiciones y para realizar una clasificación correspondiente al objeto y propósito de estudio la adopción de un sistema en su totalidad no permite cumplir con dicho propósito, siendo necesario realizar una homologación entre estos dos sistemas permitiendo identificar coberturas por su comportamiento y estructura, agrupándose en categorías de paisaje observando los grados de intervención y las coberturas presentes. Producto de esta homologación se condensa en la siguiente leyenda.

Tabla 4. Homologación de coberturas Godron y CORINE Land Cover

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Código CORINE	Cobertura de acuerdo a Küchler	Tipo de paisaje (Godron)
Territorios Artificializados	Zonas Urbanizadas	Tejido urbano	1.1.2	Cobertura Vegetal Cultural	Urbano
	Zonas industriales o comerciales	Zonas industriales o comerciales	1.2.1	Cobertura Vegetal Cultural	Urbano
	Zonas de extracción minera o escombreras	Zonas de extracción minera	1.3.1	Cobertura Vegetal Cultural	Suburbano
	Zonas verdes artificializadas no agrícolas	Fincas de recreo o parcelaciones	1.4.3	Cobertura Vegetal Cultural	Urbano
Territorios Agrícolas	Cultivos anuales o permanentes	Papa	2.1.4	Cobertura Vegetal Cultural	Cultivado
		Maíz	2.1.5		
		Otros	2.2.1		
	Pastos	Pastos limpios	2.3.1	Cobertura Vegetal Cultural	Cultivado
		Pastos arbolados	2.3.2		
		Pastos enmalezados			

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Código CORINE	Cobertura de acuerdo a Küchler	Tipo de paisaje (Godron)
		o en rastrojados	2.3.3		
Bosques y áreas seminaturales	Bosques	Bosque natural denso	3.1.1	Cobertura vegetal natural	Natural
		Bosque natural fragmentado	3.1.2	Cobertura vegetal seminatural	Manejado
		Bosque plantado	3.1.5	Cobertura vegetal cultural	Manejado
	Con vegetación herbácea o arbustiva	Arbustos y matorrales	3.2.2	Cobertura vegetal seminatural	Manejado
	Áreas abiertas sin o con poca vegetación	Tierras desnudas o degradadas	3.3.3		Suburbano
		Zonas quemadas	3.3.4		
Superficies de aguas	Aguas continentales	Ríos	5.1.1	Cobertura Cultural	Suburbano
		Lagunas, lagos y ciénagas	5.1.2		

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Código CORINE	Cobertura de acuerdo a Küchler	Tipo de paisaje (Godron)
		Embalses, cuerpos de agua artificiales, y estanques piscícolas	5.1.4		

Fuente: (Diseño propio a partir de fuentes secundarias)

2.6. Relación de coberturas vegetales y las actividades antrópicas

Es imprescindible tener en cuenta el efecto que ha tenido el ser humano en el territorio y de cómo paulatinamente y en muchos casos vertiginosamente ha transformado el paisaje natural, llevado por la satisfacción de necesidades, crecimiento económico y la generación de entornos urbanos en los que se desarrolla toda las actividades sociales y culturales en la mayoría de los casos. Esto como es natural trae como consecuencia el cambio en el entorno y en el paisaje natural, siendo las coberturas vegetales las que sufren en mayor grado y notoriamente los procesos de modificación antrópica.

En sus etapas iniciales la transformación del paisaje se lleva a cabo por la modificación de las coberturas vegetales que son removidas para dar paso a la construcción de infraestructura, adecuación de suelos para fines productivos agrícolas, extracción de minerales entre otros. Esto ha determinado un cambio en el paisaje natural y por ende en las coberturas que muestran los grados de cambio, siendo estos en algunos casos muy radicales como en la cobertura hídrica cuando se provocan inundaciones para las hidroeléctricas.

El resultado final es un panorama profundamente intervenido por el ser humano, tanto así que en Colombia el 60% del territorio conserva coberturas naturales y aproximadamente el 40% restante ha sufrido en mayor o menor grado algún proceso de transformación (Etter,1993).

Dentro de estos fenómenos de modificación el suelo es un factor relacionado directamente con las coberturas vegetales como soporte de todas las dinámicas de uso y transformación dentro de los cuales es necesario considerar los siguientes aspectos.

2.6.1. Coberturas y Usos del Suelo.

El territorio de manera natural presenta un entorno muy distinto al creado en las áreas urbanas por el ser humano, el ambiente natural es modificado y transformado para dar paso a los ambientes urbanos donde se desarrollan las poblaciones.

El entorno natural presenta muchos elementos que son transformados en los procesos de ocupación y que son eliminados, transformados o fragmentados en los procesos de aprovechamiento y ocupación del suelo, entre los elementos que experimentan el cambio más representativo se encuentran las coberturas vegetales y los suelos sobre los cuales se establecerá el desarrollo y cambio del aspecto biofísico del territorio.

El actual interés que se ha desarrollado en torno a este tema incentivó los esfuerzos de mapear y clasificar la vegetación de los territorios desde la realización de la cumbre de Rio de Janeiro en 1992, lo que conlleva esfuerzos en la generación de información de tipo local regional, nacional e internacional.

Es fundamental comprender los conceptos de cobertura y uso del suelo para realizar la cartografía y clasificación de uso. El concepto de cobertura se refiere a la vegetación ya sea natural o plantada; que junto con las construcciones cubren la superficie.

Por otra parte el uso hace referencia a todas aquellas actividades relacionadas con el suelo directa o indirectamente, ya sea por la utilización de recursos naturales o indirectamente mediante impactos generados por otras actividades socioeconómicas. Resulta determinante comprender las características naturales del entorno ya que la geoforma y la cobertura son los elementos esenciales, que sintetizan el paisaje natural, proporcionando la plataforma de sustento de las actividades humanas. El conocimiento de estos elementos fundamentales provee la información necesaria para desarrollar actividades productivas compatibles con el entorno.

2.6.2. Usos.

El suelo es uno de los recursos más valiosos en el planeta ya que constituye la base de un sin número de actividades, de diverso tipo y orientación productiva. Esto implica que el suelo se convierta en el principal insumo para el desarrollo de la vida, en especial la del ser humano que desarrolla múltiples aspectos de la existencia en directa relación con el suelo, que se convierte literalmente en la base de la existencia humana y que es considerado de diferentes formas de acuerdo al uso que hace de él.

Abarca desde el interés económico visto a través de la producción agrícola, actividades extractivitas y la edificación de infraestructura como los de mayor impacto en la modificación de la superficie tales como:

Asentamientos Urbanos.

Desde los orígenes y evolución del hombre se ha constituido como un ser social que siempre ha buscado vivir en comunidad, desde las épocas de recolectores y cazadores de comportamiento nómadas, hasta el dominio de la agricultura que lo obligó a sedentarizarse y crear asentamientos., En ellos se establece una relación con su entorno en los cuales se modifican las condiciones naturales dando espacio físico para una instalación social donde ocurren intercambios ciclos de materia, energía e información. Esto implica que existe una ocupación y cambio de un entorno (SIAC, 2002, p.115).

Los asentamientos urbanos y centros poblados se pueden caracterizar según su función y forma, esta es determinada por las condiciones externas e internas, ciclos de materia energía que se establece entre medio ambiente, la sociedad y otros centros poblados., se pueden clasificar según su función y forma. La función se establece según la actividad productiva económica de la mayoría de habitantes, aunque todas cuentan con sectores comerciales, residenciales, culturales estas se especializan en algunas actividades de bienes y servicios como: ciudades dormitorio, administrativas, turísticas e industriales entre otras, (Leal, 2010).

Clasificación Según la forma de las ciudades

La forma es el resultado de la interacción de la implantación o plano de ocupación, con el uso del suelo y la edificación. Las diferentes formas de ocupación del territorio parten de cuatro formas básicas como son la ortogonal, la lineal, la radial y la irregular., a partir de estas se desprenden las diferentes tipologías, de acuerdo con (Leal 2010).

Tabla 5. Formas de las ciudades o centros urbanos

Forma	Descripción
Ortogonal	Parece remontarse a la ciudad babilónica, donde las ciudades se forman por medio de una cuadrícula o manzanas, teniendo eje central una manzana donde se concentra el poder administrativo, político y religioso. Esta es la organización de las ciudades españolas y sus colonias.
Lineal	Este tipo de implantación generalmente a lo largo de una vía comunicación recta o no. (Leningrado, Brasilia)
Radial	Se caracteriza por avenidas circunvalares y calles avenidas radio céntricas, lo cual facilita la circulación de centro a la periferia.
Irregular	Esta no corresponde a una forma geométrica particular, corresponde más a una decisión social, esta puede tener varios centros y muchas de las ciudades actuales corresponden a estas formas.
Compacta	Corresponde a un desarrollo lineal pero altamente densificado.
Estrella	Se desarrolla en el centro sobre rígidos ejes radiales.
Satélite	Corresponden ciudades que se unen a otras de mayores jerarquías por medio de vías. (Londres)
Puntos dispersos	Más que una ciudad, corresponde a un desarrollo regional desordenado,

Forma	Descripción
	cuenta con varios centros urbanos. (Sabana de Bogotá)

Fuente: (Leal, 2010)

Conurbación

En las últimas décadas el territorio de la sabana de Bogotá ha experimentado fuertes fenómenos de ocupación territorial con fines poblacionales, es así cómo es posible identificar dos comportamientos característicos. El primero corresponde a una concentración de población de manera compacta y fuerte que actúa como un núcleo que corresponde a la ciudad de Bogotá y el segundo a la conformación de micro estructuras urbanas, suburbanas, periurbana y rural dispersas en el territorio adyacente al núcleo de Bogotá (Cifuentes y Vargas, 2006).

Resulta importante comprender la relación del suelo como parte del ecosistema que consolida el soporte del sistema natural de acuerdo a Holdridge (1982) interviene en toda la dinámica natural y ecológica de la vida sobre la tierra proveyendo la plataforma de sustento del ecosistema estando profundamente interrelacionado con el desarrollo de las coberturas vegetales.

El suelo es un sistema ecológico constituido por diversos elementos químicos, físicos, y biológicos, que componen el sustrato superficial donde se desarrolla la vida. De acuerdo con Salazar (2008):

Desde un punto de vista ecológico el suelo es el subsistema de los ecosistemas terrestres en donde se realiza principalmente el proceso de descomposición, fundamental para la obtención y reciclado de nutrientes que aseguren el otro gran proceso vital: la producción. Por otra parte,

desde un punto de vista ecológico más amplio, el suelo sirve de refugio a gran cantidad de especies consumidoras que se ocultan en el anonimato en sus poros y oquedades, la diversidad biológica del suelo es muy alta e incluye desde bacterias hasta pequeños vertebrados (p.2).

Ligado a las coberturas vegetales y el suelo van las funciones que éstas desarrollan en el ecosistema como parte de los atributos que posee la cobertura vegetal y que destaca su importancia más allá de sus características biofísicas. Los servicios ecosistémicos o también los denominados ambientales representan un alto valor agregado a la existencia misma de las coberturas siendo relevante tenerlos en cuenta a la hora de evaluar la importancia de la cobertura en el territorio.

2.7. Ecosistemas Estratégicos

Antes de describir directamente el concepto de servicio ambiental es necesario comprender que estos se originan o derivan de recursos naturales y debido a sus características resultan indispensables para el desarrollo de la población o comunidad, que se encuentra relacionada con estos de manera directa o indirecta en un entorno geográfico.

De acuerdo con CORANTIOQUIA (2008), el concepto de ecosistema estratégico está relacionado con la protección y/o la conservación de la naturaleza, en cualquier grado de intervención humana que se pueda encontrar, atribuir este concepto a un determinado recurso o lugar geográfico le confiere un significado de valor e importancia para un propósito específico.

La identificación de estos ecosistemas o fuentes de recursos estratégicos está fundamentada en las características naturales de los mismos y en los servicios ambientales que prestan. Siendo

necesario definir que son los servicios ecosistémicos, tipos de servicio que están presentes y cuáles son los más relevantes en el área de estudio.

Los lugares o sitios que reciben este adjetivo son específicos de acuerdo a Vélez (1996) tienen un carácter de conjunto funcional cuyos elementos identificados y delimitados tienen propiedades, que los hacen considerar como estratégicos y que también pueden ser denominados ecosistemas.

Es necesario tener en cuenta que resultan de carácter estratégico por la oferta ambiental natural de los recursos y por la demanda que se genera en la población; pero hay que considerar que esta oferta también puede ser inducida por el hombre de acuerdo a sus propias necesidades, para generar bienes y servicios ambientales imprescindibles; por lo tanto, es la población la que establece cuáles son los bienes y servicios de interés (CORANTIOQUIA, 2008).

2.8. Servicios ambientales

Aunque no son el objeto de esta investigación los servicios ambientales constituyen uno de los aspectos importantes en el estudio del medio ambiente y se hallan relacionados con las características del entorno, sus coberturas y usos del suelo. A continuación, se abordarán de manera muy breve los servicios que pueden asociarse a las coberturas vegetales en el área de estudio.

Un servicio ambiental podría ser definido como los beneficios obtenidos por los seres humanos del entorno natural, más específicamente de los ecosistemas y que pueden ser percibidos de manera directa o indirecta. También, podría definirse como: las condiciones generadas a partir del estado y los procesos de los ecosistemas naturales que son útiles a diversos propósitos humanos,

CORANTIOQUIA (2008). Estos servicios tienen diferentes tipos de acuerdo a su funcionalidad y pueden ser:

Provisión: Bienes generados por los ecosistemas como alimentos, agua, combustible, fibras, recursos genéticos, medicinas naturales.

Regulación: Servicios obtenidos de los procesos ecosistémicos, como la calidad del aire, regulación de clima, regulación de agua, purificación de agua, control de erosión, regulación de enfermedades humanas, control biológico, mitigación de riesgos.

Cultural: Beneficios no materiales que enriquecen la calidad de vida, tales como la diversidad cultural, los valores religiosos y espirituales, conocimiento tradicional y formal, inspiración, valores estéticos, relaciones sociales, sentido de lugar, valores de patrimonio cultural, recreación y ecoturismo.

Soporte: Servicios necesarios para producir todos los otros servicios, incluida la producción primaria, la formación del suelo, la producción de oxígeno, retención de suelos, polinización, provisión de hábitat, reciclaje de nutrientes, etcétera.

Este tipo de servicios resulta fundamental para la población y su medio de vida, haciendo claridad en que los bienes y servicios a pesar de estar interrelacionados difieren en su concepción, ya que se entiende por bienes todos aquellos suministros de la naturaleza que son cuantificados y valorados económicamente, de manera directa mientras que los servicios no son valorados monetariamente, pero se les reconoce un valor de uso.

La importancia que puede adquirir un bien o servicio ambiental estará en función de su propia naturaleza, abundancia, posibilidad de sustitución, el tamaño de la población que se beneficia y por el conjunto de servicios que proporciona (p.09).

De acuerdo a esto dentro del contexto de los servicios ambientales involucrados en el espacio urbano que, en el caso de Chía, es el escenario con mayor dinámica y que se convierte en el predominante donde la población establece algunos de estos servicios como prioritarios, siendo estos:

- Protección de suelos
- Recreación y paisajismo
- Regulación de caudales

Asumiendo una visión que va más allá de su carácter natural; considerando el carácter social desde una perspectiva utilitarista donde se considera la demanda social efectiva de este servicio

La manifestación de las coberturas vegetales en el territorio, su comportamiento y estructura tienen una caracterización plasmada a través de la conformación de patrones determinados por la ecología del paisaje como herramienta clave en la caracterización del territorio.

2.9. Paisaje o Mosaico

Los términos empleados en la ecología como paisaje o mosaico se involucran de manera fundamental en la ecología del paisaje y son elementos fundamentales en este tipo de estudio. De acuerdo con Matteucci (1998)“ el término de paisaje debe ser el más elemental ya que quizás

condensa la naturaleza misma del concepto” (p. 271). Por lo tanto, el paisaje desde su definición más original aporta desde el contexto geográfico y ecológico a la interpretación de los elementos naturales como: territorio genéticamente homogéneo, en el cual se observa la recurrencia típica y regular de las mismas combinaciones de interrelaciones entre estructura geológica, la forma del relieve, agua superficial y subterránea, microclima, variedades de suelo y comunidades vegetales y animales.

Por esto Matteucci (1998)

También expresan el paisaje o mosaico en términos más simplificados como una relación de índices o medidas que expresan el comportamiento de los elementos del territorio. Siendo también este considerado como un área que es especialmente heterogénea en al menos un factor de interés.(p.271)

El paisaje no se define por su tamaño, si no por las interrelaciones entre los factores físicos, bióticos y humanos y por su origen y desarrollo.

El mosaico es un término más amplio que puede variar mucho en su tamaño, dependiendo del objeto de estudio. Común a ambos es la heterogeneidad espacial que puede ser funcional, como en el caso que se enfatice la percepción del hábitat por el organismo o escala de variación del atributo, como fenología en el caso que prevalezca el enfoque antropocéntrico (Matteucci, 1998).

Comprendiendo la importancia del paisaje se han desarrollado metodologías enfocadas en el estudio de este aspecto del territorio, surgiendo “la ecología del paisaje”, este concepto desarrollado por Vasilievich y por Troll posteriormente evoluciona pero es hasta a mediados de

los 80's que toma un papel más activo con autores como Forman y Godron que aportan nuevos elementos conceptuales a partir de la propia definición del concepto:

2.9.1. Ecología Del Paisaje.

La ecología del paisaje surge como una disciplina que no solo contempla la interrelación de factores bióticos y abióticos si no permite comprender los cambios dentro de un contexto geográfico y espacial relacionado con factores socioeconómicos. Tal como lo expresa Forman y Godron (1986), el paisaje está definido por:

- Un área de tierra heterogénea compuesta por un conjunto espacial de ecosistemas que interactúan.
- Geomorfología.
- Regímenes de perturbación.

De acuerdo con Forman y Godron (1986), uno de los principales objetivos de la ecología del paisaje es el estudio de los efectos recíprocos entre los procesos ecológicos y el patrón espacial que se expresan en el paisaje. Este tipo de cambios pueden darse de una manera aleatoria, espontánea o natural; también pueden generarse por procesos antrópicos de manera aleatoria o planificada. Estos cambian la naturaleza del paisaje causando fragmentación, que es el fenómeno más importante derivado de este, se determinan los efectos en los parches, dimensión, tamaño, conectividad y aislamiento de estos.

A partir de estos de acuerdo a Forman y Godron (1986) estipulan estas unidades o componentes:

Red: puede ser definida como una malla de elementos parches o nodos, conectados por medio de corredores, generalmente rodeados por una matriz (Forman, 1995). Se presentan en diversa forma y extensión sin que pueda identificarse alguna jerarquía, pero si orientación de acuerdo a la dirección de los enlaces o corredores. (Monsalve, 2009 Vélez, 2004).

Fragmentos (parches): Área de superficie no lineal que difiere en apariencia de su alrededor. Varían ampliamente en tamaño, forma, tipo, heterogeneidad y límite. Normalmente los parches son comunidades de plantas y animales. Sin embargo, algunos parches pueden carecer de vida (rocas, suelo, pavimento o construcciones). Además, los parches a menudo están inmersos en una matriz Forman y Godron, (1986). El tamaño de estos es una variable importante en la composición, viabilidad ecológica, producción de biomasa, y estructura está sujeto al hábitad y tipo de perturbación experimentada.

Nodos: pueden ser definidos como fragmentos de tamaño considerable que se localizan en las intersecciones de los corredores o enlaces. (Monsalve, 2009)

Corredores: son estructuras funcionales del paisaje y su presencia es fundamental para mitigar los efectos de la fragmentación, o viceversa, para incrementar la introducción de especies exóticas. Un corredor puede ser definido como una línea estrecha de un hábitat rodeada por hábitats de otro tipo. También pueden ser considerados franjas angostas y alargadas de diversas formas y direcciones que atraviesan la matriz y difiera de esta en composición, a su vez también pueden unir o separar fragmentos de la matriz.

Plantas y animales pueden moverse fácilmente a través de un corredor, pero una gran variabilidad de comportamientos de especies ocurre a lo largo de los corredores que pueden ser naturales como ríos o artificiales como una carretera, (Farina como se citó en Gutiérrez, 2006).

El término de corredor hace referencia a una matriz territorial que une fragmentos de bosque, por lo tanto no existe un término único que determine los corredores, sin embargo se pueden identificar tres tipos de acuerdo con (Gutiérrez como se citó en Cracco y Guerrero, 2004). También se acota este término a las actividades biológicas de los organismos siendo estos:

Corredores biológicos o de hábitat: promueven el flujo, Genético entre fragmentos de hábitat promoviendo la conectividad en términos biológicos, a su vez estos se relacionan con otro tipo de corredor propuesta como los Corredores de conservación que facilitan la Conectividad biológica, conectividad social (participación), planeación birregional que involucra como componentes críticos a las áreas protegidas, énfasis en prácticas de uso sostenible.

Corredores de desarrollo sostenible: Conectividad biológica, conectividad social (Participación e inclusión), conectividad política (cooperación e integración), conectividad económica y comercial, principios de sostenibilidad, respeto a la diversidad cultural y búsqueda de equidad social.

Matriz: es el elemento más extenso y conectado del paisaje, y por consiguiente juega el rol dominante en la funcionalidad del paisaje. La matriz es mucho más grande en área total, generalmente tiene límites cóncavos adjuntando otros elementos del paisaje. Ejerce una gran influencia en las dinámicas del paisaje como un todo (Forman y Godron, 1986).

Las características de la matriz varían en función del grado y uso antrópico que se haga sobre ella. La matriz del paisaje provee hábitats a escalas espaciales pequeñas, para organismos que no requieren territorios muy grandes, sino que necesitan estructuras individuales que se encuentran dispersas por la matriz, como es el caso de las especies que viven en árboles muertos, vallas de piedra, setos, linderos, etc. Estos elementos de la matriz tienen un papel destacado en zonas que han experimentado una fragmentación estructural, donde estas estructuras simples cumplen el papel de hábitat, recurso y refugio. El mantenimiento de la diversidad biológica de la matriz puede promoverse bien a través de la conservación de estos tipos de elementos o a través de tratamientos o explotaciones menos intensivas Múgica (2002, p.40).

Para realizar los análisis del patrón espacial y la relación con los elementos de cambio antrópico y natural, es necesario considerar aspectos como: grado de continuidad espacial de un tipo de cobertura o hábitat en el paisaje. Dentro de esta dinámica del paisaje, se presentan fenómenos como la fragmentación que interviene dentro del comportamiento espacial y ecológico y la conectividad que juega un papel central en regular los procesos ecológicos que implican movimientos de materia, o información en el espacio. Razón por la cual es muy relevante destacar estos dos fenómenos a continuación:

Fragmentación

La fragmentación hace referencia a la división del hábitat en partes más pequeñas que disminuye las dimensiones del hábitat, más aún cuando las dimensiones de las fracciones se minimizan y se separan. Esta fragmentación se da en diferentes formas en el caso de las vías o cursos hídricos se minimizan los fragmentos y tienden a conformar barreras. Esta fragmentación

no se da al azar y se relaciona con factores como la accesibilidad, la topografía, productividad entre otros, dándose de manera planificada o siguiendo intereses propios los que determinan los procesos (Ecotono, 1996, p.2).

Conectividad

Como fenómeno antagónico de la fragmentación, la conectividad involucra muchos conceptos, por ello no es posible restringirlo a un autor o visión dentro de la ecología del paisaje, siendo más bien conceptos o definiciones complementarias y no excluyentes.

La conectividad involucra los términos de corredor y barrera indicando la respuesta de los flujos ecológicos a la estructura del paisaje dependiendo de las características, biológicas y espaciales de este, Noss, como se citó en Múgica et al, (2002) La conectividad del paisaje está dada por la capacidad de mantener los flujos ecológicos y las conexiones entre los diferentes espacios o elementos de la red, fundamentales para los flujos de energía, procesos de polinización y migración entre otros. De acuerdo a Forman como se citó en Matteucci (1998) la conectividad se define así:

La conectividad: Depende de la estructura espacial del paisaje y de la permeabilidad de los elementos que la conforman. La conectividad de una red facilitaría la capacidad de respuesta de los paisajes y las especies ante incertidumbres políticas, económicas, o frente al cambio climático Gutiérrez, (2006, p.40)

De acuerdo con Matteucci (1998),

La conectividad es el grado en el cual el mosaico facilita o retarda el movimiento de los parches en el hábitat. A su vez considera como una propiedad emergente que surge de la interacción de

la estructura del mosaico y el comportamiento de la entidad ecológica, depende de la organización de los parches y corredores en el mosaico de la cantidad, tamaño y forma y borde de los elementos, de la intensidad del mosaico o contraste de los parche(p. 68).

Al contemplar los elementos del paisaje y los fenómenos que allí se presentan, se expresa la necesidad de analizar el comportamiento y la dinámica del paisaje llevados más allá en términos cuantitativos, siendo necesario determinar cuáles son los aspectos fundamentales dentro de la composición de este.

2.9.2. Composición del Paisaje.

La forma en que está constituido el paisaje es fundamental para el análisis del paisaje y su comportamiento que de acuerdo con McGarigal (2002),

Es el atributo que se cuantifica de manera más fácil es la composición, definiéndolo como la abundancia y variedad de los tipos de parche o fragmentos en el paisaje sin tener en cuenta su situación espacial, debido a que la composición requiere de la incorporación de todos los tipos de parches, cualquier índice que se calcule en este grupo solo se tiene en cuenta para todo el paisaje (p.111).

Las formas de calcular la composición del paisaje son diversas que de acuerdo con McGarigal et al. (2002), teniendo en cuenta la riqueza de clases de parche, la proporción de cada clase de parche y la diversidad de clases de parche, la mayor parte de los índices se originan en la ecología de comunidades y estos presentan las mismas deficiencias que estos.

Las principales medidas de la composición del paisaje existentes son McGarigal (2002):

- **Abundancia proporcional de cada clase:** Es una de las medidas más simples y útiles, y se refiere a la proporción de cada clase de parche en el contexto de todo el paisaje.
- **Diversidad:** Es una medida compuesta de la riqueza y la uniformidad y tiene múltiples expresiones, dependiendo del énfasis que se haga en alguno de estos dos componentes.
- **Riqueza:** La cantidad de clases de parches presentes en el paisaje
- **Uniformidad:** Abundancia relativa de las diferentes clases de parches, que por lo general hace énfasis o en la dominancia relativa o en su complemento, la equidad. Existe una considerable variedad de índices de uniformidad, y esta usualmente se reporta en función de la máxima diversidad posible a partir de una riqueza dada (p.112).

En el enfoque espacial se tiene en cuenta la escala y el patrón que contextualiza los elementos del paisaje en un ámbito de configuración y estructura espacial. De acuerdo con Matteucci (1998) los elementos son unidades territoriales, independientes de su tamaño, forma y contenido, pero que son homogéneos a la escala de observación y cercanía de otros elementos. Dichos elementos pueden ser una cobertura, usos del suelo y la presencia de una especie entre otros.

El modelo espacial considera unidades básicas como fragmento, corredor y matriz Forman (1995), Así como la escala. Estas permiten analizar el paisaje a través un enfoque estructural de dependiendo de sus características.

Otra expresión de las características del paisaje según Matteucci (1998) son los índices de paisaje que son variables que permiten cuantificar la configuración espacial de los elementos que conforman el territorio. Estos índices de paisaje resultan determinantes en el análisis del comportamiento de las coberturas en términos cuantitativos

2.9.3. Estructura del paisaje.

Se fundamenta en el arreglo espacial de los elementos que componen el paisaje o las clases que estén presentes en este. La estructura del paisaje se deriva de las estimaciones de las condiciones espaciales de los parches y estas consideran los siguientes parámetros en la configuración del paisaje.

Distribución del tamaño y densidad de los parches: Corresponden a los índices más fácilmente calculables y representan un atributo fundamental del carácter espacial de un parche. La distribución del tamaño de parche puede ser calculada de muchas formas (media, mediana, rango, desviación estándar, coeficiente de variación).

Complejidad en la forma del parche: Se refiere a la geometría de los parches, su tendencia a ser alargados o cuadrados, regulares o intrincados. Es uno de los atributos del parche sobre el que más variados índices se han propuesto, dada la dificultad que se ha detectado en encontrar un solo índice que sea expresión precisa de la forma de los parches.

Área y borde: Apunta a determinar el área y superficie del fragmento o parche determina la riqueza que tiene este, así como la composición del mismo. Este expresa la medida de su superficie y perímetro.

El efecto del borde es fundamental en el comportamiento mismo del fragmento, por lo tanto es determinante establecer un ancho que proporcione una información valiosa, este ancho se fija de acuerdo a las disposiciones legales tal como es el caso de los bosques de galería cuyo ancho es de 10 metros, teniendo en cuenta que el ancho total es de 30 metros de acuerdo a la normatividad establecida. Esto se establece a partir de los conceptos propios de la métrica del paisaje que según lo expresado por el Von Humboldt (2005, p.15-16)

Forma: La forma del fragmento determina el comportamiento del mismo en el territorio así que un parche irregular tendrá una mayor influencia en las relaciones de cambio de las especies favoreciendo a la modificación de la cobertura al interior del parche. Por lo tanto la pérdida de valores se dará con más probabilidad que en un parche de formas regulares a pesar de los parches puedan tener la misma superficie.

Hábitat interior (Coreárea): 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.) se ve afectado por la interacción con la clase de cobertura (o de ecosistema) adyacente. Se considera que los índices de hábitat interior integran en uno solo el tamaño, la forma y el efecto de borde, factor que a la vez potencia y limita su uso.

Aislamiento/Proximidad: El aislamiento se entiende como la tendencia que pueden presentar los parches de una clase a estar separados espacialmente de parches de su misma clase. Estas distancias son particularmente importantes cuando los procesos a analizar

involucran umbrales de dispersión o de movimiento de especies, por lo que la noción de aislamiento puede ser vaga si no existe una distancia límite. 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.

Contraste: Es posible que el proceso ecológico en consideración se vea limitado por la interacción entre dos clases de cobertura o ecosistema, un ave puede no ser capaz de traspasar el límite entre un bosque y un pastizal, pero sí entre un bosque y un rastrojo. El grupo de índices asociados a este aspecto procuran dar cuenta de estos fenómenos, entendiendo la diferencia relativa entre clases de parches. Además, puede ser entendido como una medida indirecta del aislamiento directo del parche.

Dispersión: Este aspecto se refiere a la 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.

Contagio y Mezcla: El contagio se entiende como la tendencia que puede presentar una clase a que sus parches estén espacialmente agregados, pero en este caso el cálculo no involucra los parches en sí, sino que analiza las celdas asociadas a la misma clase de cobertura (o ecosistema). Por otro lado, la mezcla se refiere a la combinación que cada clase de parche presenta en el paisaje; en contraposición al contagio, el grupo de índices de la mezcla si consideran los parches como la entidad a analizar en términos de sus adyacencias.

Subdivisión: La subdivisión de una clase de cobertura consiste en el grado de fragmentación de los parches que hacen parte de ella, sin tener en cuenta su tamaño, forma, ubicación relativa o arreglo espacial. Por lo tanto, su empleo a nivel de clases de parche puede servir en la determinación del grado de fragmentación de una cobertura y a nivel de todo el paisaje da una idea del tamaño promedio y la cantidad de parches presentes.

Conectividad: El conjunto de indicadores desarrollados para este aspecto de la configuración del paisaje 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.(p.15-16)

Dentro de este contexto de estructura espacial según Matteucci (1998) los elementos son unidades territoriales, independientes de su tamaño, forma y contenido, pero que son homogéneos a la escala de observación y cercanía de otros elementos. Dichos elementos pueden ser una cobertura, usos del suelo y la presencia de una especie entre otros. Además de los aspectos relacionados a la estructura del paisaje de acuerdo a Matteucci (1998) se deben tener en cuenta.

A continuación, se relacionan los demás elementos del análisis del paisaje y estructura del paisaje.

Escala Según Matteucci (1998) hace referencia a la magnitud del fenómeno o proceso donde se involucran dos conceptos la extensión y el grano. Siendo un fenómeno de gran escala aquel que se da en grandes extensiones y periodos largos de tiempo y uno de pequeña escala viceversa.

El grano hace referencia a la unidad de estudio que se manifiesta en el tamaño del pixel en los sistemas raster o en el tamaño del polígono en un sistema vectorial. Correspondiendo a un grado

más fino una unidad espacial con más detalle es decir una unidad de 10 metros es más fina que una de 100 metros, teniendo en cuenta que un grano fino implica un mayor detalle costos y tiempo en proceso de interpretación y análisis del paisaje o mosaico.

Es fundamental para la realización del estudio estableció la escala y el grano para dar un contexto al análisis de la ecología del paisaje.

Radio de giro: evalúa la distancia promedio entre todos los píxeles y el centroide del parche. Puede considerarse un índice de forma o de superficie, expresa la medida en que se extiende el parche en el paisaje independiente de que lo llene o no.

Intrincación: hace referencia al grado de agregación o entre mezclado del mosaico, que se produce por las clases por la por formar parches aglutinados o dispersarse en parches pequeños de diverso tipo. Esto se relaciona con la textura del mosaico, si es más intrincado indica que los parches son pequeños y dispersos lo que dificulta fenómenos de dispersión por efecto de barrera. Si son menos intrincados estos procesos de comunicación y dispersión se dan de manera más óptima (Matteucci, 1998, p. 280).

Las definiciones y condiciones de cada indicador se mencionan en la metodología.

Depende de la organización de los parches y corredores en el mosaico de la cantidad, tamaño y forma y borde de los elementos, de la intensidad del mosaico o contraste de los parches.

Como aspectos fundamentales relacionados con la ecología del paisaje se relacionan los siguientes conceptos.

2.10. Aplicación de los SIG como elemento de estudio y análisis de la cobertura vegetal

Para el estudio de la cobertura vegetal es necesario incorporar una metodología de clasificación de coberturas expresada en diversas metodologías que proporcionan una visión objetiva sobre el tipo de cobertura vegetal existente. Para lo cual en este proyecto dada la naturaleza de las coberturas y el enfoque se abordan más de un sistema de clasificación, siendo necesario realizar una homologación que exprese las características de la cobertura con el enfoque de la investigación.

En este sentido los SIG son sistemas informáticos que permiten la gestión de datos espaciales con sus respectivos atributos descriptivos, optimizando el proceso de toma de decisiones acertadas, que incluyen un conocimiento de los datos y confiabilidad de la información (metadatos). Adicionalmente incorpora la obtención y administración de los datos, su procesamiento, recuperación y análisis (Tollimson, 2008).

2.11. Modelos Estocásticos (Cadenas de Markov)

La dinámica de cambio de cobertura y uso del suelo se ha hecho presente en el municipio de Chía esto implica reconocer dichos cambios, en el tiempo y la forma en que se han suscitado.

Para entender este tipo de cambios es necesario no sólo abordar la extensión de la superficie del suelo, sino también las categorías de uso y la dinámica del cambio de tal manera que se puedan identificar tendencias o comportamientos. Esto a las coberturas vegetales y antrópicas permitirá identificar el estado de este recurso ambiental y comportamiento urbano, favoreciendo optimizar la planificación y ordenamiento territorial, así como el manejo ambiental.

Para identificar y establecer un comportamiento en la dinámica de cambio, los modelos estocásticos se presentan como una herramienta de simulación y exploración de cambios, como los que presentan las coberturas y el uso del suelo que se dan de manera progresiva y dinámica.

Para este tipo de análisis se ha empleado las cadenas de Markov, como un instrumento de análisis, caracterización y predicción de los cambios ocurridos en el territorio ocupado por las poblaciones. Esto ha sido implementado por autores como Bourne que en 1969 lo aplicó para describir y predecir los cambios del suelo urbano permitiendo realizar un análisis, descriptivo, predictivo e interrogativo sobre los usos del suelo y las coberturas vegetales de los municipios en cuestión.

De acuerdo con Aguayo (2007) este tipo de herramienta de análisis espacial permite:

Explorar los variados mecanismos que fuerzan los cambios de uso del suelo y las variables, sociales, económicas y espaciales que conducen a esto;

Proyectar los potenciales impactos ambientales y socioeconómicos derivados de los cambios en el uso del suelo.

Evaluar la influencia de alternativas políticas y regímenes de manejo sobre los patrones de desarrollo y uso del suelo (p.12).

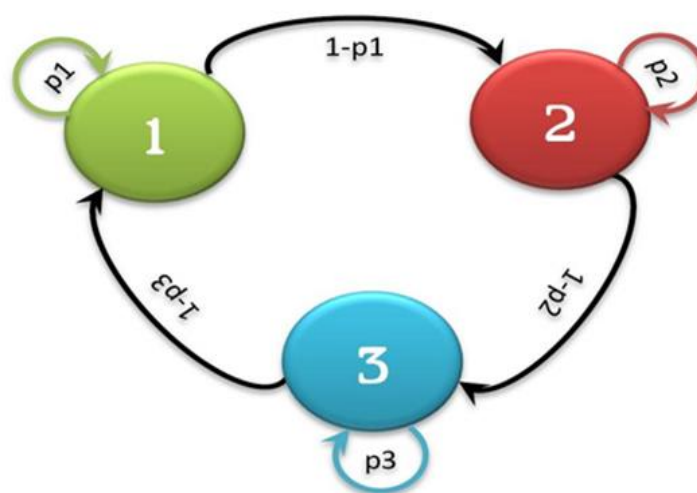
La cadena Markov de acuerdo Muller (1997) tiene los siguientes elementos: es conjunto de estados, una definición de transición y una ley de probabilidad condicional, que defina la probabilidad del nuevo estado en funciones anteriores.

Un estado es una caracterización que se halla en el sistema, en un instante dado., esta caracterización puede ser cualitativa como cuantitativa, lo cual nos muestra el estado actual de las variable o variables, una imagen en un tiempo determinado en un sistema que evoluciona en el tiempo y cambia su estado, cabe anotar que los posibles estados son conocidos y finitos.

Como parámetros de análisis estos modelos, emplean condiciones como superficie, topografía, fuentes hídricas, áreas de parques, vías, edificaciones, áreas de expansión y conurbación. Que proporcionan la información para establecer los factores de cambio físico, socioeconómico que orientan la ocupación y uso del suelo y cambio en las coberturas.

Los modelos markovianos integran autómatas celulares formando un sistema de redes que evoluciona en el tiempo, cambiando a diferentes estados y determinados por sus entradas, funciones, y el estado de sus vecinos. Cambiando de forma discreta y permitiendo simular proyecciones en el tiempo et al hurtado (Cabral y zamyatin, 2006)

Figura I. Funcionamiento de cadenas de Markov



Fuente: (Briones 2008, p33)

La imagen muestra los pasos de un estado a otro teniendo como base los posibles cambios de este y sus posibles iteraciones consigo misma.

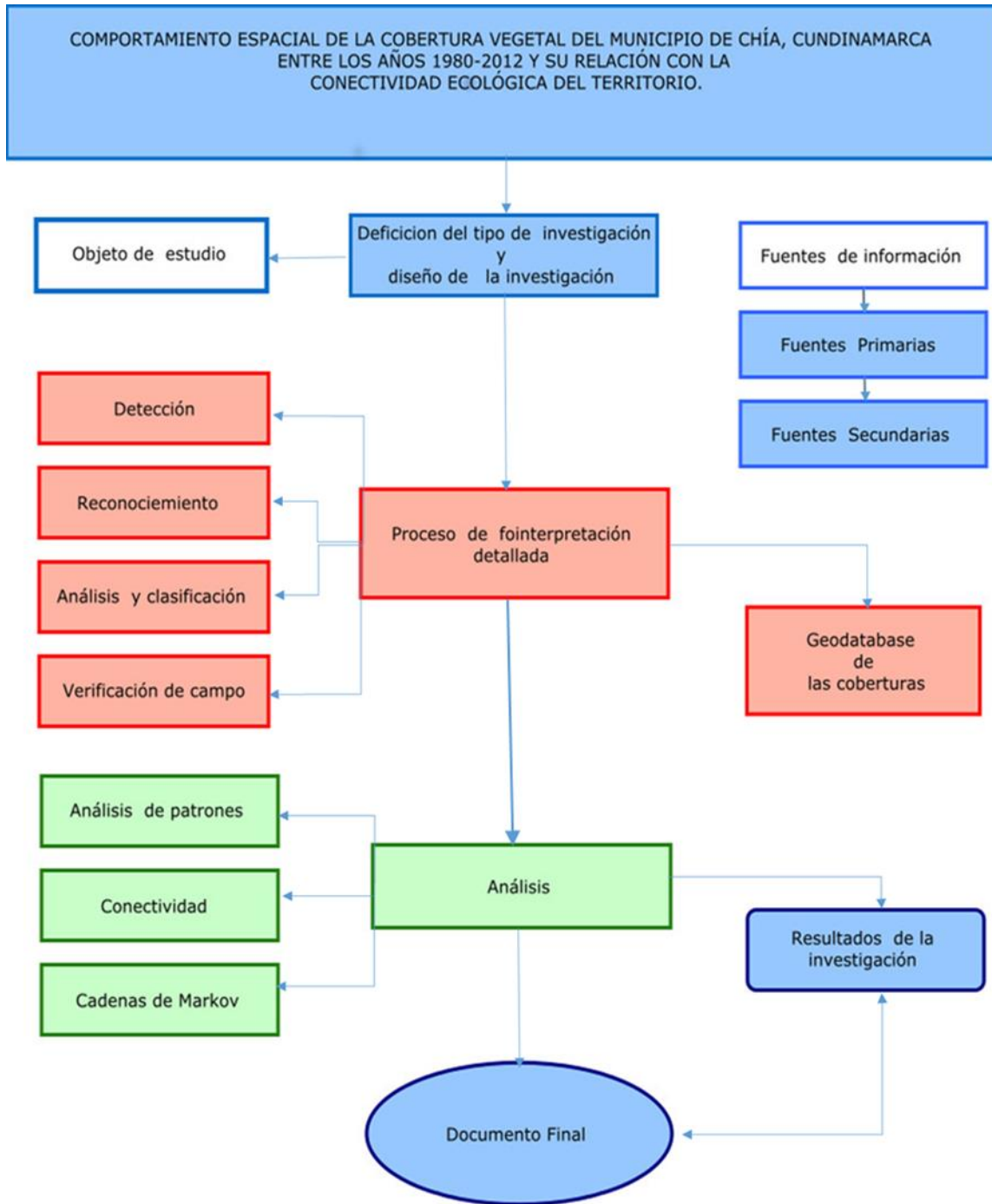
3. Metodología

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2003), la metodología de la investigación son aquellos pasos o etapas que son llevados a cabo para realizar una investigación científica o social. En este capítulo se describe el tipo de investigación desarrollada, así como las fases que fueron necesarias para realizar el proceso investigativo, detallando los pasos a seguir y las etapas desarrolladas.

Teniendo en cuenta que el estudio desarrollado contempló el comportamiento de la ocupación territorial a partir de la cobertura vegetal existente, identificándola, evaluándola, cuantificándola, y clasificándola, entre otros aspectos; la presente investigación fue de tipo no experimental desde un diseño descriptivo, que como lo señalan Hernández, Fernández y Baptista (2000), son estudios que “se ocupan de medir y recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o variables a los que se refieren” (p.119). En el desarrollo de la investigación resultó fundamental reconocer las características de las coberturas y el comportamiento de estas dentro del contexto territorial, esto implicó cuantificar su extensión, dimensiones y cantidad. Este aspecto le otorgo un enfoque cuantitativo a la investigación.

En cuanto al diseño, Fernández, Hernández y Baptista (2000) afirman que "el diseño de la investigación es el plan o estrategia propuesta por el investigador para obtener la información que se desea" (p.184), con este planteamiento se desarrolla la metodología de investigación adoptada dentro de este proyecto definido como un estudio no experimental, de tipo longitudinal, ya que la recolección de la información se dio en varios momentos tal como se encontró en el sitio, registrando la información de las coberturas y evaluándolas en un momento dado.

Figura II. Las fases del proceso investigativo de este estudio se ilustran a continuación:



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016, s.p)

La presente investigación tuvo como objeto de estudio determinar los procesos de ocupación del territorio y la cobertura vegetal, así como la conectividad ecológica de Chía. Para tal propósito fue necesario contar con recursos que proporcionen la información de manera directa y objetiva reflejando la realidad territorial del municipio.

3.1. Área estudio

El municipio de Chía se encuentra ubicado en el Departamento de Cundinamarca, en la región Sabana Centro, con una altura promedio 2562 metros sobre el nivel del mar (msnm) en promedio y a una distancia aproximada de 27 kilómetros del Distrito Capital, se ubica entre las cordilleras el Zaque en el oriente y la cordillera Monos en el occidente, en la latitud norte $4^{\circ} 43'00''$ y longitud oeste $74^{\circ}10'00''$, con una topografía predominantemente plana, con una altura de 2600 msnm presentando algunas elevaciones como: la Cruz, El Santuario, las cordilleras Zanjón y el Zaque con alturas que rondan los 3200 msnm.(Plan de ordenamiento Municipio de Chía, 2000).

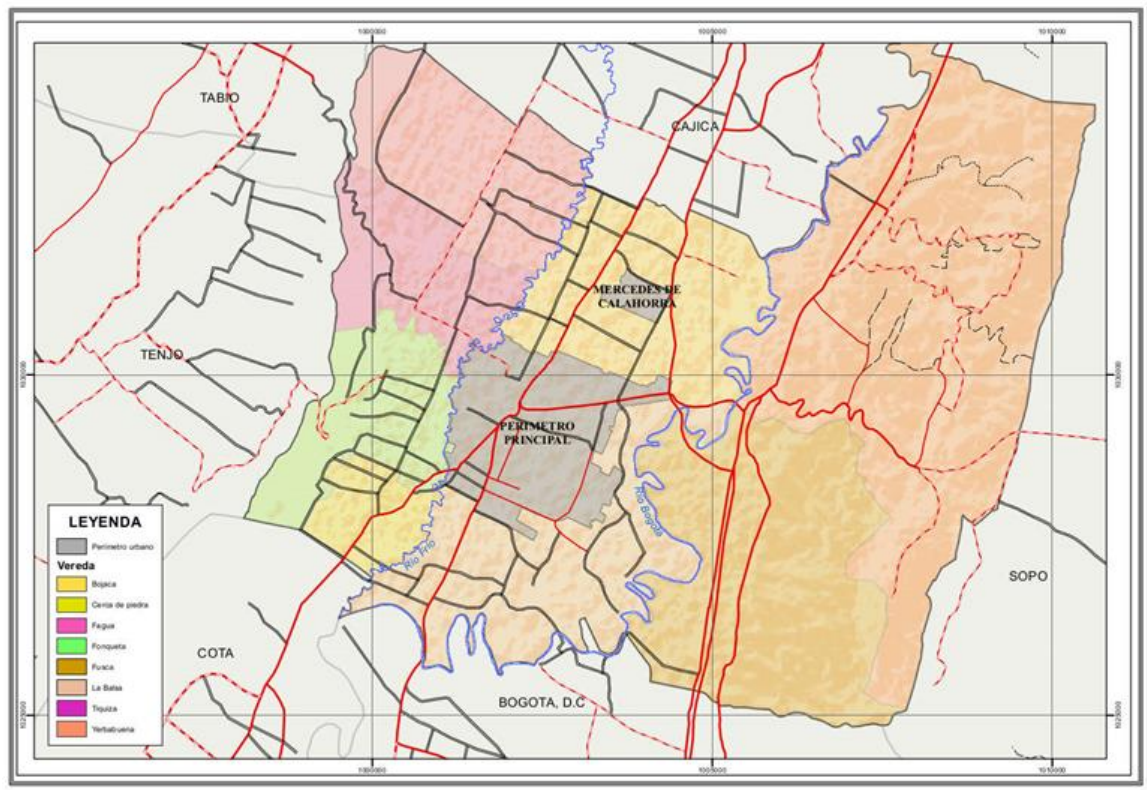
Los límites de Chía se establecieron oficialmente por el Instituto Geográfico Militar instituciones predecesora del actual IGAC, el Ministerio hacienda y crédito Público mediante acta en 1941 y se establecen los límites: al norte con los municipios de Cajicá y Sopo, por el sur: Usaquén y Suba (municipios anexados a Bogotá) actual Bogotá, al oriente con: Sopo y la Calera, al occidente Cota, Tabio y Tenjo (Plan de Ordenamiento Territorial de Chía, 2000, p.17).

Chía tiene una extensión territorial de 79.23 Kilómetros cuadrados (7.923 hectáreas) de las cuales oficialmente se encuentran 608.28 hectáreas se encuentran en áreas urbanas y 7314.72 se

encuentran en área rural. El municipio de Chía se clasifica como urbanizado y se explica por la cercanía a ciudad de Bogotá ejerce una migración alta de personas en busca de una mejor calidad de vida.

División político administrativa: Administrativamente Chía se divide en nueve veredas: Fagua, Fusca, Fonqueta, Cerca de piedra, Fragua, Tiquiza, Yerbabuena, La balsa y Bojacá. En cuanto a su situación en el territorio por encontrarse en la sabana de Bogotá genera una disposición en cuanto a la influencia de los vientos y la distribución de la humedad se concentran en la región oriental y con una menor presencia en la región occidental.

Figura III. División política administrativa



Fuente: (POT de Chía,s.f, p. 35)

Condiciones Biofísicas: el municipio de Chía por encontrarse en la sabana cundiboyacense presenta las siguientes características:

Las precipitaciones anuales generalmente no superan los 1500 mm anuales, Chía por localizarse en el valle del río Bogotá entre los cerros de la Balvanera y Yerbabuena que obstaculizan el paso de los vientos y genera una menor precipitación que en las áreas circundantes. Cuenta con una precipitación de 65.18 mm mensuales equivalentes a 782.16 mm anuales, dependiendo de la cercanía a los cerros donde esta tiende a acentuarse. El régimen pluviométrico es bimodal siendo los meses con mayor índice de precipitación en primer lugar entre Marzo y Mayo con un 34.2 % del total anual y una segunda temporada entre los meses de Septiembre y Noviembre con un 34.3% del total de la precipitación anual, tenido una humedad relativa 76 %, en los meses de abril, marzo, octubre y noviembre. Los valores de temperatura están sujetos al gradiente altitudinal principalmente, encontrándose los máximos en la cabecera municipal con una temperatura de 19°C y un mínimo, menores de 10° C en zonas por encima de 3000 msnm. La variación temporal está asociada al paso normal del Sol y la nubosidad encontrando valores medios y máximos entre Abril – Mayo y mínimos entre diciembre - enero, caracterizados por contar con altas temperaturas en el día y bajas temperaturas en la noche y madrugada, que en ocasionalmente bajan de los cero grados y se denominan se denominan como heladas (UNAL, 1999).

En cuanto al aspecto hidrológico se encuentra representado en cuerpos hídricos como ríos, quebradas, lagunas y acuíferos subterráneos. De manera relevante se destacan la cuenca del río Bogotá ubicada en el costado oriental del municipio, atravesándolo de norte a sur y la subcuenca del río Frio ubicada en el costado occidental recorriendo el municipio de igual manera. También se encuentra una red de microcuencas ubicadas en los cerros de Chía encontrándose al oriente las

quebradas: Caseteja, Chircal, Sindamanoy, La mana, Santiamen, El rincón y la Honda; en los cerros occidentales se encuentran las quebradas: Tiquiza, Chucua de Fagua, El Zanjón (reguardo), Chucua de Cajicá en los límites con Cajicá (Alcaldía de Chía, 2014).

La provisión hídrica del municipio proviene de aguas de precipitación, evapotranspiración y escorrentía; así como la presencia de depósitos subterráneos proporcionando la ubicación de estos pozos. Determinando una oferta hídrica de 3040 Mm³ solo 100 Mm³ garantizan la recarga de los acuíferos se precaria y apenas se pueda equilibrar (UNAL, 1999).

Con respecto a las aguas superficiales los drenajes del municipio fluyen a la cuenca media del río Bogotá que atraviesan de norte a sur el municipio. La subcuenta de mayor importancia corresponde a la del río Frío con 76.71 Km² de los 195 Km² totales. Posee un caudal medio de 1.8 m³/segundo y un rendimiento de 1.3 seg/km² discurriendo por la terraza alta del río Bogotá atravesando áreas de suelos con alto rendimiento

Es importante resaltar que de acuerdo a estudios de la CAR (1999) la calidad del agua de este río presenta altos niveles de plomo y otros metales pesados, así como grasas por encima de los límites establecidos para el uso doméstico. Lo que reduce considerablemente la calidad del agua en un 50% especialmente en sectores medidos hacia la desembocadura del río Bogotá mostrando una alta carga de desechos del municipio (Alcaldía de Chía, 2014).

La mayor parte del municipio tiene a un área plana que corresponde a la sabana de Bogotá, en los sectores oriental y occidental existen accidentes orográficos de poca altura siendo los más significativos las cordilleras Zanin y Zaque y los cerros Cruz y Santuario.

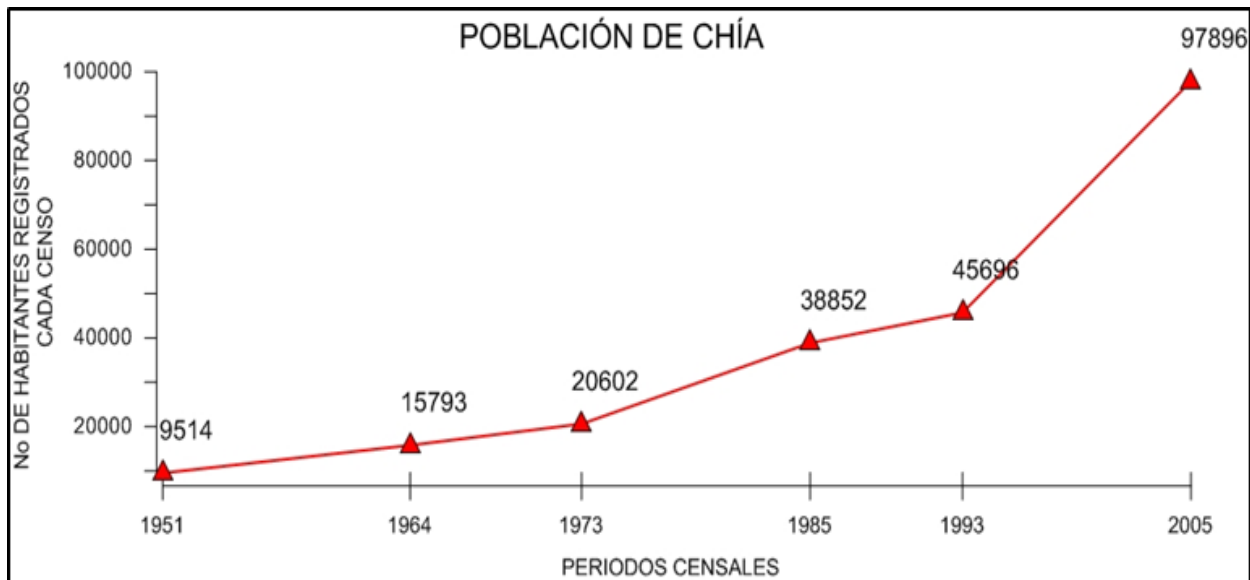
El área montañosa corresponde a los cerros orientales constituidos por laderas y montañas con cotas que van desde 2600 m.sn.m hasta los 3200 m.s.n.m ubicados en la vereda Yerbabuena en el sector oriental y en la vereda Fusca en la parte sur.

La pendiente característica del municipio oscila del 15 % al 45% más de acuerdo al área siendo estas más pronunciadas en la parte norte de la vereda Yerbabuena y el sector sur de la vereda Fusca. En el área de los cerros orientales se pueden identificar pendientes en rangos que van del 20 % al 45 %, ubicados especialmente en la vereda Fagua y en el sector occidental de la vereda Fonqueta en límites con el resguardo indígena

La población esta intrínsecamente relacionada con la ocupación del territorio, lo que determina su cantidad, crecimiento, estructura y distribución de la misma, siendo insumo más importante para los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Planes Desarrollo, proyecciones de demanda de suelo, formas de ocupación, distribución del territorio y proyectos medio ambientales entre otros.

Las características de Chía lo muestran como el municipio que ha tenido mayor crecimiento del promedio nacional, entendible por la alta migración que ha sufrido y que ha cambiado no solamente sus características de número de habitantes, sino las actividades productivas, económicas, sociales y su estructura espacial. Esto se puede evidenciar en el comportamiento poblacional de las últimas cinco décadas de los censos efectuados durante estos lapsos.

Figura IV Población del municipio de Chía



Fuente:(DANE, s.f, p123)

Como se puede observar, el crecimiento de la población tuvo sus tendencias más altas en los periodos de 1973 a 1985 con un incremento anual 7,38% de la población por año y el periodo de 1993 a 2005, con un incremento anual de 9,43% por año, la población proyectada para el municipio de Chía, establecida y certificada es 120710 para el año 2013 habitantes con un crecimiento del 2,59% sobre la población del 2005 de 97896 habitantes.

3.2. Fuentes de Información

Para el desarrollo del proyecto se emplearon tres fuentes de información, que de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista, (2000) corresponden a primaria y secundaria. Esta investigación requirió de un recurso de información de primera mano que permitió establecer el estado de los elementos de estudio presentes generando a partir de estos los análisis requeridos, no obstante,

resultado fundamental referenciar toda consulta documental que aporte un sustento de conceptos e investigaciones pertinentes a esta investigación.

Información primaria: se seleccionaron y adquirieron en el instituto Geográfico Agustín Codazzi fotografías aéreas que cumplieran con aspectos como cobertura, escala, resolución espacial disponibles y en diferentes periodos de tiempo posteriormente se georreferenciaron e integraron en un mosaico.

El municipio de Chía cuenta con una base cartográfica suficiente proporcionando los mapas base y algunos temáticos para realizar los análisis correspondientes, sin embargo, fue necesario contar con material que brindó información del estado actual de las coberturas y del estado de las mismas en periodos anteriores de tiempo del municipio.

Para este propósito fue necesario adquirir material proveniente de aerofotografías, producto de vuelos Aerofotogramétricos, que realiza el instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en diferentes periodos de tiempo. Esta información se emplea en formato digital para ser procesada por los SIG. Las características de esta información se encuentran en la tabla 7.

Así mismo, el proceso involucro una serie de visitas de verificación de coberturas en campo puesto que al cubrirse la totalidad de la superficie municipal, se consideró necesario seleccionar algunos puntos como control de la información.

Para la investigación se utilizó aéreo fotografías digitalizadas a 15 micrones, georreferenciadas, obtenidas de una cámara Leyca Wild RC-10, RC-30, con una distancia focal 152.499 milímetros, formato TIFF. (IGAC).

Tabla 6. Material fotográfico empleado en el proceso de fotointerpretación

Fuente	Fotografía	Escala	Año
Aerofotografía Escala de Grises	fotografías aéreas 135-147	1:30000	1980

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Para la identificación de las coberturas de 2012 se utilizaron fotografías aéreas a color capturadas con cámara digital Vexcel Ultramam D, con una distancia focal 105.2 mm, con una altura de vuelo 6147.248 metros sobre el nivel del mar, resolución de 0,30 metros sobre el municipio de Chía, georreferenciadas origen Bogotá Colombia, MAGNA SIRGAS.

Tabla 7. Material fotográfico a color

Fuente	Fotografía	Escala	Año
Fotografía digital a Color	Recubrimiento de Chía - imágenes	1:2000	2012

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Información secundaria: comprendió todas aquellas fuentes provenientes de estudios y/o caracterizaciones ambientales, cartografía, estudios de suelos, planes de ordenamiento entre otros. Lo que constituyó una revisión documental y bibliográfica que aportó al desarrollo del proyecto atendiendo la rigurosidad y objeto de la investigación. Aportando un elemento de confiabilidad y sustento bibliográfico y conceptual en la construcción de los análisis.

Esta fue consultada en instituciones como la alcaldía del municipio de Chía, la CAR Cundinamarca, biblioteca Luis Ángel Arango, bibliotecas especializadas de centros universitarios

tales como: Universidad nacional de Colombia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la Pontificia Universidad Javeriana.

Siguiendo la metodología, una vez abordadas las fuentes de información es necesario realizar la recolección de datos a través de los instrumentos seleccionados, adecuados para incorporar la información geoespacial necesaria para desarrollar los análisis siendo estos.

3.3. Fotointerpretación detallada

Como instrumento fundamental en la recolección de datos se empleó la fotointerpretación, una técnica que el investigador aplica para la discriminación y clasificación de los elementos del territorio objeto de estudio, teniendo en cuenta su naturaleza, atributos y dimensiones. Esta técnica es aplicada y realizada a través de recursos o medios digitales, proporcionados por un SIG, sin embargo, en esta investigación difiere de metodologías, tales como la clasificación supervisada y no supervisada que se fundamentan en procesos automáticos y semi automáticos.

Esto requirió de un procedimiento manual y detallado de parte de los investigadores, donde aplicaron su experticia en el proceso de fotointerpretación, el software solamente fue tomado como medio de registro de la información proporcionada por los fotointerpretes, que en este caso fueron los propios investigadores.

Figura V Etapas de la interpretación



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016, s.p)

Detección: en esta fase se centró directamente el objeto o proceso de interés, teniendo como acción fundamental ubicar y apreciar el objeto para su reconocimiento, siendo indispensable discriminar cada objeto o proceso.

Reconocimiento: Este proceso de mayor complejidad, implicó no solamente reconocer un elemento en el espacio, sino también una serie de procesos asociados a este que pueden cambiar la naturaleza del mismo. Esto conlleva a establecer relaciones físico espaciales de las coberturas, lo que se manifiesta en el reconocimiento de patrones, accidentes físicos, líneas de flujo y áreas homogéneas (IGAC, 1990).

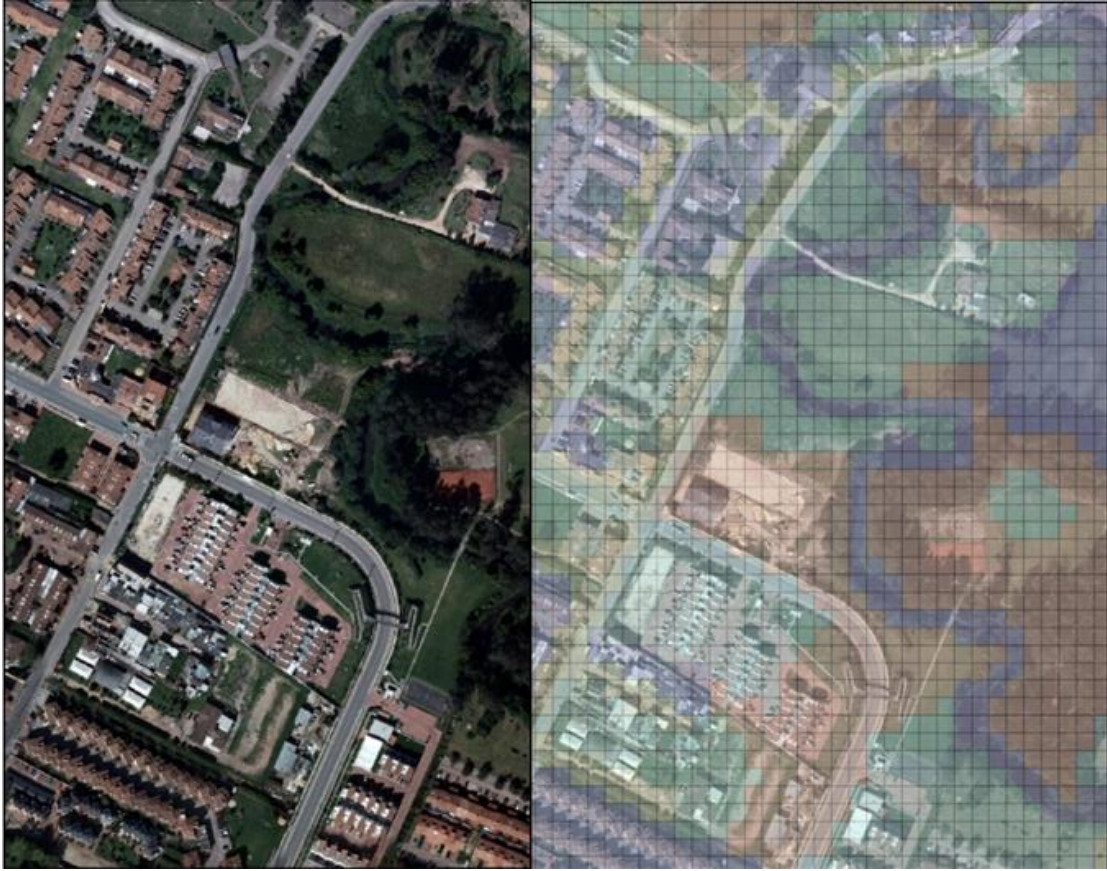
Análisis y clasificación: una vez reconocidos los elementos biofísicos, estructurales y artificiales fue posible establecer un marco de referencia básica, fundamentado en conceptos científicos para su estudio. Esto permitió establecer unidades de clasificación que son fundamentales para el estudio de coberturas.

Para este proyecto, específicamente se obtuvieron imágenes de diferentes características y origen (Ver tabla no 5), se georreferenciaron las imágenes con respecto a la cartografía municipal existente en formatos vectoriales (cartografía básica del municipio de Chía). Cabe anotar que algunas de las imágenes no están ortogonalizadas o semiortogonalizadas, por lo tanto el intérprete no utilizó las imágenes para generar nueva cartografía, sino para registrar los cambios de las coberturas del municipio.

A partir del proceso de fotointerpretación se determinaron las unidades de cobertura presentes en el municipio. Asumiendo una escala de 1:4000 correspondiente a un nivel detallado teniendo como base unidades cartográficas de 10 metros lineales y de área 100 m², para toda la superficie del municipio, determinadas por una grilla para el total de la superficie del municipio cubierta 8451112 polígonos a identificar, cabe anotar que existen polígonos de menor medida, por bordes y de cortes de las fotografías. La superficie fue georreferenciada en su totalidad a partir de las fotografías aéreas a color semiortorectificada a escala 1:2000 para la década del 2012.

Este proceso es la interpretación cada uno de los 845112 polígonos, teniendo como base el porcentaje de ocupación de este, para asignarle una categoría (cobertura), previamente establecida.

Figura VI. Interpretación de fotografía 2012. Color



Fuente:(Cortes y Rubio, 2016, s.p)

Para la década del 1980 se realizó con fotografías en escala 1:30000 sin orto rectificar en pancromático (escala de grises). Aplicando los mismos parámetros anteriores teniendo en cuenta los limitantes tales como la resolución y la cobertura espacial de esta imagen. A pesar de las posibles carencias de la imagen se repitió el proceso de fotointerpretación.

Figura VII. Interpretación de imagen de 1980.



Fuente:(Cortes y Rubio, 2016, s.p)

Clasificación que permitió establecer áreas homogéneas, heterogéneas, naturales o artificiales según la clasificación propuesta, para asegurar la fotointerpretación se hizo necesario realizar validaciones o verificaciones de campo

Verificación de Campo: Para proporcionar un alto grado de confiabilidad a la información se realizaron visitas de campo en distintas áreas de interés del municipio, corroborando la interpretación efectuada. Para la realización de estas verificaciones se empleó un formato de campo que facilitó la recolección de la información. (Ver anexo A). Fotos

Es importante establecer que las visitas de campo se realizaron con instrumentos de sistemas de posicionamiento global (GPS), configurado con el sistema de coordenadas MAGNA SIRGAS origen Colombia Bogotá, de esta forma se minimiza los errores de ubicación en campo.

A partir de la fotointerpretación se establecieron las clases de coberturas.

Estas fases fueron desarrolladas sistemáticamente por este equipo investigador que fue incorporando la información mediante los instrumentos para la identificación de diferentes aspectos de comportamiento del objeto de estudio en este caso las coberturas vegetales y los fenómenos de urbanismo y conurbación.

De esta forma la información plasmada en la fotointerpretación refleja los elementos constituyentes, sus características, particularidades y número que posibilita la realización del procedimiento de análisis y construcción de un escenario real que corresponde a la realidad territorial evaluada. Generando información detallada para el desarrollo de cartografía temática actual y la información necesaria para identificar comportamientos y/o tendencias existentes en el municipio. Clasificación que permitió establecer áreas homogéneas, heterogéneas, naturales o artificiales según la clasificación propuesta, para asegurar la fotointerpretación se hizo necesario realizar validaciones o verificaciones de campo.

Verificación de Campo: Para proporcionar un alto grado de confiabilidad a la información se realizaron, visitas de campo en distintas áreas de interés del municipio, corroborando la interpretación realizada. Para la realización de estas verificaciones se empleó un formato de campo que facilitó la recolección de la información. (Ver Anexo A). Fotos

Es importante establecer que las visitas de campo se realizaron con instrumentos de sistemas de posicionamiento global (GPS), configurado con el sistema de coordenadas MAGNA SIRGAS origen Colombia Bogotá, de esta forma se minimiza los errores de ubicación en campo.

A partir de la fotointerpretación se establecieron las siguientes clases de coberturas

Estas fases fueron desarrolladas sistemáticamente por este equipo investigador que fue incorporando la información mediante los instrumentos para la identificación de diferentes aspectos de comportamiento del objeto de estudio en este caso las coberturas vegetales y los fenómenos de urbanismo y conurbación.

De esta forma la información plasmada en la fotointerpretación refleja los elementos constituyentes, sus características, particularidades y número que posibilita la realización del procedimiento de análisis y construcción de un escenario real que corresponde a la realidad territorial evaluada. Generando información detallada para el desarrollo de cartografía temática actual y la información necesaria para identificar comportamientos y/o tendencias existentes en el municipio.

Tabla 8. Coberturas del municipio de Chía

COBERTURAS
Afloramiento rocoso
Arbustos y matorrales
Bosque galería
Bosque natural denso
Bosque natural fragmentado

COBERTURAS
Bosque plantado
Canal
Cercas vivas
Comercial
Cuerpos hídricos artificiales
Cultivos
Humedales
Industrial
Infraestructura transporte
Institucional
Lago o laguna
Otros sin identificar
Pastos arbolados
Pastos enmalezados
Pastos limpios o manejados
Residencial
Rio
Zonas de extracción minera
Zonas verdes con arboles
Zonas verdes sin arboles

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016, s.p)

3.4. Generación de una Geodatabase a través de un SIG

Por medio del software ArcGis 10.2 se desarrolló una geodatabase que integró la información interpretada, cartografía básica y las imágenes (fotografías aéreas), que fueron el insumo de los productos cartográficos desarrollados. De acuerdo con los requerimientos del proyecto de investigación se implementan los siguientes módulos:

Figura VIII. Constitución de una geodatabase



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

3.5. Metodología de Análisis

Para realizar el análisis de la información generada en esta investigación fue necesario incorporar metodologías de análisis de datos específicas para determinar el comportamiento de la ocupación territorial con respecto a las coberturas vegetales y su conectividad.

Esto requirió de un análisis espacial de la distribución de cobertura a partir de la fotointerpretación detallada, que establece su comportamiento y sus características mediante la identificación directa, asegurando su veracidad y su escala. Cabe resaltar que la metodología asegura la interpretación de la totalidad del municipio sin utilizar medios de aproximación estadística.

Análisis de la ecología del paisaje

Comprender el comportamiento espacial de las coberturas vegetales es esencial para realizar un análisis de conectividad ecológica, la metodología y variables descritas a continuación:

Escala.

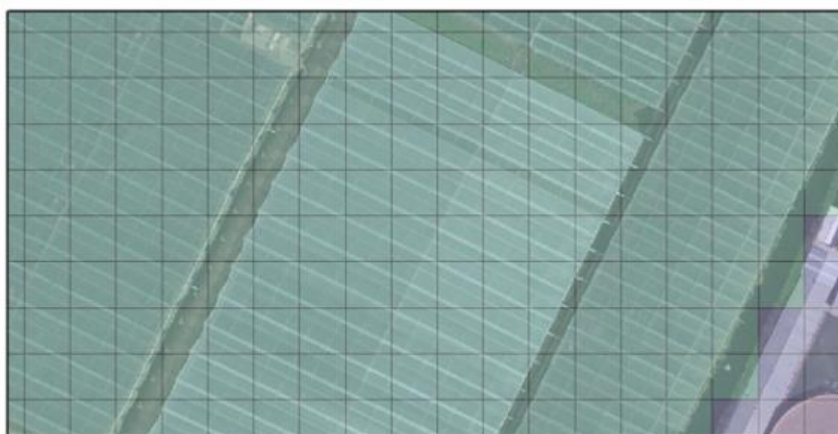
Como parte fundamental del estudio de la ecología de paisaje es necesario determinar la escala y detalle. En cuanto a la escala del estudio del municipio de Chía, correspondió a una gran escala puesto que comprenderá el total de la superficie del municipio cuya extensión es 7.923 hectáreas, considerando los cambios y comportamiento de las coberturas vegetales en 1 del año 2012 como base. También se consideran los cambios ocurridos desde el año 1980 lo que implica un periodo de análisis de 32 años.

Se emplea la metodología de la ecología del paisaje de Richard Forman y Godron (1985), complementado con la metodología de McGarigal (2002) mediante el empleo de los índices de caracterización del paisaje.

Grano

En cuanto al nivel de detalle el tamaño del pixel fue de 10 metros lo que implicó un grano muy fino ya que la imagen de referencia, es una fotografía aérea de alta resolución y escala 1:2000. Esto implica una serie de pasos que involucran un ejercicio de fotointerpretación absolutamente detallado.

Figura IX. Tamaño de grano visto a escalas 1:1000 y 1:5000



Tamaño de Grano Escala 1:1,000



Tamaño de Grano Escala 1:5,000

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016, s.p)

Reiterando que el tipo de grano empleado requirió de un proceso manual desde el contexto operativo del software, siendo este un medio básico de registro de información a partir del cual se realizó la clasificación, proporcionando el insumo in establecidas (ver p.56), proporcionando la base de información para realizar el análisis de la métrica del paisaje, el modelo de Markov y el perfil histórico.

3.6. Perfil histórico

Realizar el perfil histórico requirió de una comparación de las coberturas del municipio entre los años 1980 y 2012. Este tipo de análisis se efectuó conceptualmente discriminando las clases de cobertura correspondiente a cada año, estableciendo un comportamiento desde la presencia, distribución y área. Posteriormente se realizó un análisis comparativo desde las métricas para el mismo periodo de tiempo, pudiendo así determinar un comportamiento histórico para el municipio de Chía.

3.7. Aplicación de Modelo de Markov

Implementar la modelación de las coberturas demandó el empleo de las cadenas de Markov, este instrumento está incorporado en un módulo de software IDRISI, cuyo propósito es la gestión de la información geoespacial y el análisis de comportamiento de los elementos de la cobertura terrestre. Para realizar la modelación mediante este instrumento se realizaron los siguientes pasos:

Selección de imágenes

Las imágenes utilizadas para el análisis de Markov y CA- Markov son las de 1980 y las 2012 con un intervalo de tiempo de 32 años, en formato raster y resolución espacial de 100 m². Correspondiente una imagen de 1312 columnas y 1142 filas, las imágenes de los dos periodos de tiempo deben tener el mismo tamaño, no tienen píxeles sin información y tienen el mismo sistema de referencia geográfico.

Figura X. Imagen de coberturas 1980



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016, s.p)

Reclasificación de coberturas (estados)

En el procedimiento se pudo observar que entre más simple (menor cantidad de estados, coberturas), el sistema arroja mejores resultados predictivos, la mayoría de autores reducen a un problema binario, donde existen dos estados que se excluyen mutuamente de esta manera los autómatas celulares no tienen discrepancias, en los posibles cambios de estados.

En la investigación se redujeron de 26 estados a 8 estados, teniendo como base su funcionalidad y su geometría, notando que el crecimiento de un estado (cobertura), a otro depende intrínsecamente a su naturaleza y está delimitado por su geometría.

La posible permutación de cada una de las coberturas se muestra en la tabla 10 esto quiere decir que el modelo tiene que evaluar por cada una de las opciones 8 posibles estado, cabe anotar que la imagen al tener diferentes escalas se incrementa los niveles de discrepancia.

Tabla 9. Tabla de reclasificación de coberturas para el modelo predictivo.

CÓDIGO	COBERTURA	RECLASIFICACIÓN	TIPO
1	Infraestructura y transporte	Lineal	Transporte
2	Industrial	Polígono	Infraestructura
3	Comercial		
4	Residencial		
5	Institucional		
10	Cercas vivas		
13	Bosque galería	Lineal	

CÓDIGO	COBERTURA	RECLASIFICACIÓN	TIPO
20	Rio		Bosque de galería, cercas vivas.
22	Canal		
11	Bosque natural denso	Polígono	Bosques
12	Bosque natural fragmentado		
14	Bosque plantado		
15	Pastos limpios o manejados	Polígono	Pastos y cultivos
16			
17	Pastos enmalezados		
18	Pastos arbolados		
19	Cultivos		
101	Zonas verdes sin arboles		
102	Zonas verdes con arboles		
18	Arbustos y matorrales	Polígono	Arbustos
21	Lago o laguna	Polígono	Cuerpos hídricos
23	Cuerpos hídricos artificiales		
24	Humedales		
30	Afloramiento rocoso	Polígono	Suelo descubierto
31	Zona de extracción minera		
32	Escombreras y vertederos		

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016, s.p)

Validación del modelo

La validación de la predicción del modelo se realizó proyectando la imagen de 1980 a la del 2012 mostrando las posibles discrepancias y coincidencias, se aplicó el modelo a partir de los índices Kappa basados en el porcentaje de pixeles coincidentes entre un modelo predictivo y la imagen real de 2012 determinada en la fotointerpretación. Cabe anotar que la coincidencia de índices no asegura un buen modelo predictivo, es importante también tener en cuenta la evolución de los mismos y su comportamiento en el tiempo (Pontius. 1998).

Los índices Kappa mostraron el porcentaje de pixeles clasificados correctamente la concordancia en entre el mapa proyectado y el mapa real en términos generales y las coincidencias en cantidad, ubicación y la habilidad del modelo de predecir correctamente, esto en términos genera demuestra la capacidad del modelo de acertar.

Figura. Validación del modelo predictivo



4. Resultados

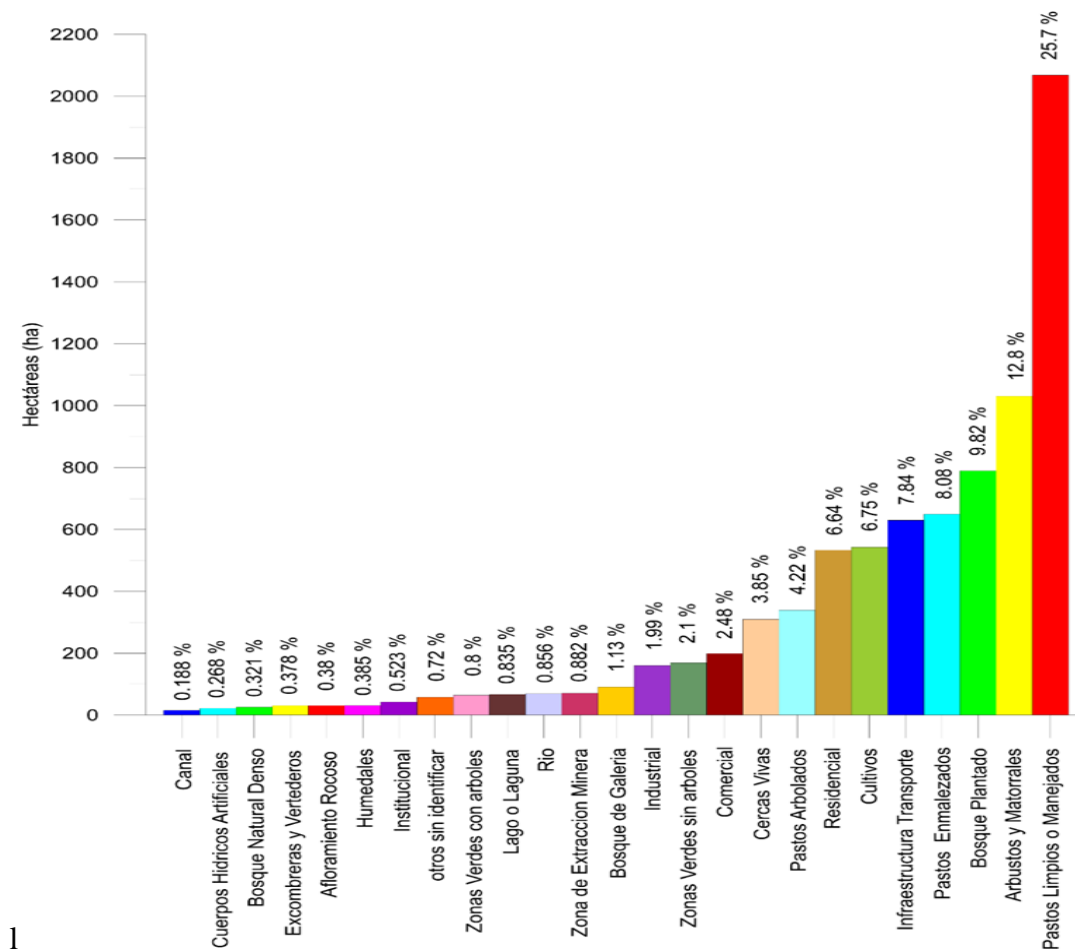
Como base fundamental en la realización del análisis del paisaje, perfil histórico y del modelo predictivo de Markov, fue indispensable contar con la base conceptual obtenida a partir del proceso de fotointerpretación de la cobertura descrita a continuación:

4.4. Coberturas del municipio de Chía

Como resultado de la fotointerpretación para el total de la superficie del municipio (7974 ha) se identificaron 11 categorías de coberturas vegetales y 15 categorías restantes que incluyen aquellas de origen antrópico.

Para la descripción y análisis de las coberturas se abordaron primero las coberturas vegetales y la composición del paisaje. Posteriormente se realizó la descripción de las coberturas para efectos del análisis

Figura XI. Coberturas del municipio de Chía



1

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

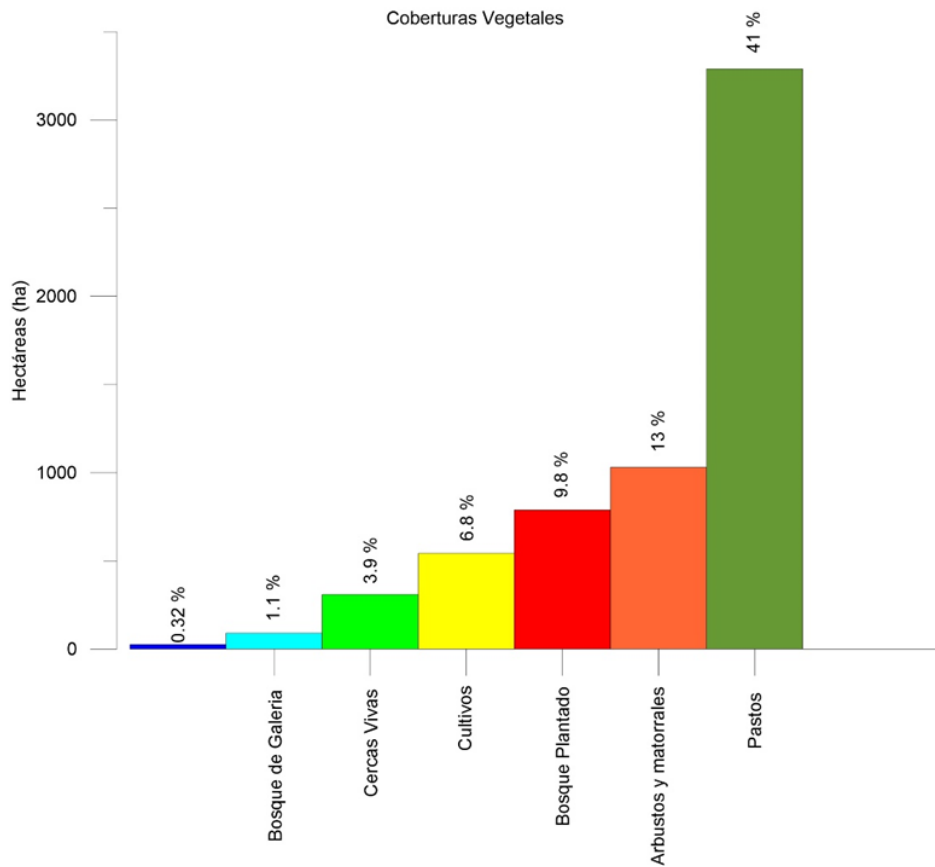
4.1.1. Coberturas vegetales

A partir de la fotointerpretación y análisis de la cobertura con la metodología de la ecología del paisaje se generaron los resultados de la investigación; Es pertinente tener en cuenta que la propuesta metodológica determina las unidades de cobertura a partir de la homologación de los sistemas CORINE Land Cover y de Forman y Godron (2005) que en algunos casos difieren con

las clasificación de las coberturas propuestas en la cartografía oficial del municipio tanto en su distribución como en su extensión.

Las unidades de cobertura identificadas y establecidas como resultado de la fotointerpretación se expresan a continuación:

Figura XII. Coberturas vegetales interpretadas.



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Bosques

Resultado de la fotointerpretación se determinaron las siguientes unidades:

- ***Bosque natural Fragmentado***

A partir de esta clasificación se identificaron 25,82 ha que corresponden al 0,32 % de total de la superficie del municipio. Esto no significa que no puedan encontrarse más unidades de este tipo de cobertura, pero debido al estado sucesionales en términos ecológicos pueden presentarse dentro de un estrato arbustivo en el momento de hacer la observación.

Estos fragmentos se ubican en los cerros orientales (Yerbabuena y áreas colindantes con Sopo) y según Gutiérrez et al Aguilar 1998 las especies reportadas para los cerros orientales son:

Tabla 10. Especies reportadas cerros orientales

Especie	Nombre común	Familia
<i>Miconia squamulosa</i>	Tuno esmeraldo	MELASTOMATACEAE
<i>Myrcianthe sleucoxyla</i>	Arrayán	MYRTACEAE
<i>Bucquetia glutinosa</i>	Chame	MELASTOMATACEAE
<i>Weinmannia tomentosa</i>	Encenillo	CUNONIACEAE
<i>Ageratina asclepiadea</i>		COMPOSITAE
<i>Myrsine coriácea</i>	Cucharo rosado	MYRSINACEAE

Especie	Nombre común	Familia
<i>Xilosoma spiculifera</i>	Corono	FLACOURTIACEAE
<i>Myrsineguianensis</i>	Cucharo	MYRSINACEAE
<i>Oreopanax floribundum</i>	Mano de oso	ARALIACEAE
<i>Psychotria boqueronensis</i>	Cacaíto	RUBIACEAE

Fuente:(Aguilar, 1998, p.84)

Bosque plantado

En la cobertura forestal del municipio fue evidente la antropización de las coberturas vegetales y por lo tanto la modificación de las mismas a través de instalación de coberturas forestales, que presento pequeños núcleos de explotación y en su gran mayoría se realizó con fines de recuperación o protección, para favorecer procesos de reforestación y restauración generalmente propiciados en su mayoría por actores privados y corporaciones (CAR).

Esto implica que gran parte de la cobertura arbórea del municipio esta modificada o tenga relación con esta categoría. Se identificó un total de 789,22 ha de bosque plantado que corresponde al 9,82% de la superficie. Existen también algunas unidades de bosque plantado con fines de aprovechamiento forestal ubicados tanto en los cerros orientales (vereda de yerbabuena) en los límites con Sopo siendo estas plantaciones de Eucalipto y Pino. Este tipo de unidades de explotación se localizan también en los cerros occidentales (Vereda Bojaca y Fagua).

Arbustos y matorrales

Este tipo de cobertura se presentó casi en la totalidad de la superficie del municipio en forma fragmentada concentrándose en el piedemonte y en las áreas urbanas donde su implementación es muy frecuente en unidades residenciales en forma de jardines y diseños ornamentales. Por sus características estructurales puede tratarse también de algún bosque en una etapa sucesional de recuperación en algunos casos. Es una cobertura representativa por su frecuencia y corresponde al 12,82% de la cobertura municipal representada en 1030,21 ha.

Tabla 11. Especies reportadas de arbustos y matorrales.

Nombre Común	Especie	Familia
Sauce	Salix humboldtiana	SALICACEAE
Lechero de cerca	Bacharis latifolia	EUPHORBIACEAE
Pino	Pinus patula	PINEACEAE
Eucalipto	Eucalyptus globulus	MYRTACEAE
Acacia japonesa	Acacia melanoxylum	MIMOSACEAE
San Juanito	Vallea stipularis	ELAEocarpaceae
Borrachero rojo	Brugmansia sanguinea	SOLANACEAE

Nombre Común	Especie	Familia
Cajeto	Xytarecilumsubflavescens	VERBENACEAE
Sauco	Sambucus peruviana	CAPRIFOLIACEAE
uraznillo	Abatiaparviflora	SALICACEAE

Fuente: (Aguilar, 1998, p.85)

Bosques de galería o riparios

Constituye una de las coberturas más importantes por su carácter protector, pero de acuerdo con los resultados tan solo tiene el 1,13% de la cobertura correspondiente al 90.88 ha. Presentando en algunos casos discontinuidad por desaparición total o parcial de la cobertura vegetal en las márgenes de los cursos hídricos y su reemplazo por otro tipo de cobertura tal como pastos o la instalación de infraestructura de diverso tipo. En las zonas de ronda hídrica de acuerdo a Muñoz y Quimbayo (2004) la Vegetación que se puede encontrar es:

Tabla 12. Especies en bosques galería riparios

Nombre Común	Especie	Familia
Sauce	Salixhumtoltiana	SALICAEAE
Lechero de cerca	Bacharis latifolia	EUPHORBIACEAE

Nombre Común	Especie	Familia
Aliso	<i>Alnusacuminata</i>	BETULACEAE
Eucalipto	<i>Eucaliptus globulus</i>	MYRTACEAE
Acacia japonesa	<i>Acacia melanoxylum</i>	MIMOSACEAE
Cerezo	<i>Prunus serótina</i>	ROSACEAE
Borrachero rojo	<i>Brugmansia sanguínea</i>	SOLANACEAE
Cajeto	<i>Xytarecilum subflavescens</i>	VERBENACEAE
Sauco	<i>Sambucus peruviana</i>	CAPRIFOLIACEAE

Fuente: (Muñoz y Quimbayo, 2004, p. 64)

La vegetación de los bosques de galería se encuentra altamente intervenida, presenta especies introducidas como pinos y eucaliptos especialmente en la ronda del río Bogotá (alcaldía de Chía, 2014).

Cercas vivas

Este tipo de cobertura se encontró dispuesta de manera lineal, cuya distribución la hace característica, pueden formar corredores y ser elementales como un elemento de conectividad relevante. Localizándose en toda la superficie del municipio especialmente en área central asociada la cobertura antrópica (aislamientos de casas, lotes y vías) principalmente en las veredas La balsa

y Cerca de piedra y el perímetro urbano. Tiene un área total de 309,35 ha y el 3,85 % de la cobertura del municipio dándole una relevancia importante a nivel de superficie

La composición florística de esta cobertura está constituida por especies nativas o introducidas siendo producto de la elección de las personas (ver especies más comunes en la tabla 13-14). El porte de las especies puede ser arbustivo o arbóreo y su ubicación está muy relacionada con áreas de actividad antrópica ya que se encuentra asociada a vías y límites prediales.

Pastos

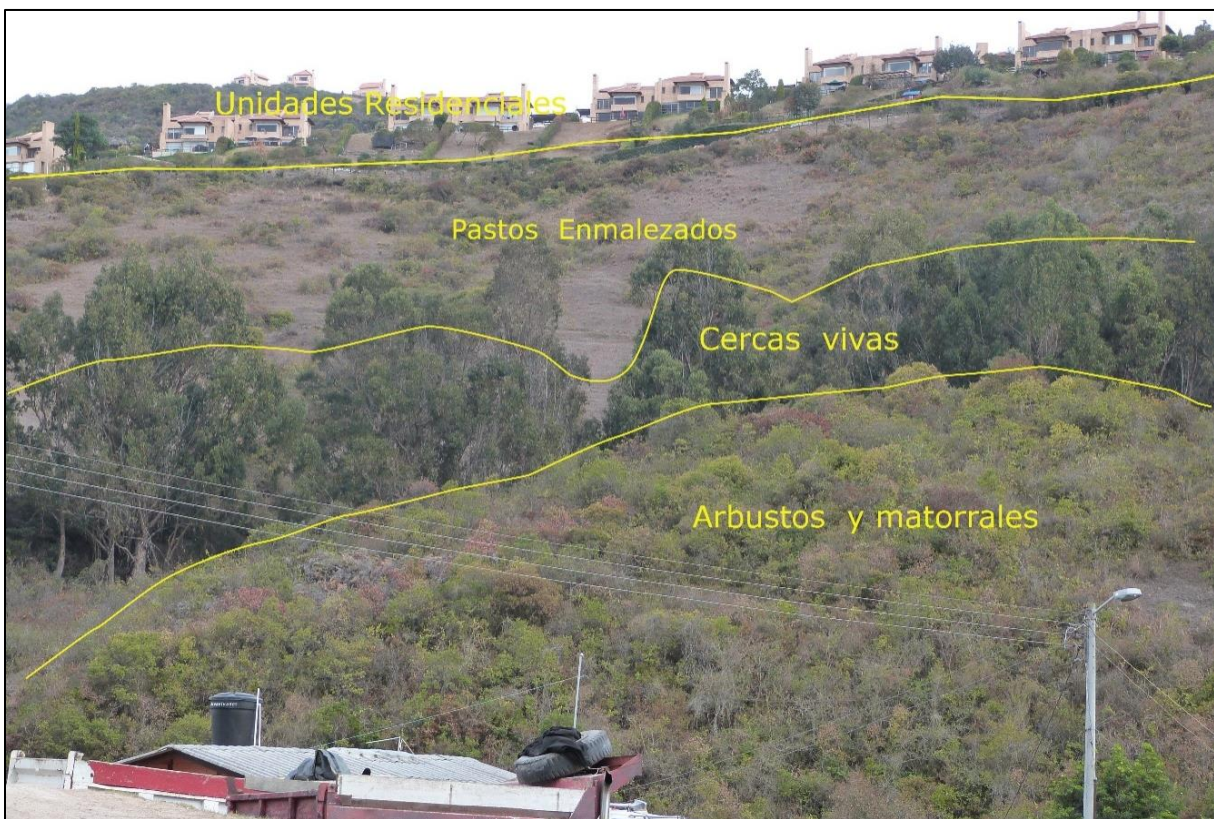
Esta unidad de cobertura tiene una gran importancia dentro de las coberturas del municipio por su presencia ya que ocupa el 40,9 % de la superficie municipal con 3289,4 ha respectivamente. Constituyéndose en la cobertura vegetal dominante en el municipio de Chía. Este tipo de cobertura está compuesta en su totalidad por especies de gramíneas que se desarrollan de acuerdo al sitio. Siendo la especie más dominante en esta cobertura el pasto kikuyo sp, presentándose eventualmente algunas unidades de *Braquiaria* sp.

A su vez dentro del área de estudio se identificaron tipos específicos de pastos ligados a intervenciones de carácter antrópico:

Pastos limpios: comprende toda cobertura de gramíneas que presento mantenimiento por medio de rocería o corte y limpieza del mismo tienen una mayor representatividad con 27,83 % correspondiente a 2237,03 ha

Pasto enmalezado: Se hallaron pastos sin ningún tipo de mantenimiento y en conjunto con otras especies de herbáceas, dándole una mayor densidad. Representan el 8,07 % de la superficie total correspondiente a 648,87 ha.

Figura XIII. Coberturas vegetales.



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Pastos arbolados: cobertura adaptada del sistema CORINE Land Cover (CLC) Colombia UNAL (2009), donde se encontraron gramíneas e individuos arbóreos en un porcentaje menor al 10 % o arboles relativamente aislados que no conforman un bosque y cuya cobertura predominante

es de gramíneas están representadas con el 4,3 % de la superficie municipal y 403,5 ha correspondientes.

Como subclase de pastos se clasifican las zonas verdes con árboles (pastos arbolados) con el 0,8% y zonas verdes sin arboles (pastos limpios) que ocupan el 2,1 % de la superficie, como unidades presentes dentro de las zonas de infraestructura, aunque estas se cuantifican dentro de las unidades de pastos.

Figura XIV. Coberturas vegetales cerros occidentales.



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Cultivos

Incluye todas aquellas especies con carácter productivo de carácter semestral o anual que han sido instaladas o dispuestas en el territorio, se presentó una disposición o patrón característico. En el municipio ocupan 542,51 ha y el 6,75 % de la superficie del municipio estando muy por debajo de la infraestructura urbana y vial.

Humedales

La presencia de este tipo de cobertura en el municipio es de 30,93 ha con el 0,38 % de ocupación del territorio teniendo muy poca representatividad, se localizó principalmente en las áreas contiguas de la ronda hídrica del río Bogotá.

Cuerpos hídricos

Este tipo de cobertura abarca los diferentes tipos que fueron discriminadas en las siguientes categorías:

Lagos y lagunas: comprende todos aquellos cuerpos hídricos estáticos identificados con una extensión de 0.5 ha hasta más 10 ha, localizados generalmente en la parte central del municipio con un 0,83% de la superficie del territorio equivalentes 67,12 ha

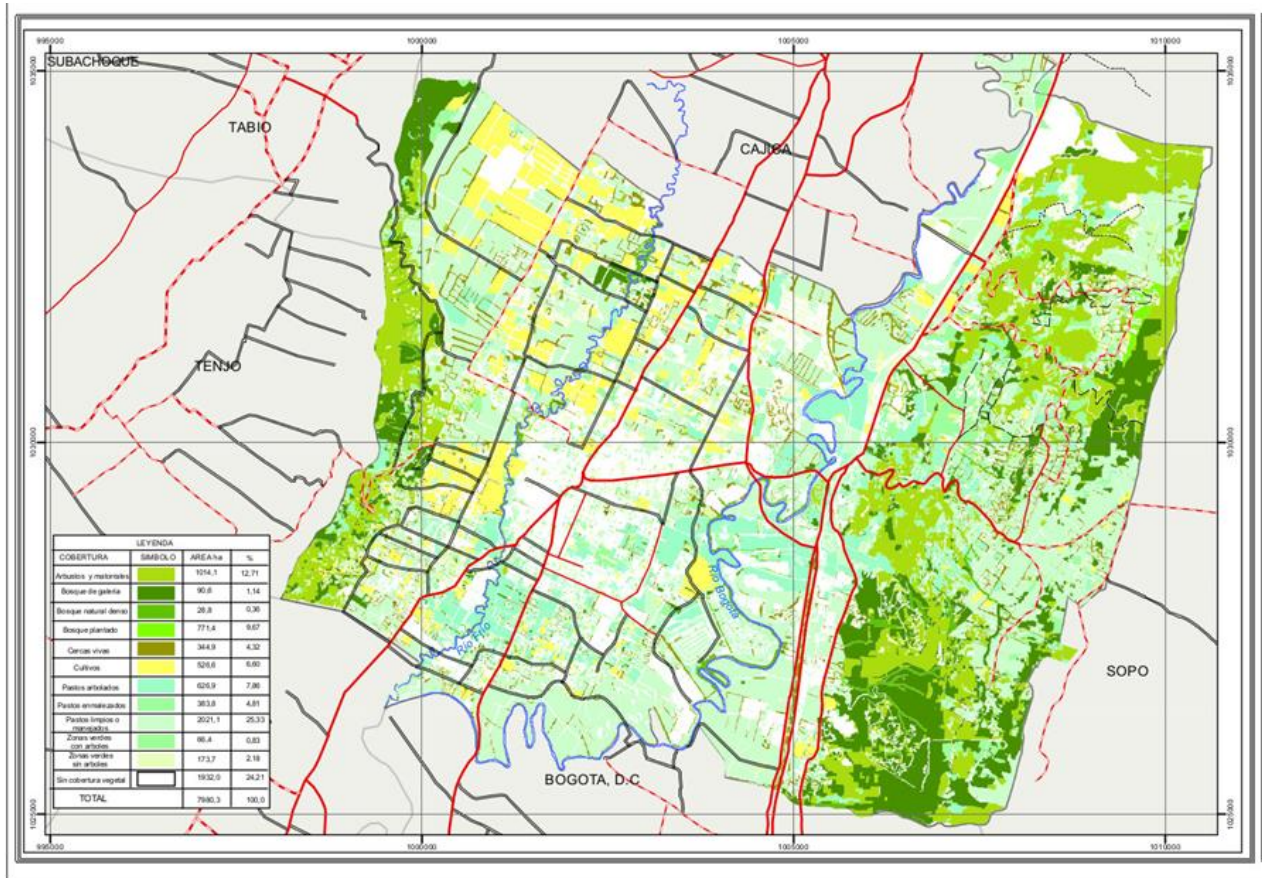
Ríos: son los cuerpos hídricos más representativos principalmente el río Bogotá, y el río frío con una superficie de 68,75 ha el 0,85% de cobertura del territorio.

Quebradas: comprende todas las corrientes hídricas de menor caudal y de carácter intermitente que son tributarios de ríos. Dentro del ejercicio de interpretación se encontraron en las laderas de los cerros orientales y occidentales de Chía.

Cuerpos hídricos artificiales: identificados como todos aquellos estanques o lagos artificiales producto de un desarrollo paisajístico o productivo antrópico ubicados especialmente en la región central del municipio. (se encuentran incluidos con lagos y lagunas)

Canales: infraestructura implementada para dar curso o modificar el mismo a una quebrada o río. Teniendo este un patrón lineal característico. (Hacen parte de la infraestructura antrópica).

Figura XV. Coberturas vegetales. 2012



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

4.1.2. Cobertura urbana

Esta comprende toda aquella cobertura de origen antrópico y que es principal elemento de cambio del paisaje natural. Esta es altamente representativa ocupa el 19,8 % del territorio con 1593,20 ha. Este tipo de cobertura se subdivide en otros tipos de cobertura:

Cobertura residencial: hace referencia a todo tipo de infraestructura relaciono, con vivienda, siendo este su único propósito, no se discrimino entre propiedad horizontal y vivienda tradicional. Esta cobertura se encontró concentrada en la zona central del municipio principalmente y ocupa

533,26 ha lo que represento el 6,63 % marcando una tendencia hacia este tipo de ocupación territorial.

Infraestructura productiva: se compone por todas aquellas estructuras cuyo propósito es generar algún tipo de beneficio, comprende comercio, industria, agroindustria (invernaderos), institucional (colegios, clubes, universidades, hospitales entre otros), zonas extracción minera este tipo de cobertura no se discrimina en muchos casos ya que no se puede establecer su naturaleza por observación.

Siguiendo en la ocupación del territorio municipal tiene el 1059,9 ha de la superficie con el 13,1 % ha, es muy significativa y es su relevancia junto con la cobertura residencial.

Infraestructura vial: compuesta por la red vial del área esta comprende a su vez varias categorías:

Vías de primer orden

Vías de segundo orden

Carreteras o caminos vecinales

Vía férrea

Estas coberturas asociadas ocupan el 7,8 ha% de la superficie del municipio, teniendo una relación directa con las coberturas anteriores 629,63 ha. Esta cobertura se identificó como una red de comunicación y en términos de extensión y cobertura se expresa para este estudio como una sola categoría que agrupa estos diversos tipos de vías.

Escombreras y Vertederos: este tipo de cobertura identificada denota superficie con presencia de elementos provenientes de actividades antrópicas con patrones de aglomeración en la superficie, o de vertimientos en el caso de los residuos líquidos. La superficie correspondiente a esta unidad de cobertura es del 0,37% con 30,3 ha correspondientes, están se encuentro dispersas en la superficie municipal asociadas generalmente a unidades residenciales de algunos sectores.

Afloramiento rocoso: presento áreas de infraestructura y de superficie erial donde se realizan actividades de extracción a cielo abierto. En el municipio esta cobertura ocupa el 0,38% con 30,93 ha. Este tipo de minería es de cielo abierto y está relacionada con material de construcción.

Sin identificar: relaciona todas aquellas coberturas que por sus características particulares no fue posible asignarle algún tipo de clasificación o unidad establecida sin embargo su existencia no puede obviarse, en la fotointerpretación tienen un valor de 57,98 hay un porcentaje del 0,71 % de la cobertura total del municipio.

Como parte fundamental en el desarrollo del análisis de la ecología del paisaje una vez identificadas las coberturas, fue interpretarlas a través de las métricas y patrones descritos a continuación:

4.4. Estructura del paisaje a partir de las métricas

Aplicando la metodología del análisis de la cobertura por medio de la ecología del paisaje se obtuvieron los patrones y estructura del paisaje. El paisaje del municipio de Chía está compuesto por 26 tipos de coberturas de las cuales 11 corresponden a coberturas de tipo vegetal. Estas coberturas se agruparon en 16024 fragmentos y ocupan un total de 6067,45 ha que corresponden

al 75, 58 % del área del municipio. Estableciendo unas categorías denominadas clases que corresponden a las coberturas vegetales identificadas en el área del municipio.

4.2.1. Identificación de clases

Se identificaron algunas coberturas dominantes tales como los pastos, arbustos y matorrales y bosque plantado. Para el análisis de la cobertura se tomaron once categorías como las más representativas. Para el análisis de la estructura del paisaje se tomaron en cuenta varios tipos de índices que van de área y densidad hasta proximidad, contagio y mezcla. Estos se calcularon para el total de las clases presentes en la superficie del municipio, a partir de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Índice de Área y densidad

A continuación, se presentan los siguientes índices que expresaron los parches en términos de área y densidad.

Tabla 13. Índices área y densidad

COBERTURA	NP	PD	LPI	AREA_MN	AREA_AM	AREA_SD	AREA_CV
Cercas vivas	2310	41,7897	0,1753	0,1496	1,3668	0,4267	285,2726
Pastos limpios o manejados	2994	54,1638	3,591	0,6759	38,6788	5,0683	749,8156
Pastos enmalezados	1647	29,7955	0,5594	0,3806	7,5779	1,6552	434,8322
Bosque plantado	781	14,1289	2,9085	0,9899	55,185	7,3244	739,9298

COBERTURA	NP	PD	LPI	AREA_MN	AREA_AM	AREA_SD	AREA_CV
Pastos arbolados	4168	75,4023	0,4761	0,0921	2,9862	0,5162	560,6633
Arbustos y matorrales	1249	22,5954	3,0975	0,8127	78,6173	7,9518	978,4487
Zonas verdes sin arboles	1091	19,737	0,1035	0,1592	0,9198	0,348	218,5616
Bosque natural fragmentado	235	4,2513	0,1936	0,1228	4,2734	0,714	581,3558
Zonas verdes con arboles	517	9,3529	0,0843	0,1284	0,7167	0,2748	214,0923
Bosque de galería	221	3,9981	0,1793	0,4101	3,7514	1,1706	285,4251
Cultivos	814	154,407	8,0181	0,6476	9,6667	2,4168	373,1766

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

El patrón del paisaje se compuso de once clases de parches que se encontraron en la superficie del territorio, estas clases se manifestaron de acuerdo a su comportamiento espacial y condiciones bióticas así como la intervención humana. El territorio de Chía posee una zona central de planicie y en sus flancos occidental y oriental esta circundada por cerros, las coberturas se agruparon de distinta forma dándole un patrón específico al paisaje del territorio.

El bosque natural fragmentado tuvo un total de 235 parches distribuidos en la superficie municipal especialmente en los flancos oriental y occidental, concentrándose especialmente en este último; teniendo un promedio de 0,112 ha con una variabilidad del 581,35% mostrando un tamaño relativamente limitado para el número de parches presentes, casi en su totalidad son inferiores a 1 hectárea y tan solo 3 parches tuvieron un área de 3 hectáreas. En cuanto al bosque plantado

presento un comportamiento diferente está representado por 781 fragmentos de 0.98 ha promedio de tamaño su frecuencia y superficie es mayor que la cobertura forestal anterior. La variabilidad es alta con un 739,92% representado en un área mayor distribuidos en las zonas oriental y occidental en su mayor parte, esta clase fue representada en más del 70% con fragmentos inferiores a 1 hectárea, le siguen fragmentos que van del 3 ha a 20 ha, de 30 a 100 hay un solo parche superior 120 hectáreas. Presento una tendencia a aglutinarse entorno a los parches más grandes.

El bosque de galería como ronda hídrica tuvo un comportamiento característico ya que está sujeto al comportamiento espacial de los cuerpos hídricos, tiene una distribución lineal presenta 221 fragmentos con área promedio de 0,41 ha. Este tipo de cobertura se encontró en áreas relativamente pequeñas y restringidas siendo su coeficiente de variabilidad de 285% que es relativamente bajo con respecto al resto de las coberturas. Se presentaron en fragmentos discontinuos a lo largo de los cauces especialmente en el río Bogotá y el río Frio, el comportamiento de estas fue más homogéneo en cursos hídricos como quebradas.

Las cercas vivas presentaron un comportamiento particular teniendo 2310 fragmentos con un área promedio de 0,149 hay una variabilidad relativamente baja con respecto a las demás coberturas con 285, 27 % debido a su comportamiento linear de distribución en fragmentos alargados y aglutinados. Es una de las coberturas con mayor homogeneidad espacial y se distribuyó casi en la totalidad del municipio. Aunque los bosques de galería con sus 221 fragmentos en menor número presento un tamaño promedio mayor de 0,410 hay aunque sigue un patrón de distribución linear siguiendo el curso hídrico presento una mayor agrupación de parches y una variabilidad baja del 285, 42%.

Los arbustos y matorrales representaron la cobertura con mayor variabilidad en el paisaje del municipio presentando 978,44% siendo este el mayor índice obtenido. Fue una de las coberturas más representativas en superficie municipal y se encontró distribuida en los sectores occidental y oriental respectivamente concentrándose en mayor número en este último. Se localizaron 1249 fragmentos con un tamaño promedio de 0.81 Ha, de estos 1200 tuvieron un área menor a 1 ha predominando, 22 fragmentos entre 1 y 3 ha, con un tamaño de 20 ha5 fragmentos, pero de manera representativa en superficie se localizan 4 fragmentos con un tamaño mayor a las 100 ha, conformando grandes núcleos a partir de los cuales se aglomeran los fragmentos más pequeños.

En cuanto a la cobertura de pastos, fue la cobertura predominante en la superficie del municipio se encontró ampliamente distribuida en el municipio, ubicándose en toda su superficie. Esta cobertura presento varias subclases. En primer lugar aparecieron los pastos limpios con la mayor superficie representada con 4085 fragmentos, con un área promedio de 0,675 ha dada su amplia distribución y tamaño de fragmentos que van desde menos de 1 hectárea que correspondieron al 91% y el 10% restante corresponde a parches de mayor tamaño se encontraron parches con tamaños representativos que van desde 10 ha hasta 95 ha de superficie y un gran parche mayor a 190 ha, esto junto con la distribución heterogénea mostro una variabilidad de 749% la segunda más alta en el paisaje.

Por otro lado, los pastos enmalezados representaron un área mucho menor evidenciada por 1647 parches que ocuparon el 8 % de la superficie, con un tamaño promedio de 0,38 ha distribuyéndose en el sector occidental y central donde la concentración de fragmentos fue mayor, predominando aquellos con un tamaño inferior a una hectárea, más del 90 % los fragmentos restantes oscilan

entre 8 y 40 ha presentaron una variabilidad media de 434,83% con respecto a las demás coberturas.

Los pastos arbolados fueron la subclase de cobertura más reducida ya que presentaron la menor superficie y el mayor número de fragmentos con 4681 con un área de 0,09 siendo este el menor tamaño, corresponde al 98% de la cobertura, presento una variabilidad de 560.66% caracterizada por fragmentos mínimos con una distribución heterogénea.

Los cultivos estuvieron representados por 894 parches con un promedio de 0,647 ha con una representatividad en superficie del 6,75% distribuyéndose en el sector occidental y central del municipio donde tuvieron la mayor representatividad. Compuesto en su mayor parte por cultivos transitorios y cultivos de flores de pequeña escala, esto implica que los fragmentos varíen de tamaño y se agruparon según este tienen una variabilidad 373,17%, que no fue muy alta con respecto a las demás coberturas.

Nota: las coberturas denominadas zonas verdes sin árboles y zonas verdes con árboles correspondieron al tipo de cobertura pastos limpios y pastos arbolados respectivamente, se discriminaron así por su ubicación en el área urbana. En la mayoría de los casos su comportamiento fue asociado al de los pastos salvo en algunas ocasiones donde se hizo referencia a algún comportamiento específico.

Índice de Forma

De acuerdo con lo propuesto por McGarigal (2002), el cálculo de la forma de los parches se realizó a partir de cuatro métricas con sus índices de forma como SHAPE, dimensión fractal FRAC, círculo circunscrito CIRCLE y contigüidad CONTIG.

Tabla 14 Índice de shape

COBERTURA	SHAPE_MN	SHAPE_MD	SHAPE_SD	SHAPE_CV
Cercas vivas	1,5508	1,25	0,8419	54,2869
Pastos limpios o manejados	1,347	1	0,6532	48,492
Pastos enmalezados	1,3096	1,1429	0,5156	39,3722
Bosque plantado	1,3792	1,2	0,6347	46,0185
Pastos arbolados	1,1985	1	0,3756	31,3401
Arbustos y matorrales	1,3307	1,0714	0,7098	53,3379
Zonas verdes sin arboles	1,3146	1,1667	0,5174	39,5301
Bosque natural fragmentado	1,251	1	0,4945	39,5301
Zonas verdes con arboles	1,2974	1,1667	0,416	32,0634
Bosque de galería	1,7226	1,3333	1,0175	59,0703
Cultivos	1,3144	1,2	0,4627	35,19

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

La cobertura forestal presentó la mayor tendencia a la irregularidad, son especialmente los bosques de galería y las cercas vivas por sus patrones de distribución siguiéndoles el bosque fragmentado y el bosque plantado que presenta patrones más cuadrados. Le siguieron los arbustos y matorrales que presentaron un tamaño de parche con grandes diferencias siendo el mayor de 171,8 ha que marco una gran diferencia en la distribución. Los pastos arbolados se encontraron con un

tamaño más homogéneo y una forma que tiende a cuadrada lo que refleja la menor variabilidad. Los cultivos presentaron una conformación de polígonos regulares que tienden al cuadrado y su tamaño conserva cierta homogeneidad que manifestó uno de los índices más bajos de variabilidad.

Índice Dimensión fractal (FRAC)

Tabla 15. Índice dimensión fractal

COBERTURA	FRAC_MN	FRAC_SD	FRAC_CV
Cercas vivas	1,1085	0,0962	8,6819
Pastos limpios o manejados	1,0715	0,0719	6,7088
Pastos enmalezados	1,069	0,0673	6,2964
Bosque plantado	1,0755	0,066	6,1331
Pastos arbolados	1,0564	0,0676	6,4014
Arbustos y matorrales	1,0711	0,0706	6,5884
Zonas verdes sin arboles	1,0751	0,0692	6,4386
Bosque natural fragmentado	1,0613	0,0729	6,8719
Zonas verdes con arboles	1,0757	0,0684	6,3629
Bosque de galería	1,1204	0,1002	8,942
Cultivos	1,0706	0,0562	5,2512

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

De acuerdo a los valores de forma del fractal de las coberturas, las tendencias que desarrollaron formas de mayor complejidad son los bosques de galería y las cercas vivas, que mostraron los valores más altos. Las demás coberturas como pastos y cobertura forestal evidenciaron comportamientos muy similares a desarrollar formas con menor complejidad y la cobertura que expresaron formas más simples son los cultivos.

Índice de Círculo Circunscrito Relacionado

Tabla 16. Índice de Círculo Circunscrito Relacionado

COBERTURA	CIRCLE_MN	CIRCLE_SD	CIRCLE_CV
Cercas vivas	0,5485	0,3191	58,1757
Pastos limpios o manejados	0,445	0,2839	63,7862
Pastos enmalezados	0,4612	0,2779	60,2573
Bosque plantado	0,5152	0,2459	47,7387
Pastos arbolados	0,395	0,2979	75,4264
Arbustos y matorrales	0,4877	0,2711	55,5847
Zonas verdes sin arboles	0,4768	0,264	55,3717
Bosque natural fragmentado	0,4081	0,3303	80,9354
Zonas verdes con arboles	0,4833	0,2581	53,3998
Bosque de galería	0,5938	0,3196	53,8258
Cultivos	0,4987	0,2085	41,8152

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Teniendo en cuenta la métrica para las 11 categorías, fue evidente que los valores más altos para las coberturas que tendieron más a una forma redondeada correspondieron al bosque natural fragmentado con el valor más alto, siguiéndole los pastos arbolados, el resto de las categorías presentaron valores muy similares mostrando una tendencia a formas más ovaladas, relacionado con sus valores más bajos, mientras que los cultivos presentaron el valor mínimo debido a la

tendencia de comportamiento con formas poligonales, esto evidencia la relación y tendencia de algunas categorías a desarrollar formas ovaladas y circulares.

Índice de Contigüidad

Tabla 17. Índice de contigüidad.

COBERTURA	CONTIG_MN	CONTIG_SD	CONTIG_CV
Cercas vivas	0,2616	0,2016	77,0641
Pastos limpios o manejados	0,3288	0,2849	86,6463
Pastos enmalezados	0,3463	0,2801	80,9038
Bosque plantado	0,4457	0,2781	62,3952
Pastos arbolados	0,2139	0,2126	99,3726
Arbustos y matorrales	0,3373	0,2551	75,6278
Zonas verdes sin arboles	0,3454	0,2507	72,5829
Bosque natural fragmentado	0,2086	0,2099	100,6498
Zonas verdes con arboles	0,3377	0,2394	70,878
Bosque de galería	0,3094	0,2455	79,3425
Cultivos	0,4796	0,2731	56,9291

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Este último índice se relacionó con las formas expresando el grado de integración y conectividad entre los parches que conformaron la clase, evaluó el grado de conexión intrínseca que conformo el parche. Con respecto a los resultados todas las coberturas presentaron un grado similar de integración, la cobertura de mayor conexión fue la de cultivos que presentaron una

mayor conexión dada la agregación de sus elementos, y con la menor conexión intrínseca y más variabilidad correspondió a los bosques fragmentados, los pastos arbolados y las cercas vivas.

Índices de aislamiento y proximidad

Tabla 18. Índice de proximidad

COBERTURA	ENM_MN	ENN_SD	ENN_CV
Cercas vivas	35,5757	34,5528	97,1246
Pastos limpios o manejados	31,0639	24,0504	77,4223
Pastos enmalezados	46,0727	59,0829	128,2383
Bosque plantado	57,496	88,3428	153,6505
Pastos arbolados	33,6166	42,7681	127,2232
Arbustos y matorrales	45,3298	60,2308	132,8725
Zonas verdes sin arboles	36,6923	36,2072	98,678
Bosque natural fragmentado	75,7812	479,5594	632,8209
Zonas verdes con arboles	50,0589	65,9179	131,6808
Bosque de galería	49,4677	105,7012	213,6783
Cultivos	617,991	805,595	1,303,572

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Está determinado por la distancia euclidiana al vecino más próximo (ENN) por tipo de paisaje.

Realizando una interpretación de detalle o grano más fino para este caso, es importante considerar que las distancias entre los pares de parches disminuyeron de manera notoria para todas las categorías. Los pastos se destacaron por tener los valores más bajos es decir menos distanciados a excepción de las zonas verdes sin árboles que presentaron un mayor distanciamiento. El resto de

las coberturas presentaron un distanciamiento medio, la que evidencio un distanciamiento y un aislamiento mayor fue el bosque fragmentado. El distanciamiento o aislamiento de una cobertura dependió de procesos ecológicos específicos o en este caso está ligado a las intervenciones del ser humano que en el paisaje han sido bastante marcadas.

Índice de Contagio y Mezcla

Tabla 19. Índice de contagio y mezcla.

COBERTURA	IJI	SPLIT
Cercas vivas	60,4492	64699,0648
Pastos limpios o manejados	72,6922	390,3498
Pastos enmalezados	80,5818	6431,5516
Bosque plantado	73,2762	716,2009
Pastos arbolados	75,6737	26663,163
Arbustos y matorrales	82,2166	382,8916
Zonas verdes sin arboles	79,9432	191233,833
Bosque natural fragmentado	72,8142	247749,927
Zonas verdes con arboles	82,9404	642470,325
Bosque de galería	77,9755	89861,0765
Cultivos	65,4022	54,5354

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

A través de estos índices la expresión del contagio y mezcla en el paisaje se evidenció un comportamiento de entremezcla bastante homogéneo en todas las coberturas, quizás las que presentaron un mayor distanciamiento y menor entremezcla con las demás coberturas fueron las

cercas vivas y los cultivos ligados a su naturaleza por la instalación y ubicación que tienen producto de una intervención antrópica. Las que presentaron un mayor contagio y una entremezcla mayor fueron las zonas verdes con árboles y los pastos enmalezados.

Con respecto a la separación se pudo observar que la cobertura menos fragmentada fueron los cultivos que se presentaron como unidades organizadas en núcleos y no tendieron a un fenómeno natural si no antrópico. La cobertura con menor fragmentación correspondió a los arbustos y matorrales con parches más grandes y menos fragmentados le siguieron los pastos limpios con la mayor extensión y los bosques plantados. Las coberturas con mayor número de fragmentos correspondieron al bosque de galería que a pesar de comportarse linealmente presento múltiples fragmentos, le siguió las cercas vivas con un comportamiento muy similar y los pastos enmalezados.

Como parte final de la descripción de las métricas se realizaron dos elementos fundamentales en la configuración del paisaje con respecto a las coberturas vegetales esta es la conectividad y el índice de aislamiento descritos a continuación:

Conectividad y Cohesión

Se calcularon los índices de proximidad media PROX MD, conectancia CONNECT y cohesión COHESION.

Tabla 20. Índice conectividad y cohesión, métricas de 1980.

MÉTRICAS 1980								
COBERTURA	PLAND	NP	PD	LPI	AREA_MD	PROX_MD	CONNECT	COHESIÓN
Pastos enmalezados	56,6927	1030	13,9666	22,8316	0,03	4553,6563	0,517	99,7015
Cercas vivas	4,5679	215	2,9154	1,328	0,13	11,6004	1,491	96,6158
Bosque plantado	1,0228	71	0,9627	0,265	0,08	3,4544	3,9437	95,3614
Zonas verdes con arboles	11,9668	1765	23,933	2,0155	0,02	7,8821	0,3676	98,0009
Pastos arbolados	11,3745	617	8,3664	1,3434	0,06	51,2	0,8646	97,4508
Arbustos y matorrales	5,6435	663	8,9901	0,2743	0,25	3,7341	0,365	93,5318
Zonas verdes sin arboles	3,239	118	1,6001	0,4134	0,81	7,2982	1,3617	95,7793
Pastos limpios o manejados	2,714	367	4,9764	0,7951	0,04	14,7598	2,6861	96,6745
Cultivos	0,1303	26	0,3526	0,0122	0,325	0	2,4615	85,1236
Bosque fragmentado	0,3618	96	1,3017	0,0331	0,16	2,171	2,8728	86,0355
Bosque de galería	1,516	27	0,3661	0,2528	1,79	10,5294	5,4131	96,2556

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Para el cálculo del PROX MD se utilizó un radio de 100 metros teniendo en cuenta que la escala manejada es muy detallada (1:4000), evidenciándose una tendencia a la reducción del año 1980 a 2102 de las coberturas como los bosques que presentaron decrecimiento que oscilan entre 6,64 y 0,67, siendo los bosques de galería los de mayor reducción y el bosque plantado el de menor porcentaje. En lo referente a las cercas vivas, tuvieron una reducción del 9,30 de 1980 a 2012,

mostrando la misma tendencia, aunque en mayor escala aparecieron los pastos enmalezados y los pastos limpios reducciones de 4549,75 y 49,23 respectivamente.

Tabla 21. Índice conectividad y cohesión, métricas de 2012.

MÉTRICAS 2012								
COBERTURA	PLAND	NP	PD	LPI	AREA_MD	PROX_MD	CONNECT	COHESIÓN
Cercas vivas	6,2507	2310	41,7897	0,1753	0,04	2,2989	0,2046	87,3121
Pastos limpios o manejados	36,6114	2994	54,1638	3,591	0,04	9,6109	0,2062	97,0202
Pastos enmalezados	11,3416	1647	29,7955	0,5594	0,05	3,9028	0,2737	93,3322
Bosque plantado	13,9858	781	14,1289	2,9085	0,08	2,7788	0,3845	97,394
Pastos arbolados	6,9423	4168	75,4023	0,4761	0,02	1,9631	0,1923	82,503
Arbustos y matorrales	18,3632	1249	22,5954	3,0975	0,04	4,79	0,3209	98,1586
Zonas verdes sin arboles	3,1425	1091	19,737	0,1085	0,05	2,8462	0,4485	85,3122
Bosque natural denso	0,5221	235	4,2513	0,1936	0,02	0,8529	1,6985	89,1159
Zonas verdes con arboles	1,2005	517	9,3529	0,0843	0,05	1,2986	0,7407	80,6217
Bosque de galería	1,6397	221	3,9981	0,1793	0,06	3,8824	1,7359	92,9255

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Con respecto a los arbustos y matorrales tuvieron una variación de 1,05 siendo la más baja de todas mostrando una tendencia a disminuir. En cuanto al índice de conectividad CONNECT todas las coberturas presentaron índice extremadamente bajo teniendo en cuenta que van del 0 al 100 (McGarigal, 2002). Todos los índices CONNECT se redujeron tendencialmente especialmente el bosque de galería con una reducción de 3,67 seguido del bosque plantado y bosque fragmentado

con 3,95 y 2,95. Los pastos limpios y manejados tienen una diferencia de 2,47, los arbustos y matorrales conservaron la misma tendencia con una diferencia mínima de 0,04.

En la cohesión (COHESION) se presentó un comportamiento diverso que osciló aumentando desde 4,62 hasta y disminuyendo a 17,37, siendo los de mayor cohesión los arbustos y matorrales con 4,62 y las de valores disminuidos las zonas verdes con árboles, seguidas de pastos arbolados. En cuanto a los bosques, el bosque natural fragmentado tuvo una disminución de 6,29, seguido del bosque de galería con una disminución de 3,3, en oposición el bosque plantado presentó con un índice de 2,03 de incremento.

Las cercas vivas disminuyeron su cohesión en 9,03 muy cercanas a la disminución que tuvieron las zonas verdes sin árboles con un índice de 10,46, seguidos de los pastos enmalezados con una disminución de 6,36.

Sobre lo anterior, es importante señalar que las métricas obtenidas no constituyen un concepto radical y absolutamente certero, puesto que las imágenes empleadas para la interpretación y posterior información en la elaboración de la métrica presentan una diferencia de escalas que pueden permitir varias interpretaciones según la distancia del radio de manejo.

4.2.2. Configuración a nivel de clase.

Con el desarrollo de las métricas se identificó el paisaje del año 2012 como el más diverso y con el mayor número de elementos presentes en la configuración del paisaje con 11 clases, de las cuales 4 pertenecieron a cobertura de bosques y representaron el 15,29 % de la cobertura. Se identificó una clase de pastos con 5 subclases que ocupan el 40,47% siendo la clase más dominante del

paisaje. La clase de arbustos y matorrales represento el 12,8% de la superficie. Del total de clases generadas por la escala (26), 11 correspondieron a coberturas vegetales a partir de la cuales se analizó el paisaje. Los fragmentos más grandes presentes en el paisaje manifestaron 4 clases representativas que fueron: pastos limpios con grandes parches que superan los 100 ha, sin embargo la mayor parte de la cobertura está representada en parches de tamaño inferior a 1 ha. Los arbustos y matorrales presentaron una distribución heterogénea en el tamaño de sus parches que tuvieron una gran irregularidad y complejidad media, la cobertura de tipo forestal presento una gran fragmentación asociada a una complejidad alta, así como su irregularidad.

Se encontraron con un grado medio de entremezclado y una fuerte conexión intrínseca que permitió establecer comportamientos específicos en la conformación de redes y conectividad en los parches de bosque que se encontraron contiguos especialmente en los bosques de galería y en las cercas vivas.

4.3. Discusión y resultados de patrones (métricas)

En la realización de este trabajo se destacó el nivel de escala de la investigación enmarcándola en un nivel muy detallado de acuerdo Matteucci (1998) donde la generación de un alto nivel de detalle fue directamente proporcional al grano de la investigación en el momento de haber realizado las métricas del paisaje. Esto implico contar con imágenes de alta resolución (fotografías escala a escala 1:2000 interpretadas a 1:4000 por el grano de la investigación), soportándola con un proceso de georreferenciación correspondiente al detalle del estudio. Estudios previos como el de Gutiérrez (2006), y la cartografía generada por el municipio, presentó estudios con limitantes con el nivel detalle y clasificación aplicados a la ecología del paisaje.

Esto supuso un estudio que presentó datos que al confrontarlos con los estudios existentes no permitió realizar una comparación equivalente ya que de acuerdo a Gutiérrez (2006) se empleó un nivel de detalle de 1:15000 no georreferenciado,

La métrica del paisaje del municipio de Chía presento un total de 11 clases de cobertura vegetal presentes en la superficie.

Las métricas del paisaje expresaron el patrón y la configuración del territorio a través del comportamiento espacial de las coberturas McGarigal (2002), expresados en parche, clase y paisaje Forman y Godron (1985) y analizados a partir de los índices tales como forma, área, forma, fragmentación, contraste y conectividad entre las más importantes para interpretación la métrica a nivel de clase tal como lo plantea et al MacGarigal (2002).

Los arbustos o matorrales, presentaron la mayor variabilidad en el paisaje, con distribución amplia, pero con una fragmentación importante, otra de las coberturas que se destacó por su comportamiento es la de bosque de galería, ya que su comportamiento espacial estuvo asociado a cuerpos hídricos como los ríos. Identificándose una variabilidad de 285 % que es relativamente baja con respecto a las demás coberturas., presentándose en forma de fragmentos discontinuos a lo largo de los causes del rio Bogotá y el rio Frio.

Un comportamiento que vale la pena destacar fue el de las cercas vivas, que se presentó con una geometría lineal con tendencia alargarse y aproximarse a los demás parches, comportándose en estructura y complejidad como los bosques de galería, pero mostrando menor conexión intrínseca asociada mayor tendencia a fragmentarse.

La cobertura más dominante espacialmente correspondió a los pastos, teniendo en cuenta todas las subclases en que estas se dividen, presentando el menor grado de complejidad estructural, junto con el mayor distanciamiento con respecto a las demás clases de cobertura, esto generó la mayor fragmentación y retroceso y decrecimiento espacial. Relacionada con las clases de cobertura presentes en el municipio, posibilitó un proceso de reforestación, revegetalización o procesos sucesionales asociados arbustos y matorrales, tal como lo expone López (2014)

En esta investigación se evidenció la existencia de relictos de bosque fragmentado localizados en los sectores de los cerros orientales, cuyo comportamiento mostró una fragmentación y una conexión intrínseca, con tendencia a aumentar su complejidad incrementando el tamaño de fragmentos y pasando la clase de pastos a bosque.

Bosques plantados desempeñaron también una función de estructura ecológica a pesar del origen de su naturaleza Forman (1985), esta clase que mostró en su métrica un comportamiento que tendió a la complejidad en su estructura, así como una mayor conexión intrínseca, tendiendo a formar grandes parches relacionándolos con índices de adyacencia y contagio.

La conectividad se presentó en el territorio de Chía de manera sectorizada es decir cada una de las áreas del municipio expresó una conectividad con algún grado de particularidad dependiendo del comportamiento de la cobertura y del grado de representatividad y su conectancia Matteucci (1998), esto manifestó una conectividad relativamente baja en la parte central del municipio donde los altos valores de cohesión y extensión de las unidades de pastos mostraron espacios importantes entre fragmento de bosque plantado y unidades de arbustos y matorrales que se hayan dispersos hacia el sector suroriental y occidental de Chía.

En esta zona la conectividad tendió a disminuir por la fragmentación de las rondas hídricas que a pesar de su cohesión se fue fragmentado aun cuando algunos de sus parches incrementaron su área. De igual manera las cercas vivas evidenciaron una mayor fragmentación y distanciamiento en la región central de Chía siendo su característica más importante en cambiar de distribución espacial más que en su unidad de área o índice de ocupación. La conectividad en el área de los cerros presentó unas condiciones diferentes pues esta se encontró muy asociada a la cobertura de bosques plantados y arbustos y matorrales que son las coberturas con mayor predominancia, exceptuando los pastos que contrastaron con estas dos coberturas conformando parches con un grado de fragmentación importante. A pesar de que los pastos tendieron a reducirse los parches de estos fueron bastante significativos en área, generando fragmentación con respecto a los arbustos y matorrales que se encontraron a su vez contiguos a las unidades de bosque plantado principalmente.

El incremento de los parches de bosque como el de arbustos proporcionó una mayor posibilidad de generar conectividad, por repoblación de acuerdo a lo expuesto por López et al (2014), manifestando la generación de conectividad y la posibilidad de formar corredores en la zona de los cerros orientales, de igual manera los cerros occidentales presentaron grandes parches de bosque plantado y arbustos que tendieron a proporcionar mayor conectividad especialmente en el sector noroccidental.

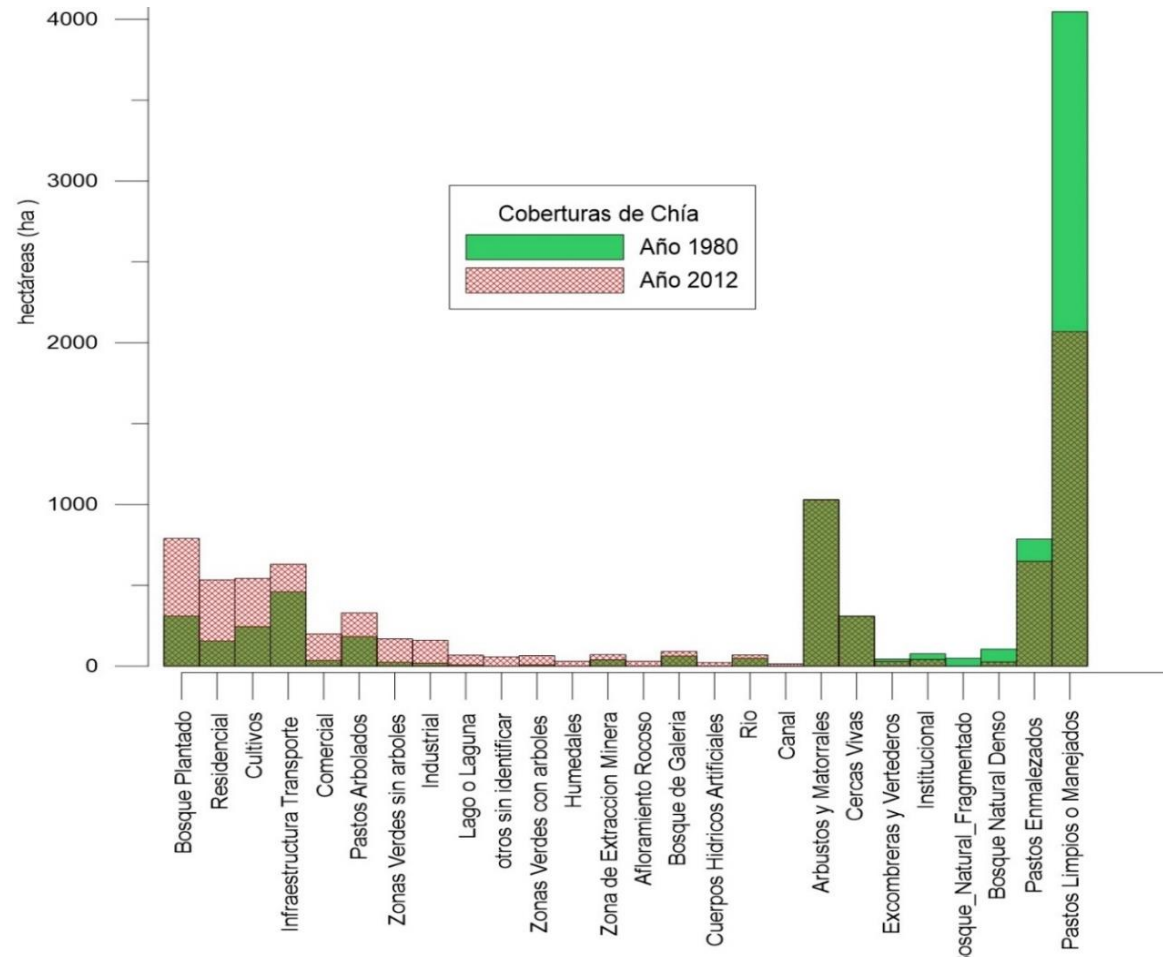
Aunque Chía presentó una fragmentación evidente en sus unidades de coberturas como bosque plantado y nativo en los relictos existentes, tendió al incremento en este tipo de coberturas muy asociados a las unidades de arbustos y matorrales en las áreas de los cerros occidentales y orientales principalmente. En cuanto a la región central su conectividad se sustentó en torno a los bosques de

galería y los fragmentos de bosque y arbustos que se interconectaron en muchos casos por las cercas vivas localizadas en la proximidad hacia estos.

4.4. Perfil histórico de ocupación

El comportamiento de las coberturas en el tiempo es resultado del proceso de fotointerpretación de las fotografías aéreas de los años 1980 y 2012, dando como resultado un periodo de cambio y transformación de algunos elementos en un espacio temporal de 32 años. Aunque el proceso de fotointerpretación fue detallado es pertinente tener en cuenta que las fotografías de 1980 no tienen la misma resolución que las de 2012 y los resultados obtenidos pueden presentar imprecisiones que están sujetas a la calidad de las aerofotografías.

Figura XVI. Cambio de coberturas vegetales de 1980 a 2012



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

El comportamiento histórico de las coberturas es el siguiente.

Tabla 22. Comportamiento de histórico de las coberturas de Chía

COBERTURA	AÑO 2012 (ha)	AÑO 1980 (ha)
Bosque plantado	789,227	310,787
Residencial	533,265	155,888
Cultivos	542,518	245,042
Infraestructura transporte	629,630	460,221
Comercial	199,180	36,403
Pastos arbolados	329,260	183,031
Zonas verdes sin arboles	169,075	24,803
Industrial	160,280	19,081
Lago o laguna	67,120	8,803
Otros sin identificar	57,857	0,000
Zonas verdes con arboles	64,243	9,441
Humedales	30,930	0,000
Zona de extracción de minera	70,853	40,148
Afloramiento rocoso	30,512	0,000
Bosque de galería	90,882	62,306
Cuerpos hídricos artificiales	21,565	0,000
Rio	68,787	49,092
Canal	15,118	1,693
Arbustos y matorrales	1030,210	1028,062
Cercas vivas	309,353	309,417
Escombreras y vertederos	30,355	43,456
Institucional	42,020	76,625

COBERTURA	AÑO 2012 (ha)	AÑO 1980 (ha)
Bosque natural fragmentado	25,823	59,422
Pastos enmalezados	648,870	785,291
Pastos limpios o manejados	2068,032	4046,580

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Los valores que aparecen en ceros correspondieron a coberturas que no fue posible fotointerpretar por la resolución espacial de la aerofotografía.

Las coberturas del municipio de Chía presentaron cambios significativos de acuerdo con los datos obtenidos de la interpretación; espacialmente se observó que los bosques han tenido un cambio importante en el periodo de estudio, puesto que su distribución y superficie ha cambiado sustancialmente incrementando su área en 427.648 ha en el año 2012. Este incremento se observó en la parte norte del sector occidental colindando con el municipio de Tabio donde los pastos y arbustos pasan a bosque plantado consolidando grandes parches. En la parte centro occidental se incrementaron los arbustos y matorrales disminuyendo la cobertura de pastos limpios, en esta misma área se redujo la cobertura de bosque plantado pasando a pastos enmalezados. En la parte sur occidental se incrementaron los arbustos y matorrales sobre pastos limpios y arbolados conformando un grupo de fragmentos que tendieron a la proximidad.

En el área central del municipio se observó un incremento muy significativo de las coberturas de tipo antrópico cuyas categorías son: residencial, comercial, industrial e institucional. Estando sectorizadas alrededor de la infraestructura de transporte, es pertinente aclarar que el incremento

de la cobertura antrópica se dio por la generación de nuevos parches y en la redensificación de la cobertura existente.

En esta área la cobertura predominante correspondió a los pastos que son los que en mayor medida cambiando de superficie durante el periodo observado con respecto a la cobertura antrópica. En esta zona la presencia de cobertura forestal fue mínima siendo las más representativas las correspondientes a las rondas hídricas del río Bogotá y el Río frío. En lo concerniente a los bosques de galería en el río Frío se determinó un comportamiento de reducción en el ancho de la franja, pero al mismo tiempo un incremento en la longitud de la cobertura.

Los bosques de galería del río Bogotá mostraron un comportamiento de incremento en su unidad de superficie, aunque este fue realmente mínimo.

En cuanto a la cobertura que presentó la mayor dinámica de cambio espacial con respecto a su ubicación fueron a las cercas vivas, puesto que su ubicación cambio notoriamente pero su área no sufrió mayores alteraciones, estos cambios se encontraron asociados al comportamiento de las construcciones con las que se han relacionado a lo largo del tiempo.

En la zona oriental del municipio ubicada en las inmediaciones de los cerros orientales en su parte norte, se evidenció que el cambio de coberturas se dio a partir de los pastos enmalezados que son sustituidos por arbustos y matorrales, de manera simultánea aparecieron pequeños núcleos de infraestructura residencial asociada a vías, alternativamente aparecieron las cercas vivas como cobertura asociada a la infraestructura residencial y vial.

Como una característica relevante surgieron parches pequeños de bosque plantado que se formaron de manera esporádica a la aparición de la cobertura antrópica.

En la parte media de la zona occidental se destacó la aparición de cercas vivas en gran medida, junto con la aparición de parches de bosque plantado, así como la aparición e incremento de los arbustos y matorrales. Evidenciándose, de manera aislada unidades de infraestructura residencial.

Ahora, respecto a la zona sur oriental el comportamiento más destacado fue el cambio de cobertura de arbustos y matorrales a unidades de bosque, que aparecieron en el último periodo de tiempo en forma de grandes fragmentos; este fenómeno se debió probablemente a que en el periodo de tiempo en el que se realizó la observación pudo asociarse a un bosque en estado de crecimiento o en una etapa de porte inferior en su estructura que se pudo identificar como una unidad de cobertura de arbustos y matorrales.

El comportamiento de las coberturas en el periodo de tiempo de 1980 a 2012 evidenció una marcada tendencia a la ocupación del territorio con cobertura de tipo antrópico, especialmente aquella destinada al sector residencial, con la aparición de núcleos de unidades residenciales en esta área, siendo esta una de las coberturas con mayores incrementos de 377,37 ha aproximadamente. De manera simultánea se identificó un incremento de los arbustos y matorrales que forman fragmentos muy próximos y la conformación de grandes parches en el tiempo. También se determinó un retroceso en superficie en la cobertura correspondiente a pastos limpios y enmalezados.

4.4.1. Análisis comparativo de la composición del paisaje (1980, 2012).

Tabla 23. Métricas comparativas composición de paisaje.

ÍNDICES	AÑO 1980	AÑO 2012
TA	7374,74	6054,93
NP	5032	16024
PD	68,2329	264,6439
LPI	22,8316	3,2783
TE	1171420	1262540
ED	158,8422	208,5144
PR	12	11
PRD	0,1627	0,1817
SHDI	1,5121	1,9538
SIDI	0,6439	0,8171
MSIDI	1,0325	1,6989
SHEI	0,6085	0,8148
SIEI	0,7024	0,8988
MSIEI	0,4155	0,7085

Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Realizando un análisis del paisaje del municipio de Chía en los periodos de tiempo de 1980 y 2012 se identificaron las características de las coberturas vegetales y su comparativo en el tiempo. La principal diferencia a nivel paisajístico fue la fragmentación, en el año 1980 existen 5032 fragmentos y para el 2012 la fragmentación del paisaje se incrementó a 16024 fragmentos.

Estos se distribuyeron en 12 clases para el año 1980 y 11 clases para el año 2012. Estas clases únicamente estuvieron relacionadas con las coberturas vegetales no se tuvieron en cuenta las de tipo antrópico ya que no están bajo una dinámica ecológica sino socioeconómica.

La diversidad presente en el año 2012 fue mayor a la de 1980 de acuerdo al índice de Shannon (SHDI) esto corrobora la fragmentación existente, siendo más diversa para el año 2012 donde hay una mayor cantidad de fragmentos relacionados con una escala de estudio mayor. La diversidad fue mayor de acuerdo al índice de Simpson (SIDI) para el paisaje del año 2012, mostrando un mayor número de fragmentos y una distribución más homogénea de estos en el paisaje. Esto le atribuyo a esta clase una mayor riqueza. El índice alternativo de SHDI mostró una distribución más equitativa, a partir del empleo de estos índices permitió establecer que el paisaje tuvo un nivel mayor composición y configuración en el año 2012.

4.4.2. Análisis del Perfil histórico

Durante el periodo de 32 años las coberturas de Chía han experimentado cambios que han transformado el panorama natural del municipio, con respecto a sus coberturas naturales. Esto asociado a los procesos de ocupación y uso del suelo que se han dado por la dinámica socioeconómica que ha modificado significativamente la conformación y ocupación de las poblaciones de la sabana de Bogotá en especial en el municipio de Chía. Los cambios identificados en este perfil histórico son evidentes aún más en algunas de las coberturas que reflejan parte de esta dinámica.

La Cobertura que presentó los mayores cambios en el transcurso del tiempo fue la antrópica, representada en mayor proporción por el área residencial siendo una de las que manifestó un mayor

incremento en su distribución y superficie. Es relevante destacar que el mayor incremento se dio en la zona central del municipio donde evidenció una redensificación de las áreas previamente edificadas dándose un auge en aquellos espacios disponibles para edificar dentro del tejido urbano. Las nuevas edificaciones tienden a ubicarse en el sector oriental en sus partes norte y sur.

Se observó de manera interesante que las cercas vivas, unas de las coberturas vegetales más representativas, tendieron a cambiar significativamente con respecto a su localización y distribución espacial. Este fenómeno estuvo asociado a la misma transformación de la infraestructura en especial la residencial puesto que esta hizo parte de las estrategias de aislamiento y ornato de las edificaciones. Presentando incrementos pequeños durante el periodo de tiempo estudiado, pero evidencio una tendencia a incrementar su conectividad a través de la unión de varios segmentos de cerca conformando en ciertos sectores redes y corredores.

La otra cobertura que presentó un cambio significativo en su distribución y superficie fue la de bosque plantado (ver tabla 24). Recordando que este tipo de cobertura incluyo no solo aquellas coberturas de bosque con fines de explotación, si no también aquellas que han sido plantadas con fines de protección y reforestación. Donde están incluidas especies introducidas y especies nativas de distinto porte, cabe recordar que estas repoblaciones fueron realizadas en muchos casos por particulares estando asociadas con fines de paisajismo, aislamiento o por la generación de un espacio arborizado significativo de carácter privado.

Aunque en muchos de estos casos este proceso se dio por condiciones particulares estas coberturas cumplen un papel ecológico derivado de sus propias funciones bióticas y ecosistémicas.

Los arbustos y matorrales presentaron cambios significativos en superficie y distribución mostrando un aumento en la cantidad de parches y su tamaño siendo estos también en parte desarrollos de repoblación natural o regeneración en la región occidental y oriental, y la plantación o repoblación facilitada en gran parte por el factor antrópico con fines de paisajismo. El bosque natural, aunque figura en gran parte de la cartografía como unidades continuas formando una matriz de bosques de gran área, se determinó a partir de la fotointerpretación y de visitas de campo que casi en la totalidad del área de bosque existente correspondió a desarrollos o intervenciones de tipo antrópico. Siendo los únicos relictos de bosque natural identificados los que se ubican aproximadamente en el área nororiental del municipio.

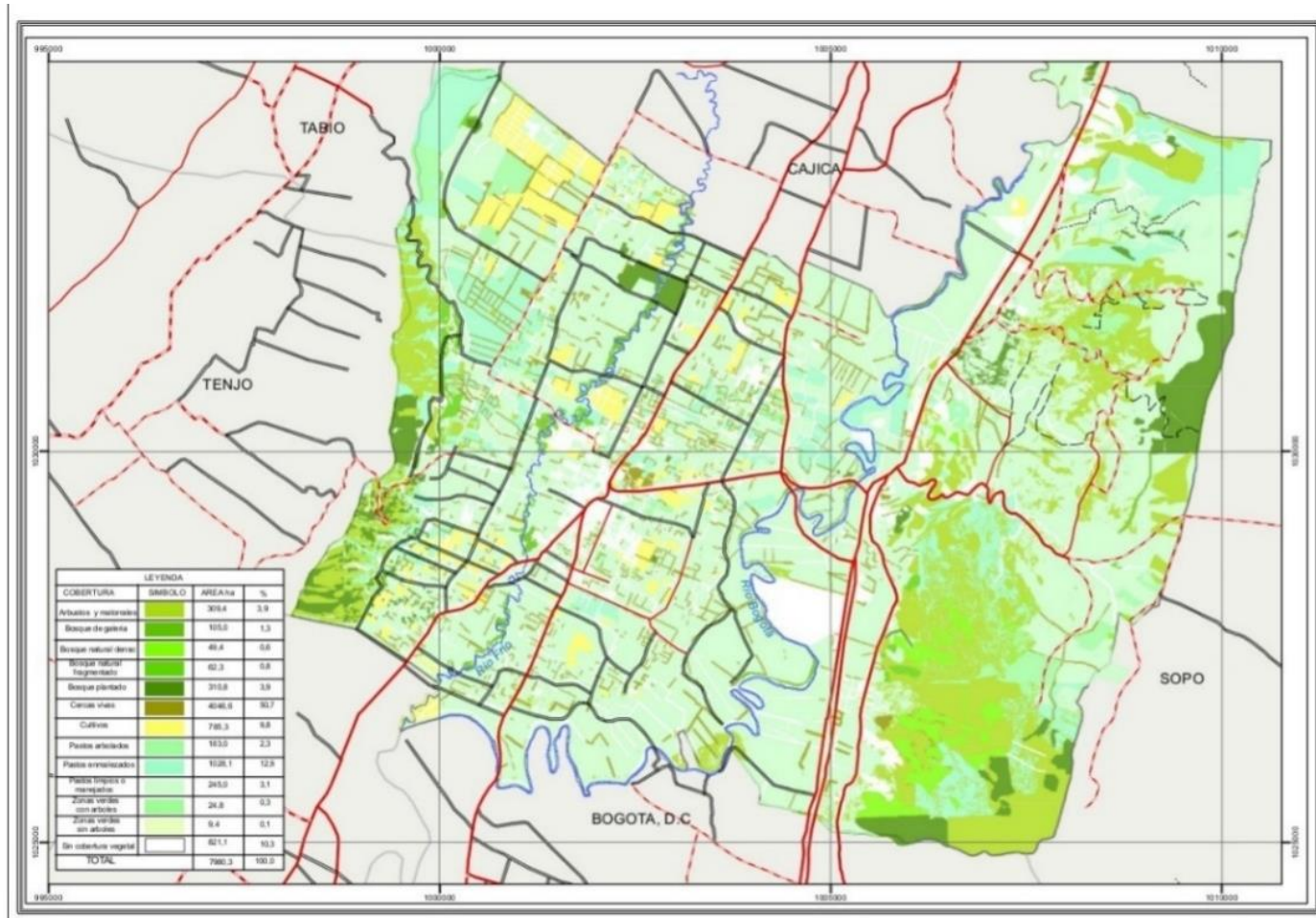
Es pertinente tener en cuenta que muchas de las áreas de bosque natural han sido áreas que fueron declaradas como zona de protección forestal, aunque no presentan vegetación nativa si presentan cobertura forestal y durante el transcurso del periodo estudiado han mostrado un incremento importante la cantidad de parches, superficie y proximidad de estos.

Los bosques de galería asociados a las rondas hídricas presentaron un comportamiento lineal durante el periodo de tiempo evaluado, no mostraron mayores incrementos en unidades de superficie tendiendo en algunos casos a unir fragmentos y fortalecer conectividad. Como es el caso de la ronda del río Bogotá donde se ha identificado un incremento bajo en la cobertura, en cuanto a los bosques de galería del río frío se identificó una fragmentación mayor, en la cobertura de quebradas y cursos intermitentes no experimentaron mayores cambios en términos de forma y superficie.

En cuanto a los cultivos se evidenció un incremento significativo, pero más el destinado a tipo agroindustrial o de floricultura donde es más notorio, en contraste con los cultivos transitorios tradicionales que tendieron a reducirse.

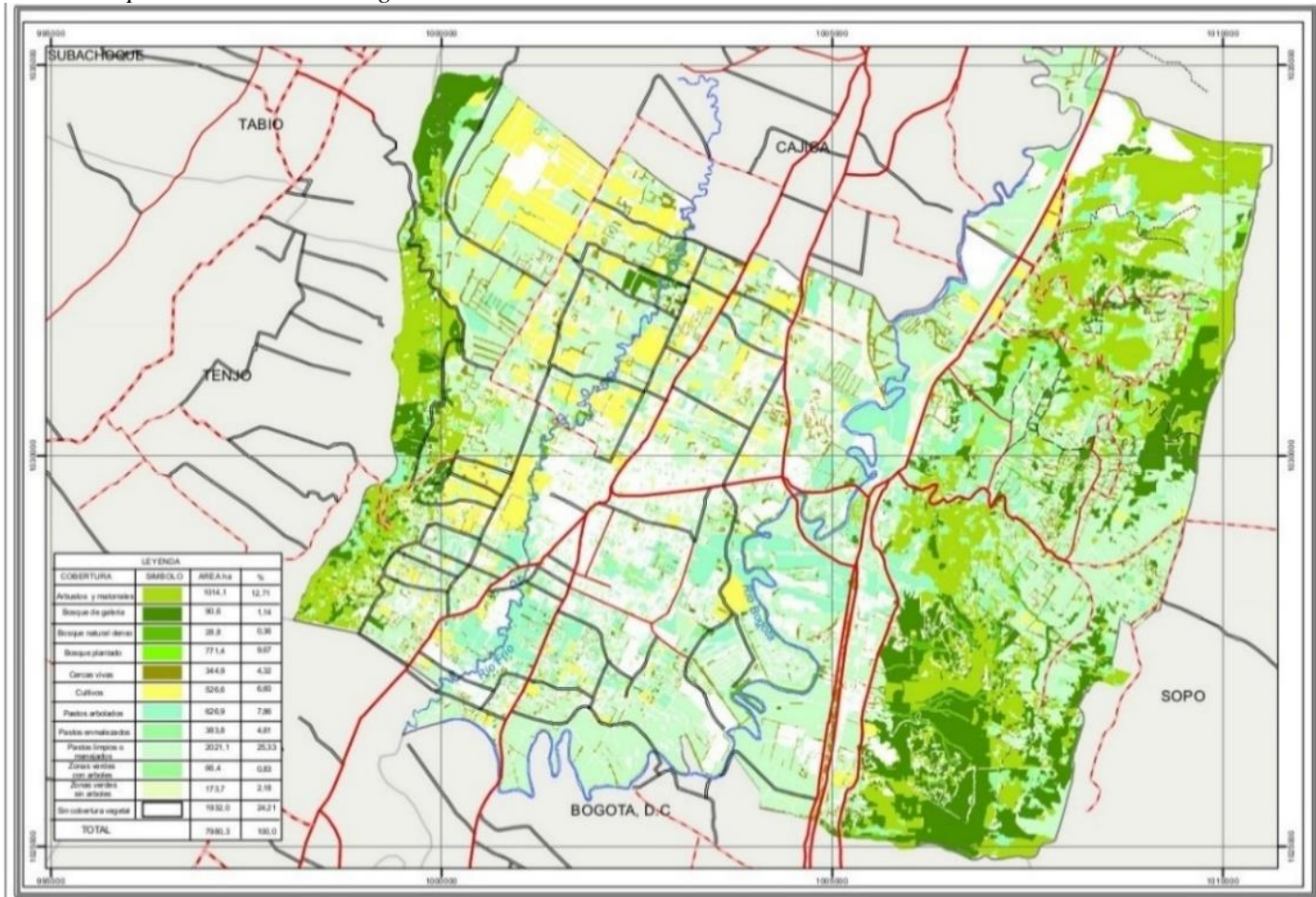
La cobertura que manifestó los cambios más notorios en distribución y superficie correspondió a los pastos, cuya superficie mostró una tendencia a disminuir en el transcurso del tiempo, cediendo espacio a coberturas antrópicas, bosques, arbustos y matorrales principalmente. Estos se han replegado notoriamente por la región central y oriental donde la configuración de núcleos residenciales y el aumento de cobertura modificó sustancialmente su conformación. Dentro de las categorías de pastos hubo dos subclases que presentaron un comportamiento positivo en número y superficie, estas corresponden a la de pastos arbolados y áreas verdes sin árboles (césped) que debido a su localización en áreas residenciales que se han multiplicado siguiendo el mismo ritmo y patrón de crecimiento de las coberturas antrópicas.

Figura XVII. Mapa de coberturas vegetales 1980



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Figura XVIII Mapa de coberturas vegetales 2012.



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

4.5. Modelo predictivo

Para la realización del modelo predictivo se clasificaron las coberturas simplificando la estructura y disminuyendo la incertidumbre en los resultados de este, (ver metodología aplicación del modelo de Markov). Como fase siguiente en la realización del modelo requirió de una validación para cálculo de los niveles de certeza.

4.5.1. Validación del modelo predictivo.

Los datos mostraron una tasa de concordancia buena (valoración de índices Kappa), se realizaron pruebas con mapas de idoneidad (mapas de sesgo de variabilidad), pero estas arrojaron índices Kappa más bajos., esto quiere decir que las variables como la pendiente, drenaje y tipo de suelo no son determinantes para los cambios de las coberturas vegetales de Chía, se puede inferir que los cambios corresponden más variables de tipo antrópico (socioeconómico) que las mismas condiciones naturales.

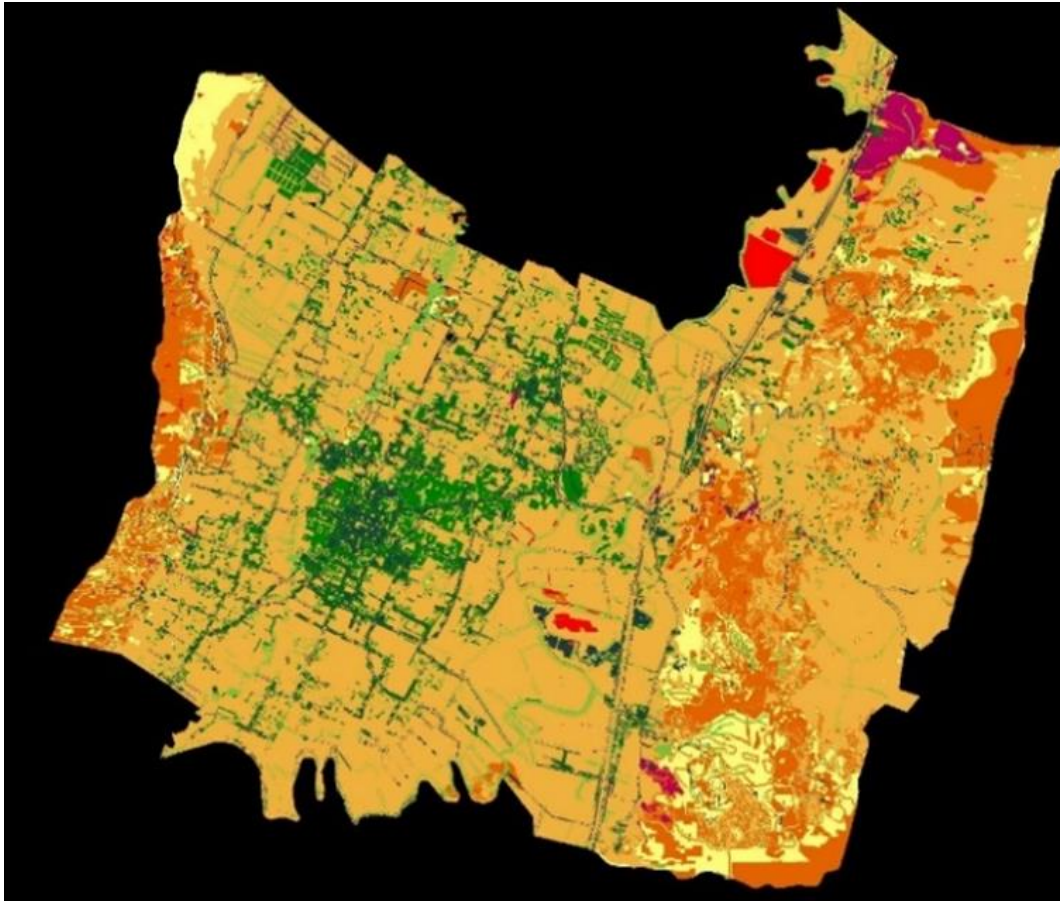
Los resultados mostraron en su mayoría una concordancia es muy buena (0.81 a 1) buena(0.6 a 0.8), como muestra los siguientes resultados.

Kappa for information (Kno)	0.8057
Kappa estándar (Kstandar)	0.7500
Kappa for location (KlocationStrata)	0,8444

Aunque el modelo muestra una aproximación y aparentemente se hace necesario tener en cuenta que la proyección es compleja, esto quiere decir que más que un futuro exacto muestra las

tendencias de un posible comportamiento a futuro, si se continúa con las tendencias de 1980 a 2012.

Figura XIX. Simulación del cambio de coberturas 2012.



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Figura XX. Imagen real 2012.



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Es importante anotar que el algoritmo se basa en cambio de estados de cada una de las celdas y estas dependen expresamente a sus predecesoras y adyacencias, cuando aparece aleatoriamente una nueva cobertura el algoritmo encuentra dificultades para predecirlo., el autómata difícilmente puede calcular futura presencia de un estado (cobertura) si esta apare aleatoriamente.

4.5.2. Modelo predictivo.

Figura XXI. Predicción de 2028



Fuente: (Cortes y Rubio, 2016)

Aplicando el modelo de Markov para la simulación del comportamiento de coberturas realizada desde el año 2012 (imagen más reciente 2012) hasta el año 2028, se efectuó una simulación a 16 años para reducir la incertidumbre del modelo resultante validado originalmente para 32 años.

A partir del modelo generado se obtienen los siguientes resultados:

Sector Occidental

La cobertura que presentó un incremento significativo fue la de bosques, especialmente en las zonas de mayor altura donde el cambio de cobertura paso de la categoría de pastos a bosques en mayor proporción. En menor grado se presentó un cambio de arbustos y matorrales a bosques.

Estimándose que la cobertura que tendió a reducirse en mayor proporción fue la cobertura de pastos que cambio a bosques y arbustos.

Sector Central

La cobertura predominante en esta área fue la antrópica constituyéndose en su mayor parte por infraestructura de tipo residencial, siguiéndole la comercial, industrial, institucional y de transporte entre otros.

El modelo resultante muestra un incremento en la infraestructura antrópica, pero este incremento no se dio principalmente en una expansión en superficie, si no en un proceso de redensificación de las áreas existentes. Esta redensificación de infraestructura se concentró en el área central especialmente en torno a la vía principal de ingreso a Chía, que conecta con la autopista que va de Chía a Bogotá. También se presentó un comportamiento similar en el sector sur occidental donde se concentró y se expandió la infraestructura antrópica.

Es evidente que el fenómeno de redensificación se presentó con mayor probabilidad en aquellas áreas cercanas a la red vial existente con mayor grado en vías principales.

Otra de las coberturas representativas en el sector central fue el de las cercas vivas, donde se observó una clara tendencia a incrementar su cobertura en términos de longitud lo que tuvo como resultado una mayor conectividad a partir de esta cobertura.

Ahora bien, los bosques de Galería presentaron un comportamiento lineal muy similar al de las cercas vivas razón por la cual se agruparon en la misma categoría de modelamiento, pero el comportamiento de estas dista del anterior ya que esta cobertura tendió a disminuir en el sector noroccidental en el río frío donde hubo una reducción de la superficie y pérdida de continuidad.

En área que circunda al río Bogotá el comportamiento fue el de mantener la cobertura existente, mostrando un incremento mínimo que no la modifica significativamente.

Sector oriental

En el área nororiental se presentó un incremento de infraestructura residencial, teniendo en cuenta que esta área hace parte de los cerros orientales y es donde existen varios desarrollos residenciales, a partir del modelo predictivo se mostró un incremento de este tipo de cobertura de manera significativa. Asociada esta cobertura las cercas vivas presentaron un incremento importante ya que este tipo de cobertura se encuentra asociada a la infraestructura.

Otro de los comportamientos perceptibles en el modelo es de los arbustos y matorrales que cambiaron en una proporción mínima al igual que los bosques, en contraposición los pastos que presentaron un mayor cambio cediendo espacio a las coberturas anteriores.

En la parte centro oriental del territorio municipal la cobertura que presentó el mayor incremento correspondió a bosques con respecto a las demás siguiéndole, la de arbustos y matorrales, cercas

vivas y por último la de infraestructura. En contraposición la cobertura de pastos tendió a reducirse con respecto a las demás.

En el área suroriental la cobertura de bosques presentó el mayor incremento proporcionando una mayor conectividad entre los fragmentos. Le siguió en comportamiento los arbustos y matorrales y la infraestructura residencial que presentaron el mínimo incremento. La cobertura que evidenció reducción fue la de pastos como producto del incremento de las coberturas anteriores.

4.5.3. Análisis de modelo predictivo.

Teniendo en cuenta los resultados del modelo predictivo a 18 años se presentó una clara tendencia al aumento de la cobertura urbana en el área central con mayor intensidad producto de la redensificación de esta ocupando áreas de pastos. En el área de los cerros orientales y occidentales se evidenció un aumento en los bosques, así como en arbustos y matorrales incrementando el tamaño de los fragmentos y en algunos casos una marcada tendencia a la unión de estos especialmente en el sector oriental.

Un comportamiento a tener en cuenta es el de los bosques de galería que presentaron un incremento mínimo y en algunos casos una tendencia a la fragmentación tanto en la cobertura que circunda el río Bogotá y la del río Frio que muestra este fenómeno en mayor proporción.

Las cercas vivas se comportaron de manera interesante ya que presentaron un incremento en su superficie recordando que su comportamiento de crecimiento es longitudinal, permitiendo establecer una tendencia a mejorar la conectividad entre estas y a las áreas de bosques y arbustos

cercanas, es pertinente tener en cuenta que esta cobertura se encontró asociada a la infraestructura vial y residencial.

5. Conclusiones

- El análisis comparativo realizado de las coberturas vegetales requirió de un nivel de detalle específico a cada periodo de tiempo, pues las diferencias en detalle y atributos cuantitativos entre las fotografías aéreas ortorectificadas del 2012 y las fotografías en pancromático de 1980 representaron un alto grado de dificultad en la implementación de dicho análisis. determinando que las coberturas que presentaron los cambios más distintivos en área, patrón y forma correspondieron a los bosques y los arbustos y matorrales.
- Paisajísticamente Chía presenta una distribución en parches irregulares con una tendencia a entremezclarse con coberturas como el bosque plantado y los pastos arbolados. Así el municipio de Chía presenta un paisaje que, aunque heterogéneo, en clases de cobertura presenta un escenario de pastos de varios tipos entremezclados como entre ellos los pastos arbolados que debido a su proximidad con la cobertura forestal y arbustiva, proporciona una distribución distintiva en sus regiones occidental y oriental donde predominan estas dos últimas
- Los patrones y configuración del paisaje se han constituido a partir del cambio de algunas clases tanto en su área, forma, complejidad, entremezclado y dominancia. La cobertura dominante en el municipio a nivel de ocupación es la clase correspondiente a pastos que a lo largo del tiempo se ha venido modificando mediante procesos de antropización. Estos presentan una complejidad baja y tienden a presentar posibilidades de cambio asociados a su índice de contagio y entremezclado, aunque a pesar de esto presento grandes parches

que consolidan núcleos mediante los cuales, parches más pequeños se aglomeran y se encontraron bastante entremezclados con los arbustos y matorrales constituyéndose como la segunda cobertura más extensa.

- Las coberturas vegetales en Chía se han transformado influenciadas por el fenómeno de ocupación antrópica del territorio siendo la residencial principalmente entre otras, la que ha generado el incremento de áreas con arbustos, cercas vivas y bosques en áreas que originalmente tenían pastos causando un efecto positivo dándole mayor estructura y complejidad ecológica al paisaje.
- Los patrones de ocupación del territorio municipal en cobertura antrópica (residencial, bosque plantado, pastos arbolados y arbustos) tienen a formar núcleos en la periferia del casco urbano central donde se ha expandido en gran superficie, ubicándose estos en las áreas oriental y occidental especialmente conformando núcleos y áreas de parches grandes que ocupan el territorio. Estos a su vez incorporan elementos paisajísticos tales como arboles arbustos y herbáceas como parte de sus diseños y estrategias paisajísticas modificando la estructura vegetal.
- A pesar de haber determinado la reducción de coberturas vegetales como pastos y bosque natural, otras coberturas como arbustos y árboles de bajo porte han aumentado significativamente mostrando un incremento relacionado con la cobertura residencial, ya que se encuentran asociadas como elemento paisajístico muy relevante dentro de los procesos de ocupación y crecimiento de infraestructura residencial y comercial. Esto

implica un aumento y mejoramiento de la cobertura vegetal en algunos casos especialmente en composición y complejidad estructural mejorando la conectividad ecológica.

- Con respecto a las coberturas vegetales se determinó comportamientos como el de los bosques plantados que muestran una distribución irregular dentro del paisaje, su forma tiende a ser más poligonal con una conexión intrínseca fuerte reflejando parte del estado sucesional en el que se encuentran manifestando una baja complejidad en su estructura, en contraposición el bosque natural fragmentado presenta una menor conexión intrínseca al interior de los parches y la forma de estos tiende a ser más redondeada que la del bosque plantado y la del ripario, tendiendo a formas de menor complejidad. Su distribución es muy irregular y su presencia es muy reducida al interior del paisaje. En cuanto a las cercas vivas muestran una tendencia similar en estructura y complejidad a los bosques de galería, pero tienen la menor conexión intrínseca de las coberturas que conforman el paisaje.
- El modelo predictivo aplicado a la modelación de las coberturas al municipio de Chía es de tipo Markoviano basado en la transición de una cobertura a otra teniendo como base sus antecesoras y sus adyacencias. Razón por la cual las tendencias y comportamientos resultantes son limitados para la naturaleza compleja de la interrelación del factor antrópico y el biofísico.
- La tendencia resultante del modelo predictivo de Markov muestra una clara reducción de la cobertura de pastos, que cede espacio principalmente a la infraestructura que se consolida como la cobertura con mayor incremento, siguiéndole arbustos y matorrales y bosques que ocupan un área proporcionalmente. De manera particular las cercas vivas

registrar un incremento lineal y la tendencia a conectarse entre sí mejorando la conectividad. Caso contrario el bosque de galería que no registro algún incremento significativo y por el contrario en algunos sectores presento una tendencia a fragmentarse.

- La distribución en patrones y el comportamiento de las coberturas en el municipio presentó fenómenos de fragmentación en bosques de galería y pastos donde pudiera inferirse que la conectividad se pierde en gran parte del municipio. Pero se evidencio una tendencia mejorar los índices de conectividad en coberturas como los arbustos y matorrales, cercas vivas, pastos arbolados y en menor grado el bosque plantado.
- El aumento de la conectividad en la estructura ecológica existente, tiende a incrementarse en sectores estratégicos como los cerros orientales, los occidentales y en la región centro oriental apoyada en la ocupación del territorio no solo por el repoblamiento vegetal destinado a protección y/o restauración; si no también de manera muy representativa se encuentra asociada a la ocupación antrópica que a través de la implementación de diseños paisajísticos y ornamentales derivadas de la cobertura residencial contribuyen a la generación de cobertura vegetal de mayor complejidad sobre la cual se pueden sustentar conectores y corredores funcionales en la estructura ecológica principal.
- Identificar y caracterizar el comportamiento y estructura de las coberturas vegetales resulta fundamental para la sostenibilidad territorial, ya que a través de ellas se articulan e integran diferentes elementos ambientales que enmarcan la propuesta de estrategias y planes de gestión territorial ambiental.

6. Recomendaciones

- Es pertinente tener un protocolo para el manejo de especies ornamentales, que proporcione un sustento estructural y ecológico para la conectividad del territorio de tal manera que se optimice los servicios ambientales derivados de las coberturas vegetales.
- La instalación de monitoreo de parcelas fijas permitiría realizar un estudio continuo de la estructura, evolución y el comportamiento de la cobertura vegetal. Generando una fuente de información para el diseño y ejecución de estrategias de protección, conservación y uso de coberturas vegetales en un contexto equilibrado y sostenible para el municipio Chía.
- Es necesario implementar un programa prioritario para el bosque de galería y rondas hídricas. Con el fin de conservar, restaurar, mejorar y aumentar la cobertura vegetal circundante de los cursos hídricos, como un elemento fundamental de la estructura ecológica del municipio y parte esencial de la conectividad ecológica del territorio.
- Se debe realizar un estudio detallado de la sabana de Bogotá, que muestre de forma veraz y puntual el estado de la conectividad ecológica actual del territorio., que sirva insumo para trazar políticas de desarrollo regionales congruentes con los recursos bióticos.

7. Referencias bibliográficas

- Aguilar, M. (1998). *Caracterización de la vegetación de los cerros orientales de Chía*. CAR. Bogotá, Colombia: Editorial. CAR
- Aguayo M, Azocar G, K Wiegand & C Vega (2007) Revealing the driving forces of mid-cities urban growth patterns using spatial modeling: a case study of Los Angeles, Chile. Ecology and Society. Recuperado de <http://www.ecologyandsociety.org/voll2/iss1/art13/>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2000). *Monografías Territoriales: Chía Región Bogotá Sabana*. Bogotá, Colombia: Secretaria de integración territorial.
- Briones E. (2008). Herramientas informáticas interactivas para la didáctica de la probabilidad. Universidad politecnica de Catalunya. Catalunya, España: Editorial Universidad Politécnica de Catalunya.
- Cámara de Comercio de Bogotá, (2010). *Plan de competitividad para para la provincia de Sabana Centro. "Agenda de proyectos transversales y sectoriales de impacto regional para la provincia de Sabana Centro"*. Bogotá, Colombia: Editorial Cámara de comercio de Bogotá.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2006). *Caracterización económica de la sabana de Bogotá*. Bogotá, Colombia: Editorial. Cámara de comercio de Bogotá.

Carrizosa, J. (2006). *Desequilibrios territoriales y Sostenibilidad local*. Bogotá, Colombia: Editorial Universidad Nacional de Colombia.

CORANTIOQUIA. (2008). Universidad nacional de Colombia Valoración sociocultural, ecológica y económica de bienes y servicios ambientales planteamientos conceptuales y metodológicos. Medellín, Colombia: Editorial CORANTIOQUIA.

Correa, C. y Mendoza, M. y López, E. (2014). *Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán*. Revista de geografía Norte Grande versión On-line ISSN 0718-3402, Rev. Geografía. Norte Gd. número.59 Santiago dic. 2014.

Correa, C. y Mendoza, M. y López, E. (2006) Apuntes de geotecnia Universidad del Cauca. Cali, Colombia inédito.

DANE. (2005). Censo Nacional. Memoria técnica. Bogotá, Colombia. Editorial DANE

Danhke, G. L. (1989). Investigación y comunicación, en Metodología de la investigación. México: MacGraw Hill.

Durán, D (2010). *Las Dimensiones de la Sustentabilidad*. Recuperado de www.ecoport.net

ECOTONO. (1996). Fragmentación y metapoblaciones. Centro para la ecología de la conservación, departamento de ciencias de la universidad de Stanford. California, USA.

FAO. (2016). Definiciones más importantes. Recuperado de <http://ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/>

Etter, A. (1993). *Diversidad Ecosistémica en Colombia Hoy, en: Nuestra Diversidad Biológica. CEREC-Fundación Alejandro Ángel Escobar*. Bogotá. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.

Etter, A. (1994). *Consideraciones Generales Para el Análisis de la Cobertura Vegetal. IDEADE*. Universidad Javeriana: IGAC.

Forman, R. y Godron, M.(1986). *Landscape Ecology*. J Wiley. New York: Edit{-}. John Wiley & Sons.

Gutiérrez, E. (2006). Análisis de la estructura del paisaje del municipio de Chía (Cundinamarca) y alrededores para la definición de la estructura ecológica principal (EEP). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Hernández, J, Serra P y Yancas, L. (2000). *Manual de Métodos y Criterios para la Evaluación y Monitoreo de la Flora y la Vegetación*. Universidad de Chile: Centro de estudios forestales. Santiago de Chile. Chile. Universidad de Chile.

Hernández, S., Fernández. C. y Baptista, P. (2000). *Metodología de la investigación* (5a. ed.). México D.F, México: McGraw-Hill Interamericana.

Hernández, S. y Fernández, C y Baptista, P. (2001). *Metodología de la Investigación*. México D.F. México. McGraw-Hill

Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. IICA, San José, Costa Rica. Editorial IICA.

IDEAM, SINCHI, VON HUMBOLT, IIAP, INVEMAR. (2012) *Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC. Tomo I*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/publica/SIAC/TOMO1-CONCEPTOS.pdf>

IGAC, Universidad Javeriana, (1993). *Taller de metodologías de clasificación y cartografía de la cobertura vegetal proyecto SIG_PAFC*. Bogotá, Colombia: IDEADE.

IGAC (2007). *Levantamiento semidetallado de las coberturas terrestres*. Bogotá, Colombia: IGAC.

IGAC (2008). *Mapa de cobertura de la tierra Cuenca Magdalena - Cauca*. Bogotá. Colombia: IGAC.

Jaramillo, F. (2002) *La ciencia del suelo Universidad del suelo*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional.

Küchler A.(1998). *The Nature Of Vegetation*, en Küchler A.W. and I.S. Zonneveld *Vegetation Mapping*. Norwell, USA: Kluwer Academic Publishers

Landscape Ecology Lab at the University of Massachusetts.(2016). Umass.edu. Retrieved 4 January 2015, from <http://www.umass.edu/landeco/pubs/pubs.html>

Leal,G. (2010) *Ecourbanismo, Ciudad medio ambiente y sostenibilidad*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.

- Martyn, Shuttleworth. (2010). *Estudio transversal*. Aug 31, 2014 recuperado de <https://explorable.com/es/estudio-transversal>
- Matteucci, S.D. (1998). *El paisaje visto por un ecólogo*. Revista de la facultad de arquitectura diseño y urbanismo Buenos aires. Universidad de Buenos Aires
- Matteucci, S.D. yBuzai, G.D. (2008). *Sistemas Ambientales Complejos: Herramientas de Análisis Espacial*. Buenos Aires, Argentina: EUDEBA.
- McGarigal, K., S.A. Cushman, M.C. Neel, and E. Ene. 2002. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst, available at the following web site: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
- Mezquida, A; Fernandez, L; Alandi, M ySastre Olmos, J. (2002). *Conectividad y redes de espacios protegidos del modelo teórico a la visión práctica de la gestión*. Junta de Andalucía. Andalucía. España: Editorial Andalucía consejería del medio ambiente.
- Monsalve, A. (2009). Redes Ecológicas En la Ciudad de Medellín. Área natural. Paisaje y territorio. Recuperado de <http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/viewFile/1058/1078>
- Música de la Guerra, M. (2002). Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos. Dirección General de la RENP y Servicios Ambientales, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Andalucía-España. Editorial Andalucía

Muller, J.H.Middleton, J. (1994), Markovmodel of land use change dynamic in the Niagara, region Ontario, Canada. *Lands Ecol*

Müller, A. (1997). Ocampo J. (2009). *Seminario internacional Bogotá Cundinamarca avances y perspectivas para la integración regional. Seminario internacional Bogotá y Cundinamarca, avances y perspectivas para la integración regional*. Bogotá, Colombia: CAR.

Muñoz, P. y D. Quimbayo, (2004). Plan de ordenación y manejo ambiental para la subcuenca baja de Río Frío municipio Chía (Cundinamarca). Proyecto Curricular Tecnología en Saneamiento Ambiental. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Chía, Cundinamarca.

Ocampo J. (2009). *Seminario internacional Bogotá Cundinamarca avances y perspectivas para la integración regional. Seminario internacional Bogotá y Cundinamarca, avances y perspectivas para la integración regional*. Bogotá, Colombia: CAR.

Plan de Ordenamiento Territorial de Chía (POT). 2000. Alcaldía Municipal de Chía. Chía-Cundinamarca.

Parrado, C. (2001). *Metodología para la ordenación del territorio, bajo el prisma de sostenibilidad (estudio de su aplicación en la ciudad de Bogotá distrito capital)*. Universidad de Cataluña.Cataluña, España: Universidad de Cataluña.

Pontius, J. (1998). *Environmental And Ecological Statistics*, 5(4). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1023/a:1009612710277>

Quintero O, (2009) *Una mirada sobre la reconfiguración territorial en Colombia la subregión sabana y la región Bogotá. Seminario internacional Bogotá y Cundinamarca, avances y perspectivas para la integración regional.* Bogotá, Colombia: CAR.

RAMSAR. (1971). La convención Ramsar sobre los humedales. Recuperado de <http://www.creho.org/definicion-de-humedal/>

Robert E. Plank,. The City, The University Of Chicago Press Chicago And London, Chicago 1925.

Rodríguez, J, Pompa, M. Hernández, C y Juárez, R. (2010). *Patrón de distribución espacial de la pérdida, degradación y recuperación vegetal en Durango, México. Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 14, núm. 1, enero-abril, 2010 Universidad de Colima México.*

Salazar A. (2008). *El suelo como sistema ecológico.* Recuperado de <http://www.ecoportal.net/http://www.ecoportal.net/http://www.ecoportal.net/>

SCANTERRA, (2014) Consultora Argentina. Recuperado de <http://www.scanterra.com.ar/>.

SIAC. (2002). Conceptos, definiciones e instrumentos de la información ambiental de Colombia, Tomo 1. Colombia, Bogotá. Editorial Trade Link.

SOGEOCOL. (2006). Clasificación física de los humedales. Recuperado de <http://www.sogeocol.edu.colombia>.

Tollimson R. (2008). Pensando en SIG. New York, USA. Publicaciones ESRI ISBN 978-1589482296

Universidad Nacional de Colombia, (1999). Diagnóstico y Escenarios: plan de ordenamiento territorial de Chía. Facultad de Artes, Oficina de proyectos Universidad Nacional. Bogotá, Colombia.

Van Wijngaarden Willem. (1994). Elaboración de mapas de vegetación. Primer taller sobre cobertura vegetal. IGAC. Bogotá, Colombia: IGAC

Van der Hammen, T. y G. Andrade. (2003). Estructura Ecológica Principal de Colombia, Primera aproximación. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial / IDEAM. Bogotá, Colombia.

Von Humboldt, Instituto de investigación de recursos biológicos. (2005). Análisis preliminar de patrones de paisaje en paisajes rurales ganaderos. Bogotá Colombia.

Wilches, G. (2006). *Brújula, Bastón y Lámpara para Trasegar los Caminos de la Educación Ambiental. Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. MAVDT*