

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>i(96)</b>	

### RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTOR</b>	SAID FABIÁN CASTRO BARBOSA JORDÁN ANDRÉS CABÁS ARRIAGA
<b>FACULTAD</b>	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	INGENIERIA AMBIENTAL
<b>DIRECTOR</b>	YERMIS FABIAN VELEZ
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	ANÁLISIS DE LA FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE COMO HERRAMIENTA DE CONSERVACIÓN DEL ÁREA NATURAL DENOMINADA “BOSQUE DEL AGÜIL” DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA, CESAR.

#### RESUMEN

LA PRESENTE INVESTIGACIÓN PERMITIO EL ANÁLISIS DEL ESTADO DE FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE DEL ÁREA DENOMINADA “BOSQUE DEL AGÜIL” DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA, CESAR, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE PLATAFORMAS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG), LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE COBERTURAS DE SUELO (2009 – 2019) Y EL USO DEL SOFTWARE FRAGSTATS, ASÍ MISMO LA CUANTIFICACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS PROCESOS DE FRAGMENTACIÓN QUE EVIDENCIAN EL CAMBIO A NIVEL ESTRUCTURAL QUE HA SUFRIDO EL ECOSISTEMA DE BOSQUE SECO TROPICAL (BS-T) PERTENECIENTE AL ÁREA DE ESTUDIO.

#### CARACTERÍSTICAS

<b>PÁGINAS:</b> 96	<b>PLANOS:</b>	<b>ILUSTRACIONES:</b> 20	<b>CD-ROM:</b> 1
--------------------	----------------	--------------------------	------------------



**ANÁLISIS DE LA FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE COMO HERRAMIENTA DE  
CONSERVACIÓN DEL ÁREA NATURAL DENOMINADA “BOSQUE DEL AGÜIL”  
DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA, CESAR**

**AUTORES**

**SAID FABIÁN CASTRO BARBOSA**

**JORDÁN ANDRÉS CABÁS ARRIAGA**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental**

**DIRECTOR**

**YERMIS FABIÁN VÉLEZ**

**Especialista en Sistemas de Gestión Integral HSEQ**

**Ingeniero Ambiental**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE**

**INGENIERIA AMBIENTAL**

**Ocaña, Colombia**

**Febrero, 2020**

## **Dedicatoria**

A Dios, por ser el artífice de cada uno de nuestros días.

A nuestros padres y hermanos, por su esfuerzo, paciencia, apoyo y dedicación por  
todos los años.

A cada uno de nuestros educadores, por compartir con nosotros sus conocimientos.

## **Agradecimientos**

Agradecemos profundamente a todas y cada una de las personas que nos han  
acompañado en este proceso, en este gran paso para nuestra vida.

Gracias totales.

## Índice

Capítulo 1 Análisis de la fragmentación del paisaje como herramienta de conservación del área natural denominada “Bosque del Agüil” del municipio de Aguachica, Cesar .....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Formulación del problema .....	3
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo general.. .....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación.....	4
1.5 Delimitación.....	5
1.5.1 Temporal.. .....	6
1.5.2 Geográfica. ....	6
1.5.3 Operativa. ....	6
1.5.4 Conceptual.....	6
Capítulo 2. Marco Referencial.....	8
2.1 Marco Histórico .....	8
2.2 Marco Contextual.....	12
2.3 Marco Conceptual .....	13
2.3.1 Paisaje.....	13
2.3.2 Ecología del paisaje.....	14
2.3.3 Ecosistema.....	14
2.3.4 Fragmentación .....	14
2.3.5 Matriz del paisaje .....	16
2.3.6 Métricas del Paisaje.....	17
2.4 Marco Teórico.....	17
2.5 Marco Legal .....	20
Capítulo 3. Diseño Metodológico .....	23
3.1 Tipo de Investigación .....	23
3.2 Población.....	24
3.3 Muestra.....	24
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	25
Capítulo 4. Resultados .....	30
4.1. Estructura espacial del área natural denominada “Bosque el Agüil”.....	30
4.2 Coberturas del área de estudio “Bosque del Agüil” para los años 2009 – 2019.....	46
4.3 Métricas del paisaje del área de estudio “Bosque el Agüil” . .....	56
Capítulo 5. Conclusiones .....	64
Capítulo 6. Recomendaciones.....	67
Referencias.....	68

Apéndices..... 79

## Lista de tablas

Tabla 1 Marco constitucional.....	21
Tabla 2. Marco legal .....	21
Tabla 3 Bandas espectrales SPOT7 .....	26
Tabla 4 Bandas espectrales SAS PLANET .....	27
Tabla 5 Bandas espectrales satélite ALOS. ....	27
Tabla 6 Métricas del Paisaje o Indicadores de Fragmentación.....	29
Tabla 7. Características de los mojones.....	32
Tabla 8. Tabla de valores para la clasificación de pendiente media y compleja. ....	33
Tabla 9. Variables Meteorológicas. ....	46
Tabla 10. Coberturas de la Tierra para el área de estudio denominada “Bosque el Agüil” .....	47
Tabla 11 Matriz de cambio de los mapas de coberturas de la tierra del año 2009 – 2017. ....	53
Tabla 12 Resumen matriz de cambio de mapas de coberturas de la tierra del año 2009 – 2017..	53
Tabla 13 Matriz de cambio de los mapas de coberturas de la tierra del año 2017 – 2019. ....	54
Tabla 14 Resumen matriz de cambio de mapas de coberturas de la tierra del año 2017 –2019..	54
Tabla 15 Métricas del paisaje para el año 2019 .....	58
Tabla 16 Índice de forma del paisaje (LSI – Landscape Shape Index) .....	60
Tabla 17 Métricas del paisaje para los años 2009 y 2019.....	61

## Lista de figuras

Figura 1. Fragmentación del paisaje por país en el año 2009 .....	9
Figura 2. Pérdida de cobertura vegetal, producto de fragmentación entre los años 1979-2000. .	10
Figura 3. Ubicación general del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. Fuente: Elaboración propia, 2019. ....	13
Figura 4. Procesos de fragmentación de los ecosistemas naturales. ....	16
Figura 5. Localización general del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia.....	30
Figura 6. Pendiente media y compleja del área de estudio denominada “Bosque El Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia.....	33
Figura 7. Tipo de paisaje del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia.....	35
Figura 8. Clase agrológica del área de estudio denominada “Bosque El Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia.....	36
Figura 9. Cuencas e hidrografía del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia.....	38
Figura 10. La estacionalidad de la lluvias y su influencia en el bosque del Agüil .....	40
Figura 11. Dato Meteorológico de Precipitación.....	41
Figura 12. Dato Meteorológico de Temperatura.....	41
Figura 13. Isoyetas del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia.....	42
Figura 14. Isotermas del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia.....	43
Figura 15. Variables meteorológicas para la determinación de la Evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> ).....	44
Figura 16. Mapa de coberturas de la tierra en imagen satelital ALOS para el año 2009 del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia .....	50
Figura 17. Mapa de coberturas de la tierra en imagen satelital SPOT 7 para el año 2017 del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia .....	50
Figura 18. Mapa de coberturas de la tierra en imagen satelital SAS Planet para el año 2019 del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. ....	51
Figura 19. De izquierda a derecha se muestran los archivos en bloc de notas, el primero sin editar y el segundo ya editado con los comandos de lectura para FragStats .....	57
Figura 20. Interface de trabajo del programa FragStats versión 4.2.....	58

## **Lista de apéndices**

Apéndice A. Visitas de campo al área de estudio.....	80
Apéndice B. Soporte de consulta a la oficina de catastro municipal.....	82
Apéndice C. Coberturas de la tierra de la zona de estudio denominada “Bosque el Aguil” .....	83

## Introducción

La fragmentación de los ecosistemas es el proceso mediante el cual un hábitat continuo, pierde continuidad y se degrada progresivamente, considerándose esto como una de las principales amenazas para la conservación de la biodiversidad, puesto que se generan cambios en la dinámica espacio-temporal de los atributos ecosistémicos, además de la disminución de los servicios ambientales que estos ofrecen (Sarmiento, y otros, 2002). De igual manera la fragmentación genera alteraciones a nivel de paisaje reduciéndolos a parches más pequeños, complejos y aislados unos de otros, razón por la cual deben entenderse como la interacción de los fragmentos con la matriz preexistente ahora transformada. De acuerdo a esto, es posible cuantificar los cambios que ha sufrido el ecosistema a través del tiempo desde el punto de vista de la estructura, función y composición, teniendo como base las métricas o indicadores del paisaje (Altamirano, Echeverrya, & Lara, 2007), (Sarmiento, y otros, 2002).

Los ecosistemas terrestres han sufrido grandes transformaciones, la mayoría debido a la conversión de la cobertura del terreno y a la degradación e intensificación del uso del suelo (Lambin, 1997). En Colombia, el crecimiento demográfico y el modelo seguido en la tenencia de tierras junto con su uso agropecuario, construcción de asentamientos urbanos y construcción de caminos, tiene como consecuencia cambios de uso del bosque nativo, ocasionando modificaciones notables del paisaje y produciendo discontinuidad en los ambientes naturales o fragmentación, alteraciones en los procesos ecológicos y disminución de las interacciones entre especies nativas, modificando su futuro evolutivo (Primack et al, 2001).

El área de estudio dentro de la cual se desarrolló este trabajo de investigación se conoce como “BOSQUE DEL AGÜIL” ubicado en la parte norte del municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. En la zona de vida: Bosque seco tropical. Actualmente el bosque cuenta con estudios preliminares técnicos sobre la riqueza y abundancia del ecosistema, sin embargo, se desconoce el estado de conservación, de tal manera que a una escala espacio-temporal se ignora la fragmentación y los cambios a nivel de cobertura vegetal presentes.

Este trabajo de grado tuvo como fin, analizar la fragmentación del área de estudio a partir de la implementación de imágenes satelitales, herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), la elaboración de mapas de coberturas y métricas del paisaje por medio del software Fragstats v. 4.2.

# **Capítulo 1 Análisis de la fragmentación del paisaje como herramienta de conservación del área natural denominada “Bosque del Agüil” del municipio de Aguachica, Cesar**

## **1.1 Planteamiento del problema**

La zona de estudio denominada “Bosque del Agüil” se ubica al nororiente del municipio de Aguachica en el departamento del Cesar, es un área de la formación bosque tropical seco aislada, cuya alta biodiversidad en flora, fauna y vegetación se ve expresada en 190 especies de plantas junto con varios tipos de vegetación, bosques, matorrales y múltiples servicios ambientales.

En el inventario detallado de su biodiversidad, figuran 40 especies de mariposas, 88 de aves, 15 de anfibios (ranas y sapos), 20 de reptiles (culebras, lagartos y tortugas) y 21 de mamíferos, además de ello, en la zona alta de lomerío, se ve evidenciada la afectación por la intervención antrópica se establecen manchas de bosque seco de follaje caedizo e inclusive matorrales espinosos con presencia de especies de Cactaceae (Rangel-Ch., 2012).

Según estudios del POT (Consejo Municipal de Aguachica, Cesar, 2001), la zona plana se caracteriza por su riqueza acuífera, con cerca de 30 nacederos de agua y en sus cercanías se establecen vigorosos bosques multi estratificados dominados por especies como *Anacardium excelsum* (caracolí), *Brosimum alicastrum* (guaimaro) y *Spondias mombin* (jobo). Dicha zona está catalogada según Holdridge como bosque seco tropical (BS-T). Inmersa en una matriz urbana que comprende alturas que van desde los 150 hasta los 200 m de elevación sobre el nivel

del mar (msnm), con rangos de temperatura que van de los 31°C para el caso de las máximas hasta los 26°C para el caso de las mínimas, estableciendo una media de temperaturas de 28.5°C, además, esta zona posee una pluviosidad anual que va desde los 1300 mm hasta los 1380mm con dos periodos de lluvia comprendidos por los meses de abril a junio y de agosto a octubre respectivamente, además de una época de sequía que va desde noviembre hasta los meses de marzo y julio (Rangel-Ch., 2012).

La zona de estudio, es considerada una fuente importante de biodiversidad del sur del departamento del Cesar, albergando más de 450 especies entre fauna y flora de gran valor ambiental, además de poseer cerca de 30 nacaderos de agua (Rangel-Ch., 2012), configurándolo así como pulmón de vida del sur del departamento. Sin embargo la expansión de la frontera agrícola, la cercanía al casco urbano del municipio, la colonización de terrenos, la tala indiscriminada causada por la explotación de madera y leña, la intervención vial de comunicación rural, lo convierte a su vez en un bioma altamente amenazado que evidencia el cambio multitemporal en cuanto a su función, estructura y composición.

Como se mencionaba anteriormente, la intervención vial debido a la colonización de terrenos, ha llevado al ecosistema a un estado de fragmentación no dimensionado, esto significa que el ecosistema pierda continuidad y se subdivide en parches de bosque más pequeños (Primack, 1998), esto sin duda se configura como limitante y tensionante de conservación que amenaza la biodiversidad de la cual goza el bioma. Esta interviene en la conectividad del paisaje y facilita la presencia de relictos, la estocasticidad demográfica, la endogamia entre las poblaciones que reduce la tasa de natalidad e incrementa la tasa de extinción (Canet, 2007).

## 1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el estado de fragmentación del paisaje del área denominada “Bosque el Agüil” del municipio de Aguachica, Cesar? De acuerdo a la ecología del paisaje, la fragmentación se presenta en diferentes grados o estados de afectación que depende directamente de los fenómenos naturales y/o de las intervenciones antrópicas que convergen en un área específica. La zona de estudio denominada “Bosque del Agüil” puede estar categorizada o clasificada según (Morera, Romero, & Pinto, 2007) en los siguientes estados de fragmentación como lo son:

- (I) Paisaje Intacto
- (II) Paisaje Salpicado
- (III) Paisaje Fragmentado
- (IV) Paisaje Relictuado

## 1.3 Objetivos

**1.3.1 Objetivo general.** Analizar la fragmentación del paisaje como herramienta de conservación del área natural denominada “Bosque del Agüil” del municipio de Aguachica, Cesar.

**1.3.2 Objetivos específicos.** Reconocer de manera espacial el área de estudio denominada “Bosque el Agüil”.

Determinar las coberturas del suelo en el área de estudio denominada “Bosque el Agüil” en el lapso comprendido entre 2009 - 2019 por medio del procesamiento de imágenes digitales satélites multiespectrales.

Analizar los patrones de fragmentación en el área de estudio por medio de métricas del paisaje y plataformas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

#### **1.4 Justificación**

(Altamirano, Echeverrya, & Lara, 2007); (Sarmiento, y otros, 2002), consideran que a través de un análisis de la fragmentación es posible determinar de manera cuantitativa los cambios en la estructura de la matriz, siendo esto posible mediante las métricas o indicadores del paisaje. De igual forma (Lopez, Lozano, & Sierra, 2012); (Sarmiento, y otros, 2002), sugieren que abordar la fragmentación mediante índices, propicia un mejor entendimiento y una adecuada caracterización de la estructura, heterogeneidad espacial y temporal como base objetiva, para proponer políticas de manejo de áreas silvestres, permitiendo una adecuada aproximación a la estructura del ecosistema que resulta manejable en términos de información disponible.

(Sarmiento, y otros, 2002) Establecen que la fragmentación de los ecosistemas son promotores de cambios físicos y bióticos en el cual los atributos ecosistémicos (composición, estructura y función) se ven afectados drásticamente, lo cual propicia una discontinuidad, efecto de borde y un aislamiento de fragmentos; esto modifica a su vez la abundancia de especies e incrementa la vulnerabilidad de las mismas, lo que se entiende como pérdida de biodiversidad.

(Rudas, y otros, 2007), sugieren que para vislumbrar de manera correcta esta anomalía es necesario tener en cuenta las relaciones entre los fragmentos, relictos y la matriz transformada, que se generan a raíz de la reducción de hábitats y perturbaciones en los procesos ecológicos y los servicios ambientales presentes en el área original.

El análisis de la fragmentación se enfoca en la planificación integral del paisaje, con el fin de reconocer la complejidad de los fragmentos a diferentes escalas espacio – temporales, brindando herramientas para la formulación de estrategias que busquen la conservación y protección de muestras representativas de áreas dentro de un hábitat que ha sido intervenida (Ramos, 2004).

Esta investigación se desarrolló con el objetivo de determinar y analizar el estado de fragmentación existente en el área de estudio denominada “Bosque el Agüil” en el municipio de Aguachica, departamento del Cesar, además de brindar información concerniente a su estado, siendo un insumo de información primaria para promover futuras investigaciones enfocadas al desarrollo y conservación del área, al mantenimiento de los atributos, composición, estructura y función de la biodiversidad y que su vez esto permitan el reconocimiento de esta zona como un área natural protegida ante el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).

### **1.5. Delimitación**

Esta investigación se encuentra delimitada por cuatro grupos que permiten el óptimo desarrollo de la misma, durante su ejecución.

**1.5.1. Temporal.** Para la ejecución del análisis del estado de fragmentación se planteó un tiempo de 4 meses a partir de la aprobación del anteproyecto en el mes de agosto del año 2019.

**1.5.2. Geográfica.** Para el desarrollo de la presente investigación se tomó como área de estudio el área natural denominada “Bosque el Agüil” del municipio de Aguachica, Cesar, cuyos límites están establecidos en el POT del municipio.

**1.5.3. Operativa.** La presente investigación tuvo como alcance la delimitación geográfica del área, mediante levantamiento directo en campo a través de antena receptora GPS, se emplearon tres imágenes multiespectrales y plataformas de Sistema de Información Geográfico (SIG). Así mismo se implementaron métricas del paisaje o indicadores de fragmentación como: Área total (CA), Porcentaje del paisaje (PLAND), Perímetro (P), Número de parches (NP), Índice de forma del paisaje (LSI), Densidad de parche (PD), Borde total (TE) y Densidad del borde (ED), mediante la utilización del software FRAGSTATS para su análisis e interpretación.

**1.5.4. Conceptual.** Según (Valdes, 2011), la fragmentación es la división progresiva de un hábitat continuo en un conjunto de fragmentos o parches aislados y de menor tamaño, los cuales se encuentran inmersos en una matriz de hábitat degradado, cualitativamente muy diferente al original. De igual forma (Bustamante & Grez, 1995) se refieren al efecto de borde como la interacción de los diferentes elementos del paisaje con el medio adyacente por medio de fronteras físicas con distintas condiciones microclimáticas evidentes. Así mismo (Rudas, y otros, 2007) definen el paisaje como un área terrestre compuesta de ecosistemas heterogéneos que interactúan entre sí, conformándose como la unidad mínima cartográfica, además especifican que

la ecología del paisaje estudia los atributos ecosistémicos, abarcando la identificación de patrones de heterogeneidad y cambios a través del tiempo.

(Ramos, 2004), afirma la matriz es una extensa área altamente conectada y la cual controla el paisaje o la dinámica regional y puede ser identificada por tres atributos primarios: área, conectividad y control sobre la dinámica del paisaje, que son usados de manera secuencial.

Los indicadores o métricas del paisaje permiten determinar la composición y la configuración del paisaje en forma individual o conjunta, siendo estos empleados para caracterizar la heterogeneidad espacial y suministrar información objetiva del estado actual del paisaje (Sarmiento, y otros, 2002), además como herramienta de comprensión, el software

FRAGSTATS (Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps - Programa de Análisis de patrón espacial de mapas categóricos) está diseñado para calcular y analizar una amplia variedad de métricas del paisaje (McGarigal, Marks, Cushman, & Ene, 2012)

## Capítulo 2. Marco Referencial

### 2.1 Marco Histórico

En los últimos 300 años los procesos de conversión de la cobertura del suelo, además de la intensificación de los usos del mismo a nivel mundial, se han incrementado de forma exponencial, siendo la actividad humana la gran transformadora del paisaje (Aguayo, Pauchard, Azocar, & Parra, 2009). La acelerada pérdida del capital natural se acentúa en forma alarmante en los bosques y selvas tropicales. Para el periodo 1964–1973 los ritmos de deforestación de los bosques tropicales en el mundo se calculó en 21 ha/minuto, lo que significó una pérdida anual de aproximadamente 11.000.000 de hectáreas. Se estima que la conversión de coberturas forestales primarias tropicales a coberturas antrópicas en el mundo alcanzó en promedio 15.5 millones de hectáreas al año en el periodo de 1981-1990, con una tasa anual de pérdida de 0.8%. (Velasquez, y otros, 2002).

En Europa las tasas de fragmentación se incrementaron gracias al crecimiento de los centros urbanos, la industrialización y los corredores de transporte, la (Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), 2013), en el año 2009, categorizo la fragmentación por países con mayor grado de la misma, dando como resultado que Alemania y Países Bajos ocuparon el primer puesto debido a su creciente desarrollo urbano, seguidos de Bélgica, Francia, Republica Checa y Polonia, al comparar sus modelos de producción y políticas en uso de suelo, junto con sus condiciones topográficas.

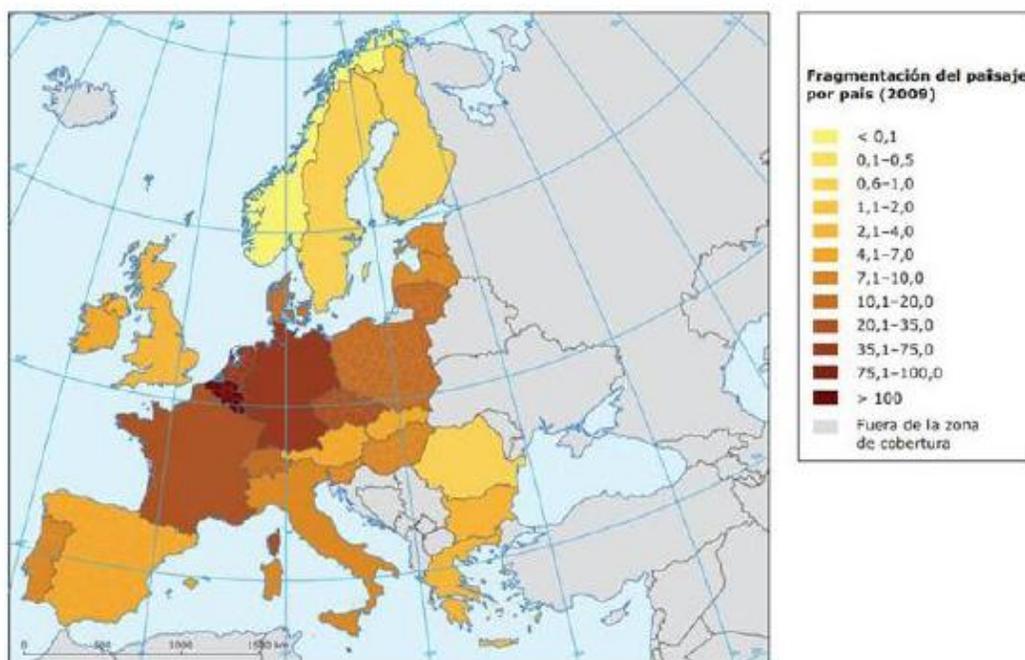


Figura 1. Fragmentación del paisaje por país en el año 2009. Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente, 2013.

Otra evidencia de ello, han sido los bosques y selvas de América latina, para 1995 (FAO, 1990) estimaba que estos a finales del siglo XX se reducirían a un 53% de la cobertura original, sin embargo (Velasquez, y otros, 2002) afirmaron que se habían reducido en más de un 50 % de su cobertura original; y que en particular, países como Brasil, México y Costa Rica fueron el centro de las mayores alteraciones. Estos procesos se han agudizado durante los últimos dos siglos, al cuadruplicarse la densidad de la población y desaparecer más superficie forestal que durante toda la historia de la humanidad sobre la Tierra (Cincotta, Wisnewsky, & Engelman, 2000).

En casos puntuales como el de Bolivia, la deforestación ha llevado a que la fragmentación inicial causada por la topografía y accidentes naturales, se haya incrementado dando como

resultado la disminución del tamaño promedio de los fragmentos y con ello una transición de 1.204 ha en 1976 hasta 54 ha en 2006 (Pinto & Ruiz, 2010).

Por otro lado (Aguayo, Pauchard, Azocar, & Parra, 2009) afirman que los procesos de fragmentación en Chile en los periodos entre 1979 y 2000, han facilitado la colonización de suelos con aptitud forestal, para uso agrícola, incrementando la pérdida de cobertura vegetal en un 21,1%, en suelos de bosque nativo, un 40.1% en terrenos colonizados, y un 38.3% en suelos con cobertura de matorral, la cobertura de bosque nativo registró una pérdida de más de un tercio de su superficie en 20 años.

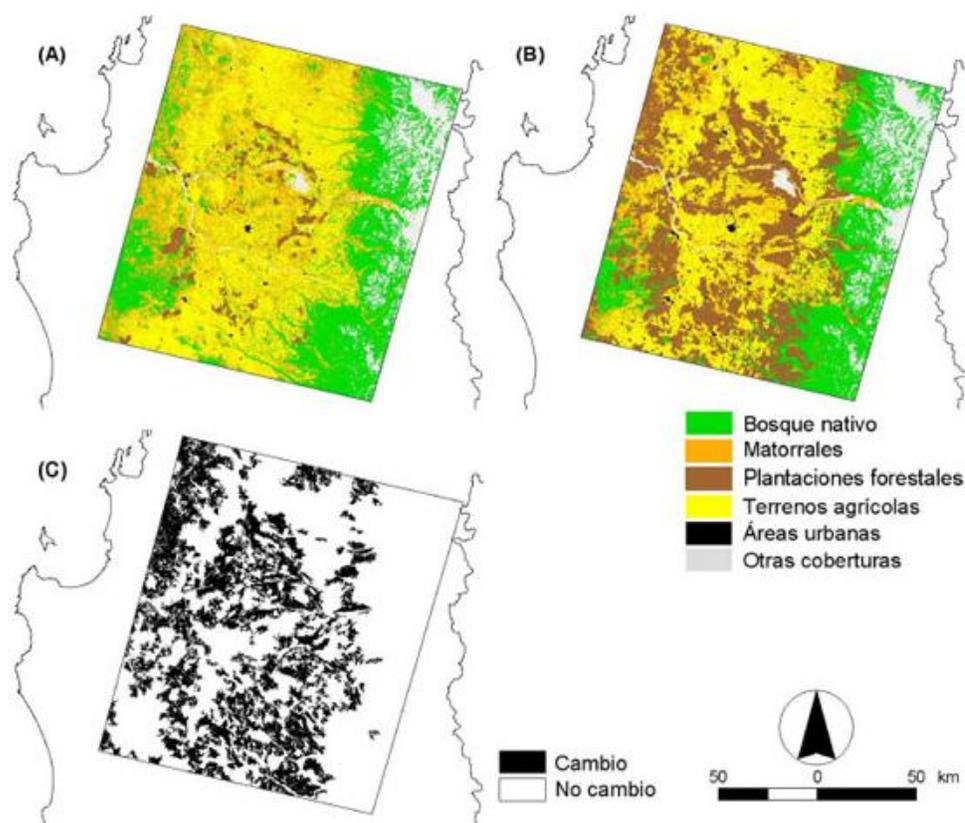


Figura 2. Pérdida de cobertura vegetal, producto de la fragmentación entre los años 1979-2000. Fuente: (Aguayo, Pauchard, Azocar, & Parra, 2009).

En Colombia, el aumento de la población humana y el deseo por la tenencia de la tierra, a partir de su uso agropecuario, ha conducido a la tala casi sistemática de los bosques naturales, hasta llevarlos próximos a la extinción, como ha ocurrido en los bosques secos y las zonas cafeteras (Echeverry & Rodriguez, 2006).

En el contexto nacional, los procesos de fragmentación en Colombia se han incrementado debido a diversos factores, según el (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014) en los últimos 50 años la expansión de la frontera agropecuaria ha pasado de 14,6 millones a 39 millones de hectáreas, conservando solo remanentes de bosques en áreas de reserva forestal, parques nacionales naturales, reserva de la sociedad civil, territorios indígenas y afrodescendientes. De igual forma la frontera agrícola entre los años 1987 y 2007 ha transformado un 14% de las sabanas en zonas de cultivo y pastizales (Andrade & Castro, 2012). Por otro lado (González J. I., 2013), afirma que para el año 2012, 5.6 millones de hectáreas habían sido suscritas a títulos mineros suponiendo una intervención a los ecosistemas para la extracción de materia prima. Igualmente, (Andrade & Castro, 2012), advierten que los procesos de urbanización configuran amplias regiones degradando los paisajes rurales.

La expansión demográfica demanda recursos naturales y la explotación del suelo ayudando a la expansión de la frontera agrícola, por tal razón se evidencia que el 23,6% de los ecosistemas han sido transformados en pastos, cultivos, áreas urbanas y cuerpos de aguas artificiales, generando trastornos a los ecosistemas especialmente en zonas tropicales y subtropicales afectando los microclimas a nivel regional (Andrade & Castro, 2012), (Rudas, y otros, 2007).

## 2.2 Marco Contextual

El municipio de Aguachica se encuentra localizado al nororiente colombiano, en el departamento del Cesar, a los 8° 18' 45" de latitud norte y 73° 37' 37" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, entre la cordillera oriental y el valle del río Magdalena. Limita por el norte con el municipio de La Gloria (Cesar) y El Carmen (Norte de Santander), por el este con Río de Oro (Cesar), por el sur con Río de Oro, San Martín (Cesar) y Puerto Wilches (Santander), por el oeste con Gamarra (Cesar) y Morales (Bolívar). Según datos del 2015, el municipio cuenta con una extensión de 976.27 km<sup>2</sup> y una altitud que va desde los 160 msnm hasta los 212 msnm. En cuanto a densidad poblacional, el municipio cuenta con 106 957 habitantes, según datos del DANE (2018), lo que la constituye como la segunda ciudad del departamento, por debajo de su capital Valledupar.

El área de estudio “Bosque del Aguil” se encuentra ubicado dentro del casco urbano del municipio, es exactamente un relicto de bosque conservado en la periferia de la zona norte del mismo, con alturas que van desde los 150 hasta los 200 metros de elevación sobre el nivel del mar (msnm), es un área de bosque seco tropical atravesada por un bosque de galería, donde, cada una de las formaciones vegetales, presenta taxones exclusivos, que le permiten al “Bosque el Aguil” tener una mayor cantidad de especies. Su distribución es amplia desde la región tropical hasta la franja baja de la región andina, incluye diferentes tipos de bosques y es el punto de enlace fitogeográfico con vegetación de la baja y media montaña de la cordillera Oriental. (Rangel-Ch., 2012)

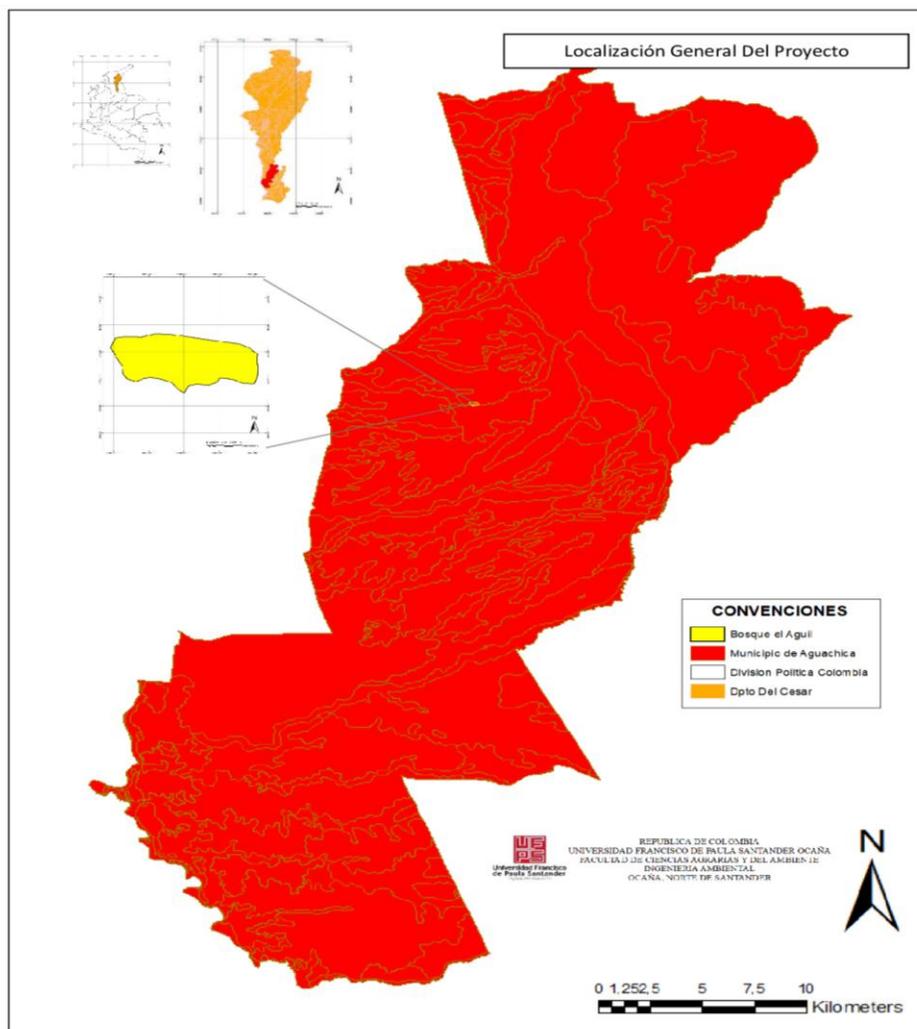


Figura 3. Ubicación general del área de estudio denominada “Bosque el Aguil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 2.3 Marco Conceptual

**2.3.1 Paisaje.** El (Consejo Europeo, 2000) define el paisaje como cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter es el resultado de la acción y la interacción de factores naturales o humanos.

Por otro lado, (Dunn, 1974) entiende el paisaje como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas.

**2.3.2 Ecología del paisaje.** La ecología del paisaje se encarga de analizar y estudiar las transformaciones a través del tiempo, teniendo en cuenta la estructura y función de la matriz del paisaje (Naveh y Lieberman, 1994), examinando los procesos ecológicos, los patrones de distribución y la interrelación de las especies con el mosaico de hábitats (Armesto, Willson, & Reid, 2005). Según Ortega (2009), la ecología del paisaje permite representar de manera cartográfica el paisaje, tomando conceptos y técnicas para el análisis estructural del mismo.

**2.3.3 Ecosistema.** (Ramirez & Gonzales, 2005) Optan por clasificar al ecosistema como unidad fundamental, es decir, lo básico como el primer nivel jerárquico, y que comprende a los seres vivos que viven en un área o lugar determinado, con los factores que son propios o característicos y las relaciones de los seres vivos entre ellos mismos con su ambiente.

**2.3.4 Fragmentación.** El proceso de fragmentación de hábitat es conceptualmente complejo y puede subdividirse considerando *la pérdida de hábitat*, entendida como la disminución total del área del hábitat original a partir de una comparación histórica, y la *fragmentación per se*, referida a la creación de nuevos fragmentos de hábitat cada vez más pequeños y aislados entre sí (Fahrig, 2003).

De igual forma (García, 2011), establece que la fragmentación de hábitats es un proceso de cambio paisajístico con fuertes repercusiones en la viabilidad de las poblaciones, la estructura de las comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas en todo el planeta.

Así mismo (Andren, 1994) y (Bustamante & Grez, 1995) sugieren que el concepto de fragmentación puede ser definido como la transformación de un bosque continuo en unidades más pequeñas y aisladas entre sí, cuya área resultante es mucho menor a la del bosque original.

De acuerdo con (Morera, Romero, & Pinto, 2007), los procesos de fragmentación del paisaje atraviesan diversas etapas o estados de perturbación; en su estado inicial de intacto, exhibe una alteración menor al 10 % de la superficie.

De continuar con el proceso de fragmentación, el ecosistema alcanza un estadio denominado salpicado, significa que la superficie del ecosistema ha sido alterada entre 10 y 40 %, sin embargo los procesos ecológicos naturales aún son dominantes.

Si el proceso de alteración continua, los espacios naturales alcanzan el estadio denominado fragmentado, en el que las áreas cubiertas por los ecosistemas naturales no sobrepasan el 40 o 60%. Por último se considera como un paisaje de relictos cuando la perturbación alcanza 90%.

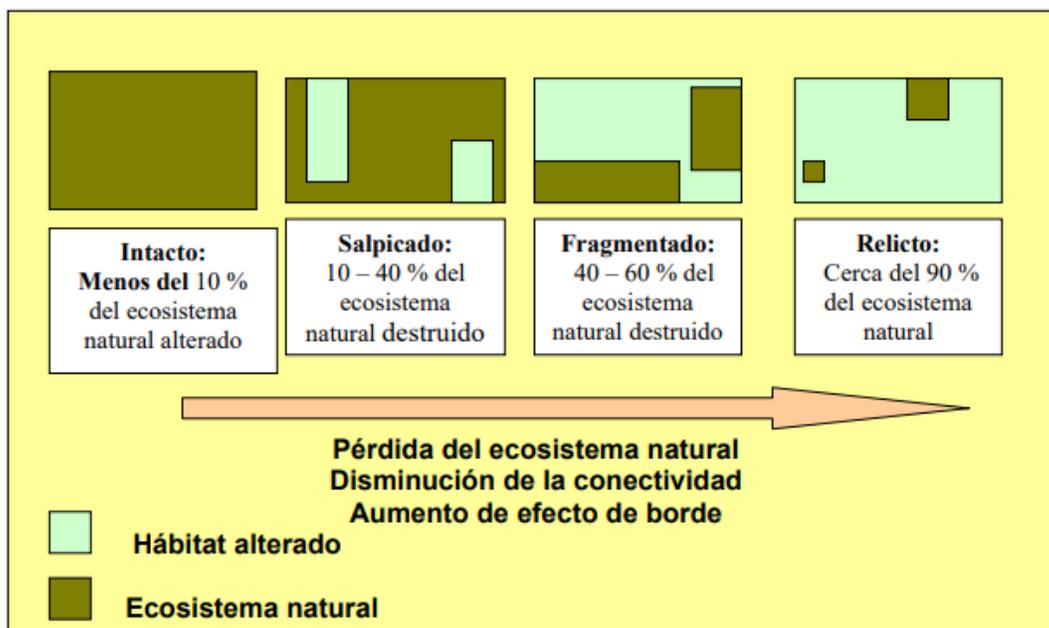


Figura 4. Procesos de fragmentación de los ecosistemas naturales. Fuente: Morera, Pinto y Romero, 2007.

La fragmentación de hábitat debe ser tomado en consideración a la hora de evaluar el estado actual de los recursos naturales en cualquier ecosistema, ya que la fragmentación de los mismos son indicador cuantitativo y relativamente cualitativo del estado de los bosques en un territorio dado y de la diversidad a ellos relacionada (Sanjuan & Tellez, 2016)

**2.3.5 Matriz del paisaje.** La matriz puede describirse como un mosaico de hábitats con distinto grado de alteración y destrucción con respecto al hábitat original (McIntyre & Hobbs, 1999).

Según (Romero & Morlans, 2014), La matriz del paisaje es el elemento más extenso, más conectado con los otros elementos y ejerce una influencia dominante sobre la flora, la fauna y los procesos ecológicos.

**2.3.6 Métricas del Paisaje.** Los métricos del paisaje se usan para caracterizar la heterogeneidad espacial y suministrar una base objetiva para describir el paisaje (Sarmiento, y otros, 2002), proveen información acerca de procesos de deforestación y fragmentación a través de métodos cuantitativos que relacionan la estructura espacial del paisaje entre los fragmentos, por medio de índices de paisaje que pueden ser aplicados en la elaboración de mapas temáticos a partir de imágenes satelitales (Altamirano, Echeverrya, & Lara, 2007).

## **2.4 Marco Teórico**

El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt en su revista denominada “Biota Colombiana”, del año 2012, edición especial dedicada al bosque seco tropical en Colombia (Instituto de Investigacion de Recursos Biologicos Alexander von Humboldt, 2012), señala que este tipo de ecosistemas plantea una situación especial para el país, ya que por un lado se encuentra muy fragmentado debido a que ha perdido la mayor parte de su distribución original en el territorio, y que posee una escasa representatividad en el sistema de áreas protegidas, sumado a que históricamente ha recibido un bajo interés por parte de la comunidad científica, la cual ha enfocado tradicionalmente sus investigaciones en otros ecosistemas como selvas húmedas y páramos, llevándolo a un abandono sistémico.

Por otro lado, en su estudio del año 1998, denominado “El Bosque seco Tropical (Bs-T) en Colombia” el (Instituto Alexander von Humboldt, 1998), establece que el Bosque seco Tropical es considerado entre los tres ecosistemas más degradados, fragmentados y menos conocidos además de aclarar que su gran afectación por fenómenos de fragmentación son debido a la

fertilidad de sus suelos, lo cual ha sido punto de desarrollo de poblaciones humanas y objeto de un intensa transformación.

La conversión de estos bosques ha ocurrido en algunos casos durante miles de años. Esto significa que en muchas regiones solo quedan fragmentos del bosque original y el estado del bosque seco tropical en Colombia no es una excepción. Por ejemplo, Arcila-Cardón y colaboradores muestran que queda menos del 2% del bosque seco tropical de la cuenca alta del río Cauca y que estos fragmentos tienen un tamaño promedio de apenas 6 ha. Dicha situación ilustra claramente la necesidad urgente de conservar estos parches remanentes.

Está clara la relación existente entre la fragmentación de los paisajes con la pérdida de biodiversidad en los mismos, de manera local, regional y nacional, dada la reducción de especies, según (Santos & Tellería, 2006), La reducción en el tamaño de los fragmentos da lugar a una progresiva pérdida de las especies que albergan, tanto más acusada en cuanto menor sea su superficie.

La reducción de fragmentos se da según (Andrade & Castro, 2012) por causas subyacentes tales como **“el uso y tenencia de la tierra”**, donde establece que la huella ecológica dejada por el hombre es sus procesos de desarrollo a través de la actividad agrícola, afecta de manera exponencial el desarrollo de esta problemática, **“la dinámica demográfica”**, **“los valores culturales”** y **“el cambio global”**, estableciendo en este último los efectos del clima sobre la biodiversidad. Por otro lado, (Santos & Tellería, 2006) también traen a colación dos teorías concernientes a la pérdida y fragmentación del hábitat, en primer lugar se refieren a la **teoría**

*insular* desde el punto de vista de la importancia de la configuración espacial del paisaje, de tal forma que sugieren lo siguiente:

“la igualdad de otras condiciones (calidad de hábitat, capacidad dispersiva de las especies, etc.), el número de especies de un fragmento vendría determinado, de acuerdo con las predicciones de la teoría insular, por su tamaño y por su distancia al continente. De este modo, la configuración del paisaje originada por cada proceso de fragmentación particular, con rasgos tales como la ubicación espacial de grandes manchas de hábitat continuo con relación a los fragmentos formados, y la existencia de un mayor o menor número de fragmentos en situaciones muy alejadas de los continentes, determinará, de acuerdo con los postulados insulares, la proporción final de fragmentos vacíos en cada paisaje fragmentado (es decir, el número de extinciones locales)”.

Por ultimo hacen referencia a la teoría del *efecto borde*, desde el punto de vista de su importancia en la calidad del hábitat, estableciendo que la disminución del tamaño de los fragmentos se asocia a un incremento inevitable de la relación perímetro/superficie regido por reglas de geometría básica. Creando así en todos los fragmentos una banda perimetral de hábitat con condiciones adversas para muchas de las especies allí acantonadas.

En todos los casos, aseguran que el entendimiento los procesos de los disturbios, fragmentación y recuperación de los ecosistemas permiten constatar áreas de especial relevancia para la conservación de la biodiversidad y de los servicios ambientales presentes en ellas.

## 2.5 Marco Legal

Con la creación del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, establecido mediante decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974, y la promulgación de la constitución política de 1991, nacen en Colombia las políticas ambientales para el territorio nacional, elevando de esta forma la protección y el cuidado de la biodiversidad y el medio ambiente, a la categoría de norma constitucional. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). Posteriormente, la administración de la política ambiental en Colombia, se ve estructurada con la creación de la ley 99 de 1993, dado que con ella, nace el Ministerio de Medio Ambiente junto con el Sistema Nacional Ambiental (SINA) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

A partir de entonces, la política ambiental en Colombia se ha ido fortaleciendo expidiendo medidas normativas y legislativas que promueven el desarrollo de actividades cuyo fin son el de administrar y proteger la biodiversidad. Dichas normativas se encuentran a continuación, tanto en el marco constitucional (ver Tabla 1) como en el marco legal general en el cual, por medio del Decreto 1076 del 26 de mayo del 2015 conocido como Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible se recopila en un solo documento todas las normas vigentes en materia ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016) (ver Tabla 1).

**Tabla 1***Marco constitucional*

<b>Artículo 8</b>	Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
<b>Artículo 80</b>	Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.
<b>Artículo 313</b>	Corresponde a los concejos: Dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del municipio.

**Nota:** La tabla muestra los artículos más relevantes respecto al Medio Ambiente presente en la Constitución Política de Colombia de 1991. Fuente: (Sanjuan & Tellez, 2016)

**Tabla 2.***Marco legal*

*Marco Legal*

*Marco Legal General Decreto 1076 del 26 de mayo del 2015*

*“Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo*

*Sostenible”*

<b>NORMA</b>	<b>Concepto o artículo</b>
<b>Ley 23 de 1973</b>	<b>Artículo 1</b> Esta ley tiene por objeto prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional.
Por el cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones.	<b>Artículo 2</b> Fundado en el principio de que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos, este Código tiene por objeto:  <b>a.</b> Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad (...)
<b>Decreto Ley 2811 de 1974</b>	<b>Artículo 47</b> Sin perjuicio de derechos legítimamente adquiridos por terceros o de las normas especiales de este Código, podrá declararse reservada una porción determinada o la totalidad de recursos naturales renovables de una región o zona cuando sea necesario para organizar o facilitar la prestación de un servicio público, adelantar programas de restauración, conservación o preservación de esos recursos y del ambiente (...).
Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	<b>Artículo 206</b> Se denomina área de reserva forestal la zona de propiedad pública o privada reservada para destinarla exclusivamente al establecimiento o mantenimiento y utilización racional de áreas forestales productoras, protectoras o productoras-protectoras.
	<b>Artículo 308</b> Es área de manejo especial la que se delimita para administración, manejo

---

	y protección del ambiente y de los recursos naturales renovables.
<p><b>Decreto 1608 de 1978</b> Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente en materia de fauna silvestre y reglamenta por tanto las actividades que se relacionan con este recurso y con sus productos.</p>	<p><b>Artículo 309</b> La creación de las áreas de manejo especial deberá tener objetos determinados y fundarse en estudios ecológicos y económico-sociales.</p> <p><b>Artículo 3</b> En conformidad con este estatuto regula:</p> <p>1. La preservación, protección, conservación, restauración y fomento de la fauna silvestre a través de:</p> <p style="padding-left: 40px;">a) El establecimiento de reservas y de áreas de manejo para la conservación, investigación y propagación de la fauna silvestre.</p>
<p><b>Ley 99 de 1993</b></p> <p>Se crea el Ministerio del Medio Ambiente.</p> <p>Se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.</p>	<p><b>Artículo 1</b> Principios Generales Ambientales. La política ambiental colombiana seguirá los siguientes principios generales:</p> <p>2. La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.</p> <p>10. La acción para la protección y recuperación ambientales del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado. El Estado apoyará e incentivará la conformación de organismos no gubernamentales para la protección ambiental y podrá delegar en ellos algunas de sus funciones.</p>
<p>Se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.</p>	<p><b>Artículo 5</b> Funciones del Ministerio. Corresponde al Ministerio del Medio Ambiente:</p> <p>2. Regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales (...)</p>
<p><b>Ley 388 de 1997</b></p> <p>Ordenamiento territorial municipal y distrital y planes de ordenamiento territorial.</p>	<p><b>Artículo 31</b> Las Corporaciones Autónomas Regionales ejercerán las siguientes funciones:</p> <p>6. Celebrar contratos y convenios con las entidades territoriales, otras entidades públicas y privadas y con las entidades sin ánimo de lucro cuyo objeto sea la defensa y protección del medio ambiente y los recursos naturales renovables (...)</p>
<p><b>Decreto 2372 de 2010</b></p> <p>Reglamenta el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y los procedimientos generales</p>	<p><b>Artículo 30</b> <i>Clases de suelo.</i> Los planes de ordenamiento territorial clasificarán el territorio de los municipios y distritos en suelo urbano, rural y de expansión urbana. Al interior de estas clases podrán establecerse las categorías de suburbano y de protección (...)</p> <p><b>Artículo 35</b> <i>Suelo de protección.</i> Constituido por las zonas y áreas de terreno localizados dentro de cualquiera de las clases que, por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales (...) tiene restringida la posibilidad de urbanizarse.</p> <p><b>Artículo 18.</b> <i>Registro de reservas naturales de la sociedad civil.</i> Los propietarios privados que deseen que los predios destinados como reserva natural de la sociedad civil se incluyan como áreas integrantes del SINAP, deberán registrarlos ante la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (...)</p>

**Nota:** La tabla muestra de forma general la normatividad ambiental vigente respecto áreas naturales de especial importancia para la protección y conservación de su biodiversidad. Fuente: (Sanjuan & Tellez, 2016).

## Capítulo 3. Diseño Metodológico

### 3.1 Tipo de Investigación

El presente trabajo tomo como referencia los tipos de investigación sugeridos por Hidalgo, haciendo referencia a lo citado en (Tam, Vera, & Oliveros, 2008), que los clasifica de la siguiente forma:

- Propósito de la investigación: puede ser básica o aplicada
- Medios utilizados para la obtención de datos: puede ser de manera documental, de campo o experimental.
- Nivel del conocimiento: se enfoca de forma exploratoria, descriptiva o explicativa.
- Aplicación de la investigación: se aplica de manera histórica, descriptiva o experimental.

De acuerdo a lo anterior, la investigación en cuanto al propósito, fue de manera aplicada, dado que busca la resolución de problemáticas, mediante el uso de conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. (Murillo, 2008). En cuanto a la obtención de datos, estuvo dada por la obtención en campo, puesto que dicha práctica permite al investigador relacionarse con el objeto de estudio y le permite construir por sí mismo la realidad estudiada, además tiene el propósito de recopilar información empírica sobre la realidad del fenómeno a estudiar (Rodriguez, Florez, & Garcia, 1996). El nivel de conocimiento fue tipo exploratorio, dado que permitió examinar o explorar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado nunca antes, además

de ampliar el conocimiento sobre un fenómeno para precisar mejor el problema a investigar. (Cazau, 2006). Por último, para el caso de la aplicación de la investigación, se tomó un enfoque descriptivo, dado que es concluyente y tiene como objetivo principal la descripción, generalmente, las características o funciones del problema. (Malhotra, 1997)

### **3.2 Población**

El presente trabajo está enmarcado en el análisis de la fragmentación del paisaje, entendiendo dicho fenómeno de forma cuantitativa, perteneciente a una zona de vida, entendiendo zona de vida según Holdridge (1967) como un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo.

De acuerdo a esto se definen como población los relictos o parches, resultantes de la degradación del bosque seco tropical BST existente en las zonas sur del departamento del Cesar.

### **3.3 Muestra**

En el desarrollo del presente trabajo de grado se tomó como muestra representativa el área natural denominada “Bosque del Agüil”, ubicada en la zona de vida: Bosque Seco Tropical (bst) del municipio de Aguachica, Cesar, Colombia.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para el reconocimiento de la estructura espacial del área denominada “Bosque del Agüil”, se requirió realizar una serie de visitas a campo para corroborar los límites espaciales reales con los establecidos según el plan de ordenamiento territorial del municipio del 2002, además de la ubicación de varios mojones de alinderamiento con sus respectivas coordenadas geográficas capturadas con antena receptora GPS marca Garmin calibrado en las placas geodésicas del municipio de Aguachica, utilizando el software oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi MAGNA-SIRGAS Pro 3.0 Beta, dado que el sistema actual versión 4.2 pro, no se encuentra disponible, posteriormente se convirtieron estas coordenadas al sistema de coordenadas planas, lo que permitió conocer el número de plancha de la zona de estudio.

Partiendo de las coordenadas planas en el software del Sistema de Información Geográfico ArcGis versión 10.4.1 extensión ArcMap con licencia propia, se generó el polígono de la zona en formato shapefile (Shp), luego con imágenes aéreas capturadas mediante Dron se validaron los datos de campo, además con la utilización de planimetría se obtuvo el área superficial, el perímetro y coordenadas (X, Y) del área de estudio.

Por su parte para el cálculo de la pendiente media y compleja del terreno se utilizó la clasificación propuesta por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, así mismo las unidades del suelo, relieves, paisajes, clase agrologica, cuenca e hidrografía se fundamentaron en la información disponible del “Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Cesar” (Instituto Geografico Agustin Codazzi, 2018), La precipitación media anual, la

temperatura media anual y la evapotranspiración se obtuvieron a partir de la información climática de las estaciones meteorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) basados en el catálogo de estaciones activas mediante el proceso de isoyetas e isotermas por el método geoestadístico de interpolación Splining (Chuana & Yugar, 2009).

Para la determinación de las coberturas de la tierra en el periodo 2009 – 2019 se emplearon imágenes de los satélites ALOS, SPOT 7 y Google, este último obtenido del software ruso SAS Planet versión 160606 cuyas características generales de los satélites se muestran a continuación.

**Tabla 3**  
*Bandas espectrales SPOT7*

<b>Dominio espectral</b>	<b>Banda</b>	<b>Longitud de onda (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Aplicación</b>
Verde	1	0.50 – 0.59	Batimetría en aguas turbias, estimación de sedimentos, vigor de la vegetación.
Rojo	2	0.61 – 0.68	Clasificación de cultivos, color de los suelos y del follaje de las plantas.
Infrarrojo Cercano (IRC)	3	0.78 – 0.89	Estudio de biomasa, tipos de bosques, delimitación agua-suelos.
Infrarrojo Medio (IRM)	4	1.58 – 1.75	Humedad en vegetación, diferenciación nubes-nieve.
Pancromática	1	0.48 – 0.71	Catastro, cartografía básica, planificación urbana.

**Nota:** La tabla muestra de manera general las bandas espectrales de las imágenes del satélite SPOT 7 y sus principales aplicaciones. Fuente: Posada, Ramírez y Espejo, 2012

**Tabla 4***Bandas espectrales SAS PLANET*

<b>Dominio espectral</b>	<b>Banda</b>	<b>Longitud de onda (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Aplicación</b>
Azul	1	0.45 – 0.52	Batimetría en aguas claras, diferenciación de suelos y tipos de bosques.
Verde	2	0.52 – 0.60	Batimetría en aguas turbias, estimación de sedimentos, vigor de la vegetación.
Rojo	3	0.63 - 0.69	Clasificación de cultivos, color de los suelos y del follaje de las plantas.

**Nota:** La tabla muestra de manera general las bandas espectrales de las imágenes del satélite SAS PLANET del satélite de Google y sus principales aplicaciones. Fuente: Posada, Ramírez y Espejo, 2012.

**Tabla 5***Bandas espectrales satélite ALOS.*

<b>Dominio espectral</b>	<b>Banda</b>	<b>Longitud de onda (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Azul	1	0.42 – 0.50
Verde	2	0.52 – 0.60
Rojo	3	0.61 – 0.69
Infrarrojo Cercano (IRC)	4	0.76 – 0.89
Pancromática	5	0.52– 0.77

**Nota:** La tabla muestra de manera general las bandas espectrales de las imágenes del satélite ALOS. Fuente: Soluciones Integrales en Geomática, s.f.

Mediante la metodología de reclasificación del “**Manual de ArcGis 10 Intermedio**”

(Puerta, Rengifo, & Bravo, 2012) se especificaron las firmas espectrales que más se acoplaron a los fines de la investigación.

Para el análisis de los patrones de fragmentación en el área de estudio denominada “Bosque del Agüil” se tomaron como unidad, los mapas de coberturas de la tierra para los años 2009 y 2019 obtenidos del segundo objetivo, para luego realizar el proceso de rasterización, el cual permitió el cambio de formato vectorial a modelo raster, una vez rasterizados los archivos

shapefile se exportaron sus respectivas tablas de atributos a formato(.txt) para facilitar el cálculo de los indicadores de fragmentación por medio del software Fragstats (Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps - Programa de análisis de patrón espacial de mapas categóricos) versión 4,2. programa de acceso libre con fundamento matemático para cada uno de los índices a calcular, dicho software se encuentra disponible en la página oficial de la University of Massachusetts y está diseñado para calcular y analizar una amplia variedad de métricas del paisaje como: Área total (CA), Porcentaje del paisaje (PLAND), Perímetro (P), Número de parches (NP), Índice de forma del paisaje (LSI), Densidad de parche (PD), Borde total (TE) y Densidad del borde (ED) (McGarigal, Marks, Cushman, & Ene, 2012).

Las métricas calculadas en este proyecto de acuerdo a McGarigal *et al.*, están agrupados en cinco (5) tipos de indicadores cuyo fundamento matemático se encuentre detallado en la tabla 6.

- **Índice de área, superficie, densidad y variabilidad:** (I) Class area (CA): Calcula el área correspondiente al conjunto de fragmentos que constituye una clase determinada, (II) Number of patches (NP): Número de fragmentos totales y número de fragmentos de cada clase, (III) Patch density (PD): Número de fragmentos de cada clase por unidad de superficie y (IV) Percent of Landscape (PLAND): Proporción de cada clase en el paisaje.
- **Índice de forma:** (I) Landscape Shape Index (LSI): calcula la relación entre área y perímetro para el conjunto del paisaje.
- **Índice de ecotono y hábitat interior:** (I) Perimeter (P): perímetro del conjunto del fragmento, (II) Total edge (TE): perímetro del ecotono a nivel de clase o del conjunto del paisaje, (III) Edge density (ED): Perímetro del ecotono en relación con la superficie del paisaje.

- Índice de distancia, vecindad y conectividad
- Índice de diversidad del paisaje

**Tabla 6***Métricas del Paisaje o Indicadores de Fragmentación*

Class area (CA) – Área total	Landscape Shape Index (LSI) – Índice de forma del paisaje
$CA = \sum_{j=i}^n a_{ij} \left( \frac{1}{10.000} \right)$	$LSI = \frac{e_i}{\min e_i}$
Number of patches (NP) – Número de parches o fragmentos	Perimeter (P) – Perímetro
$NP = n_i$	$P = P_{ij}$
Patch density (PD) – Densidad de parches o fragmentos	Total edge (TE) – Total de borde
$PD = \frac{n_i}{A} (10.000)(100)$	$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$
Percent of Landscape (PLAND) – Porcentaje del paisaje	Edge density (ED) – Densidad de borde
$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=i}^n a_{ij}}{A} (100)$	$ED = \frac{E}{A} (10.000)$

$a_{ij}$  = área (m<sup>2</sup>) del fragmento  $ij$ .

$A$  = área total del paisaje (m<sup>2</sup>).

$p_{ij}$  = perímetro (m) del fragmento  $ij$ .

$n_i$  = número de parches en el paisaje de cierto tipo de clase.

$e_i$  = total de la longitud de borde (perímetro) que envuelve a la clase correspondiente, expresada en número de celdas.

$E_{ik}$  = longitud total (m) del borde en el paisaje con el tipo de clase.

**Nota:** La tabla muestra de manera general los fundamentos matemáticos de algunas métricas del paisaje a utilizar. Fuente: (McGarigal, Marks, Cushman, & Ene, 2012)

## Capítulo 4. Resultados

### 4.1. Estructura espacial del área natural denominada “Bosque el Agüil”.

De acuerdo a lo establecido por el (Consejo Municipal de Aguachica, Cesar, 2001), el municipio de Aguachica se encuentra localizado al sur del departamento del Cesar a 301 Km de Valledupar (capital del departamento), su cabecera municipal se encuentra geográficamente ubicada a  $08^{\circ} 45'$  de latitud norte y  $73^{\circ}37' 37''$  de longitud oeste a partir del meridiano de Greenwich, con una elevación de entre 130 y 190 metros sobre el nivel del mar (msnm); Según las coordenadas X1:1.375.000, X2: 1.430.000; Y1: 1.035.000, Y2: 1.065.000.

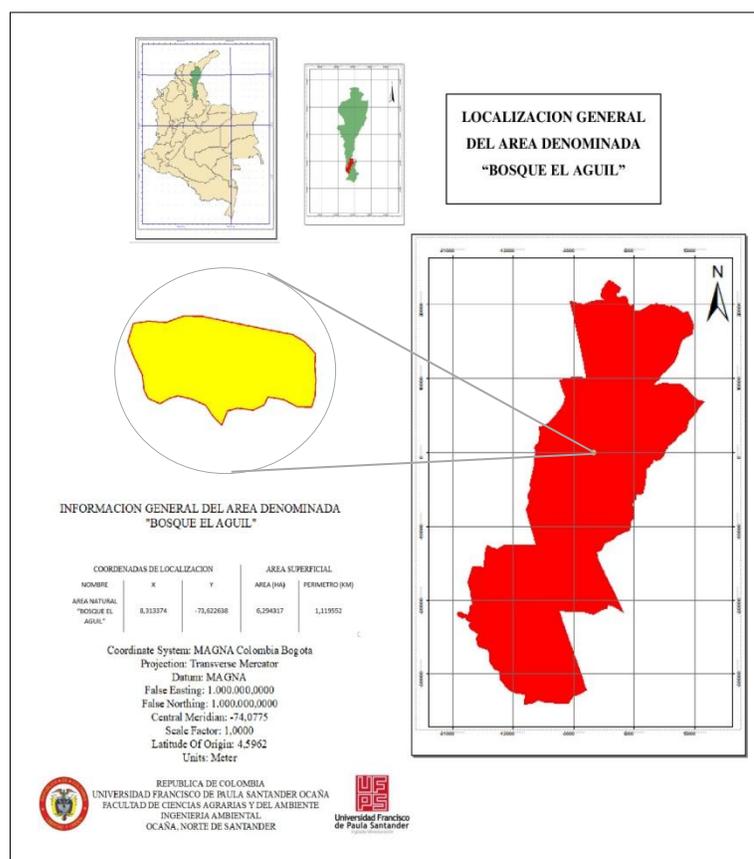


Figura 5. Localización general del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. Fuente: Elaboración propia, 2019.

El municipio se localiza en la zona intertropical ecuatorial, con una extensión total de 876,26 Km<sup>2</sup> y una temperatura que oscila entre los 28°C y 35°C, además presenta precipitaciones con una media anual de 1835 mm. El área de estudio denominada “Bosque del Agüil” se encuentra el parte nor-oeste el casco urbano del municipio (figura 5)

Para fines del proyecto en materia metodológica, se adaptó la “Guía específica para realizar actividades del proceso catastral en áreas protegidas que conforman el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas SIGAP”, al reconocimiento de límites para un área natural como lo es la zona de estudio, dado que tanto en el POT del municipio realizado en el año 2002, como en la corporación autónoma encargada CORPOCESAR, no existen exactitudes en cuanto a la extensión y delimitación del predio, es así como se realizaron visitas de campo junto con el guardabosque de la zona AGUSTIN MANRRIQUE, para establecer los límites de la zona según los senderos de manejo determinados por la alcaldía municipal y la oficina de planeación y catastro.

El alinderamiento físico del área yace establecido mediante estructuras de concreto denominadas “mojones”, instalados mediante convenio realizado con la gobernación del cesar denominado “Programa de educación ambiental en Aguachica, para propiciar la conservación y protección del bosque del Agüil” en el año 2010, con un total de 23 mojones descritos en la tabla 8, además se tomaron sus coordenadas geográficas capturadas con antena receptora GPS marca Garmin ETREX 10 calibrado en las placas geodésicas del municipio de Aguachica.

**Tabla 7.***Características de los mojones*

CARACTERÍSTICAS	MOJONES
Forma física	Cubica, en material de concreto solido
Altura total	2 metros
Altura visible	1,63 metros
Altura enterrada	0,37 metros
Ancho	0,30 metros
Color de pintura en altura visible	Rojo
Material	Concreto
Leyenda para la identificación	Numero de consecutivo.



**Nota:** La tabla muestra en general las características físicas de los mojones distribuidos en el área de estudio denominada “Bosque del Agüil”. Fuente: Autor del proyecto, 2019.

A partir de los datos recolectados se originó la planimetría del área denominada “Bosque el Agüil”, obteniendo un área aproximada de 6,23 Ha de zona monitoreada y un perímetro de 1,12 Km.

Para el cálculo de la pendiente media y compleja de la zona, se utilizaron herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizando el proceso de reclasificación de un Modelo de Elevación Digital (DEM) con una resolución de 30 metros obtenido de la página oficial de *Earth Data* de la Aeronáutica Nacional y Administración Espacial (NASA) y adaptando la clasificación propuesta por el Instituto Colombiano Agustín Codazzi (IGAC) en la resolución 2965 de septiembre 12 de 1995, donde establece 7 categorías, dichas pendientes se clasificaron con los valores presentes en la siguiente figura 6.

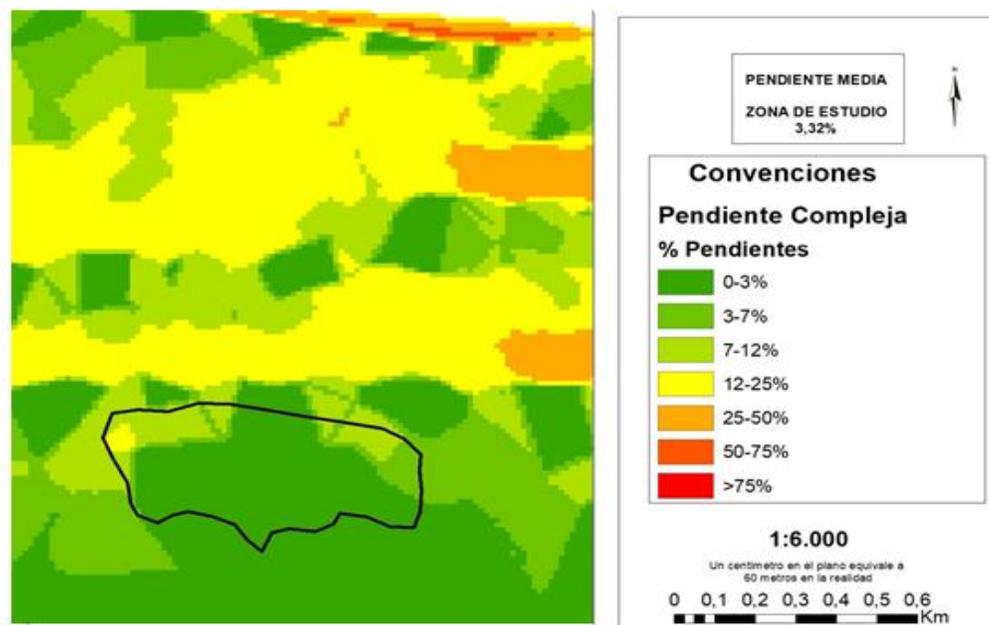


Figura 6. Pendiente media y compleja del área de estudio denominada “Bosque El Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. Fuente: Autor del proyecto, 2019

Luego de haber obtenido los datos tras el proceso de reclasificación para calcular la pendiente media del área de estudio, se obtuvo un valor de 3,32% que indicó una topografía de terreno ligeramente ondulado o ligeramente inclinado, ya que se encuentra en el rango de 3 – 7%, según la tabla de valores para pendientes medias y complejas del IGAC (Tabla 8).

**Tabla 8.**

Pendiente (%)	Descripción
0-3	Terrenos planos o a nivel
3-7	Terrenos ligeramente inclinados o ligeramente ondulados
7-12	Terrenos ondulados a ligeramente quebrados
12-25	Terrenos fuertemente ondulados o fuertemente quebrados
25-50	Terrenos fuertemente quebrados o ligeramente escarpados
50-75	Terrenos escarpados
>75	Terrenos fuertemente escarpados

*Tabla de valores para la clasificación de pendiente media y compleja.*

**Nota:** La tabla muestra la clasificación de pendientes según la resolución 2965 de 1995 del IGAC. Fuente: IGAC.

De acuerdo a la pendiente compleja del área se pudo evidenciar zonas con pendientes de 0 a 3% equivalentes a terrenos planos o a nivel representados por la gama de color: verde opaco, pendientes de 3 a 7% correspondientes a terrenos ligeramente inclinados o ligeramente ondulados representados por la gama de color verde de tonalidad media, pendientes de 7 a 12% equivalente a terrenos ondulados representados por la gama de verde en tonalidad clara y pendientes de 12 a 25% correspondiente a terrenos fuertemente ondulados, constituyendo en si áreas de fácil acceso.

Basados en el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de cesar a escala 1:100000, la zona de estudio cuenta con las siguientes características biofísicas.

**Paisaje.** El municipio de Aguachica, cesar, está conformado por tres tipos de paisaje: (I) Paisaje de Lomerío con una extensión de 89736,73 ha., (II) Paisaje de Piedemonte con una extensión de 16781,13 ha.

Y paisaje de planicie con una extensión de 40930,17 ha. Lo cual se puede apreciar en la figura 7.

La zona de estudio se identificó en el paisaje de planicie cuyas características generales son de alturas comprendidas entre 122 a 250 m.s.n.m. con topografía ondulada y pendientes ligeramente inclinadas.

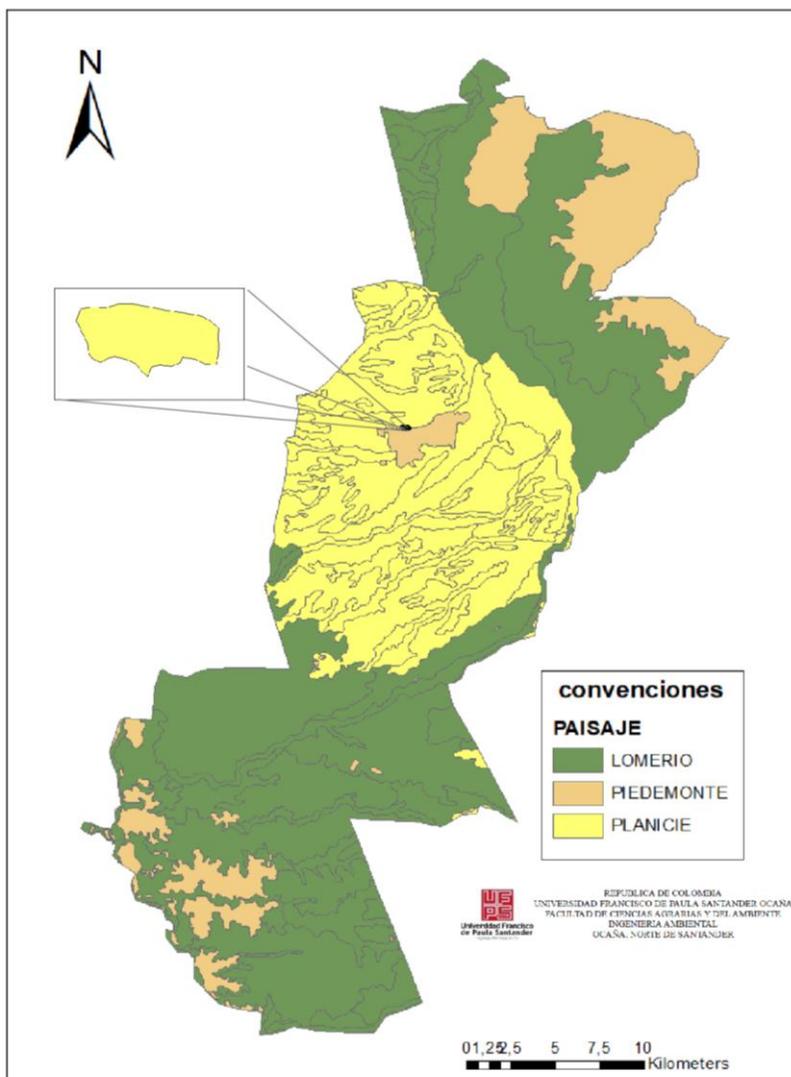


Figura 7. Tipo de paisaje del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. Fuente: Autor del proyecto, 2019.

**Suelos.** Los suelos de planicie corresponden a la formación aluvial de los ríos Magdalena, Cesar, Lebrija y Ariguani, son suelos con composiciones de materiales que varían desde arenas hasta arcillas así como depósitos orgánicos, estos se encuentran localizados a altitudes menores a los 200 msnm, con climas que van desde los 24°C hasta los 37°C configurando así climas cálidos húmedos a cálidos secos. Presenta relieves planos y relieves planos cóncavos, con zonas susceptibles de inundación prolongada. Dentro de los paisajes de planicie se encuentran 14 unidades cartográficas distribuidas en los diferentes climas. La zona de estudio se identificó en la

unidad cartográfica de asociación PWDd3, que corresponde a suelos de textura arcillosa arenosa, poco profundos a moderadamente profundos, bien drenados, pobres en carbón orgánico y en potasio, medios en fósforo, pH entre 6.8 (cerca a la neutralidad) y 7.7 (ligeramente alcalino).

**Clase agrológica.** De acuerdo a las características edáficas como lo son la susceptibilidad a erosiones con posibilidades de afloramientos rocosos, poca profundidad de los suelos, fluctuaciones en el nivel freático, horizontes endurecidos por acumulaciones de sales, baja fertilidad, se clasifican estos suelos por su capacidad de uso en clase IV como se observa en la figura 9, estas tierras corresponden a la mayor extensión agrícola de zonas con relieve plano. Con la implementación de riego y rotación de uso, se puede optimizar su aptitud para la mayoría de los cultivos de clima cálido – seco.

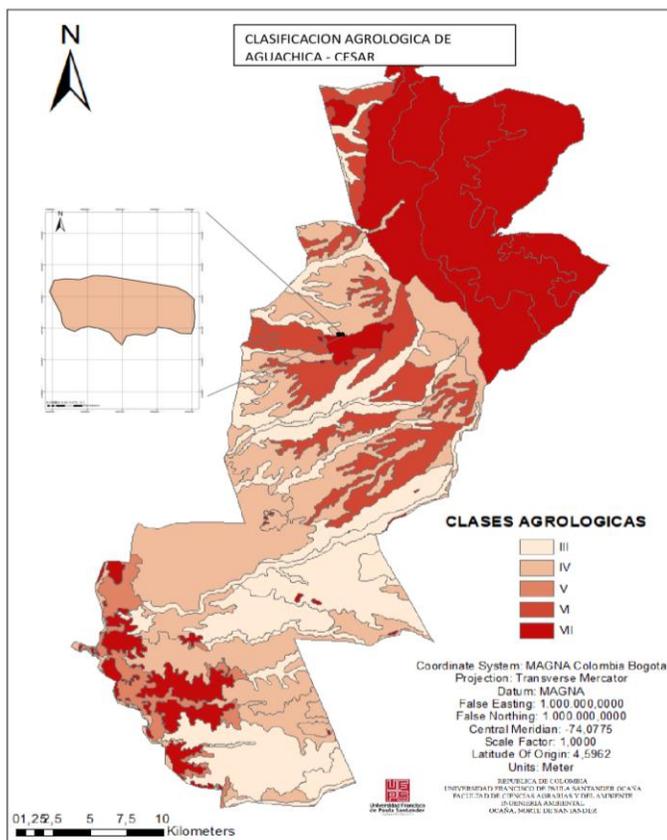


Figura 8. Clase agrológica del área de estudio denominada “Bosque El Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. Fuente: Autor del proyecto, 2019.

**Cuencas e hidrografía.** La red hidrográfica que cubre el Departamento del Cesar hace parte de la cuenca del río Magdalena, este río bordea el departamento y forma parte del límite suroccidental, este recorre aproximadamente 100 kilómetros del mismo y sirve de drenaje de las corrientes de la mitad sur departamental. Una de las principales corrientes superficiales es el río Cesar, el cual desemboca en la ciénaga de Zapatosa, y forma en la parte baja una gran llanura de inundación.

Las corrientes sur departamentales se originan en la Serranía de los Motilones como el río Buturama, el río San Alberto. Otras corrientes que drenan el departamento son: el río Ariguaní que forma parte del límite occidental con el Departamento del Magdalena, el río Pereira que lo separa del Departamento de La Guajira, el Lebrija que le sirve de límite con el Departamento de Santander y los ríos Badillo, Magiriaimo y Cascará.

**Hidrografía.** El área de estudio corresponde a la zona de amortiguación de la microcuenca el Pital, perteneciente a la subcuenca del río Buturama y esta su vez a la gran cuenca del río Magdalena. La microcuenca el Pital cuenta con un área de 6.568 ha.

La longitud del río es de 27,12 km hasta donde confluye con el río Magdalena en sentido este-oeste. La zona de estudio denominada “Bosque el Agüil” es atravesada por la principal corriente hídrica el Pital con una longitud de 262,94 m. como se observa en la figura 9.

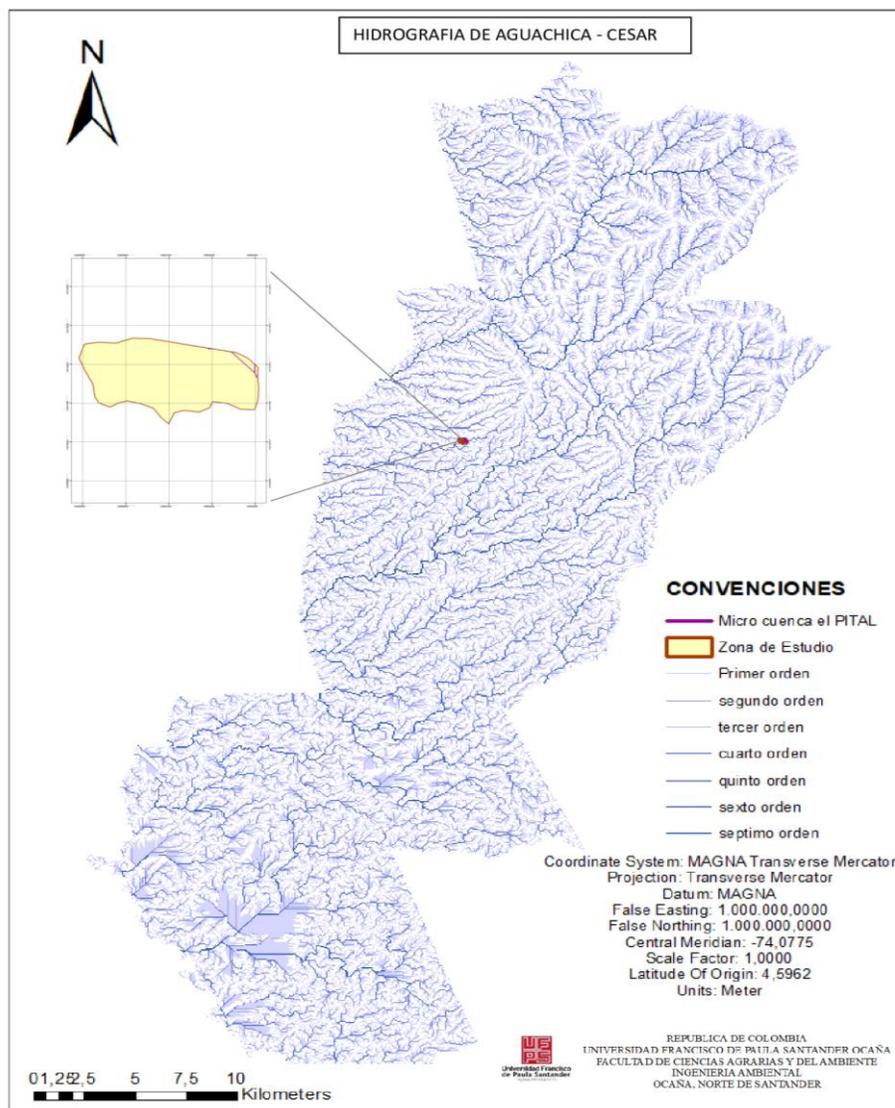


Figura 9. Cuencas e hidrografía del área de estudio denominada “Bosque el Aguil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. Fuente: Autor del proyecto, 2019

## Clima

**Precipitaciones.** Los datos climáticos de la zona de estudio se obtienen mediante cuatro estaciones de muestreo, entre las cuales tenemos: la estación Aguas Claras, cuyas precipitaciones

anuales son de 1372 mm y con un período lluvioso y otro seco, el primero va de abril a octubre y el segundo de noviembre a marzo.

La estación La Vega con precipitaciones de 1381 mm y un régimen de distribución de lluvias bimodal-tetraestacional, es decir que presenta dos épocas de lluvias, la primera va de abril a junio y la segunda que va de agosto a octubre, seguido de los periodos secos comprendidos entre los meses de noviembre a marzo y en ocasiones extendiéndose hasta julio. La estación Gamarra con precipitaciones anuales de 1346 mm y la estación de Aguachica que registra precipitaciones anuales de 1389 mm.

**Temperatura.** El promedio de las máximas es de 31.6°C, de las mínimas 26.8°C constituyendo una de media es 28.5°C.

**Balance hídrico.** El tipo de clima según Thornthwaite es DS2A', semiárido con deficiencia moderada de agua en la época seca, con climas megatermales (temperaturas mayores a 24 °C). Los registros pluviométricos sitúan la zona del Agüil en la unidad climática B ( $\geq 1000$ -1400 mm de precipitación anual).

**Estacionalidad de las lluvias.** La distribución de la lluvia ejerce una marcada influencia en el aspecto de la vegetación y por ende en la fauna asociada. Los organismos acoplan su desarrollo a este patrón climático. Numerosas especies de árboles pierden sus hojas y se acumula en el suelo gran cantidad de hojarasca como se ve en la Figura 10.

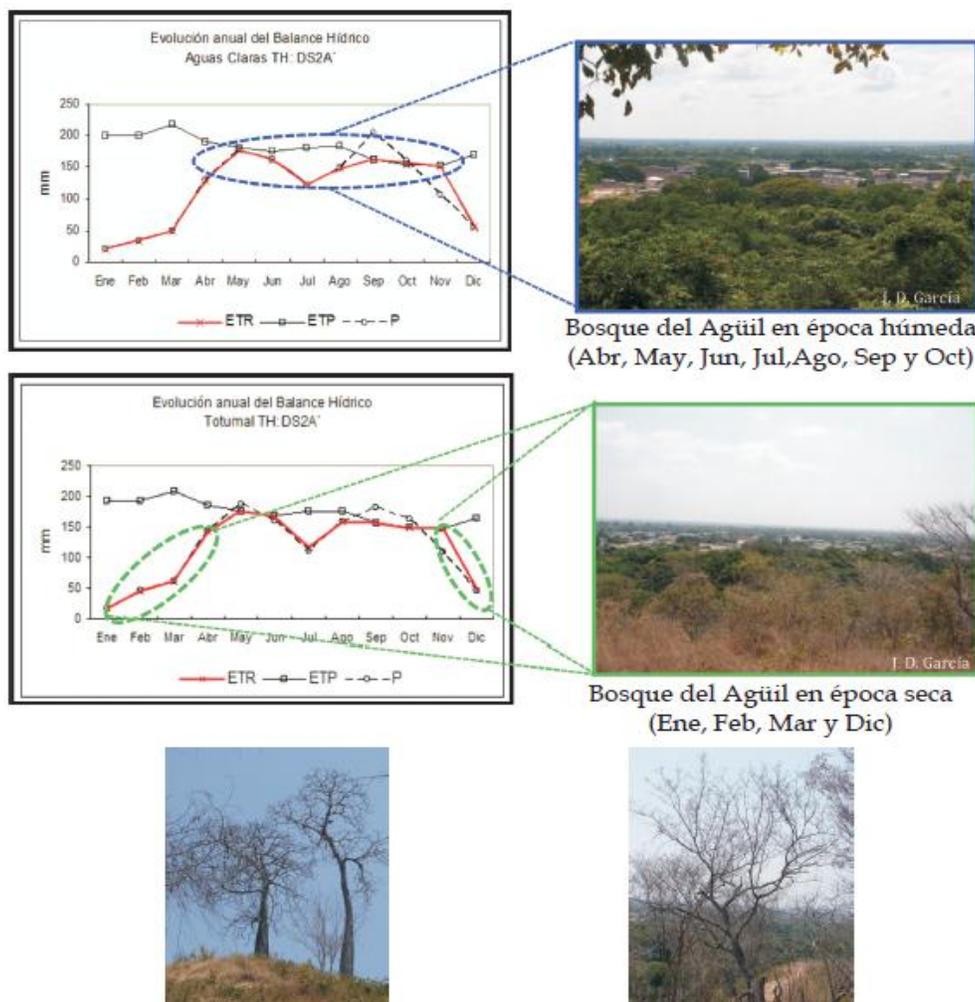


Figura 10. La estacionalidad de la lluvias y su influencia en el bosque del Agüil, Fuente: (Rangel-Ch., 2012).

**Cálculo de precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial.** Para el cálculo de las precipitaciones y temperaturas de la zona de estudio se manejaron las herramientas del Sistema de Información Geográfico (SIG) conocida como interpolación Spline, para ello se tomaron en cuenta los datos meteorológicos de los últimos 20 años (1998 – 2018) de cuatro estaciones meteorológicas ubicadas en los sectores de: Gamarra, Aguachica, la vega jurisdicción de la Gloria y el sector de Aguas Claras jurisdicción de Aguachica, proporcionados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Así como se muestra en las figuras 11 y 12

Estaciones	Nombre	Codigo	Altitud	Latitud (N)	Longitud (o)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
1	gamarra	23217080	148,75	8,28428611	-73,7533889	403,8	1103,72	1130,64	1076,8	1184,48	1049,8	942,2	1009,5	807,6	1003,4	1076,8	403,8	1346,00
2	Aguachica	23195240	155,9	8,12341667	-73,5798611	416,7	965,8	1110,8	1365,3	1234	1628,75	1832,16	1035,57	1238,98	1242,39	645,8	849,21	1389,00
3	La gloria (La Vega)	23210020	153,23	8,53	-73,64	676	1103,73	1090,96	1653,8	1283,52	677	1103,74	1535,32	1031,6	1027,88	678	1003,75	1381,00
4	Aguas Claras	23210150	155,7	8,3	-73,62	442,5	886,8	1071,12	1942,3	1333,04	745,716667	1722,12	1719,28333	1250,06	1115,70333	401,4	994,62	1372,00

Figura 11. Dato Meteorológico de Precipitación. **Nota:** Se muestra de manera general los datos meteorológicos de la precipitación mensual multianual de las cuatro estaciones de los últimos 20 años (1998-2018). Fuente: Autor del proyecto, 2019.

Estaciones	Nombre	Codigo	Altitud	Latitud (N)	Longitud (o)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
1	gamarra	23217080	148,75	8,28428611	-73,7533889	37,7	35,6	37,4	32,7	28,9	37,5	36,62	34,5	34,6	31,56	27,56	29,43	33,6725
2	Aguachica	23195240	155,9	8,12341667	-73,5798611	35	35,9	37,8	35	36,7	34,54	37,9	34,6	32,5	38,4	29,7	30,1	34,845
3	La gloria (La Vega)	23210020	153,23	8,53	-73,64	34,9	36,2	38,2	37,3	37,5	36,8	39,18	34,7	30,4	35,7	31,84	38,5	35,935
4	Aguas Claras	23210150	155,7	8,3	-73,62	37,8	36,5	38,6	39,6	36,7	28,62	37,5	34,8	34,7	35,8	33,98	35,9	35,875

Figura 12. Dato Meteorológico de Temperatura, **Nota:** Se muestra de manera general los datos meteorológicos de la temperatura media mensual multianual de las cuatro estaciones de los últimos 20 años (1998-2018). Fuente: Autor del proyecto, 2019.

Mediante el uso de las herramientas de ArcMap 10.4.1 del Sistema de Información Geográfico (SIG) se hallaron las isoclinas correspondientes a las Isoyetas e Isotermas del área de estudio denominada “Bosque el Agüil”, para ello se usó específicamente mediante el método de interpolación **Spline**, de acuerdo a esto y teniendo en cuenta las isoclinas halladas cada 10 mm, la precipitación total mensual multianual comprendida entre los años 1998 hasta 2018, varía en los rangos de 1290 a 1380 mm de precipitación, esto se ilustra en la figura 13, además muestra que la pluviosidad del área de estudio varia o se ve afectada debido a la topografía que esta presenta.

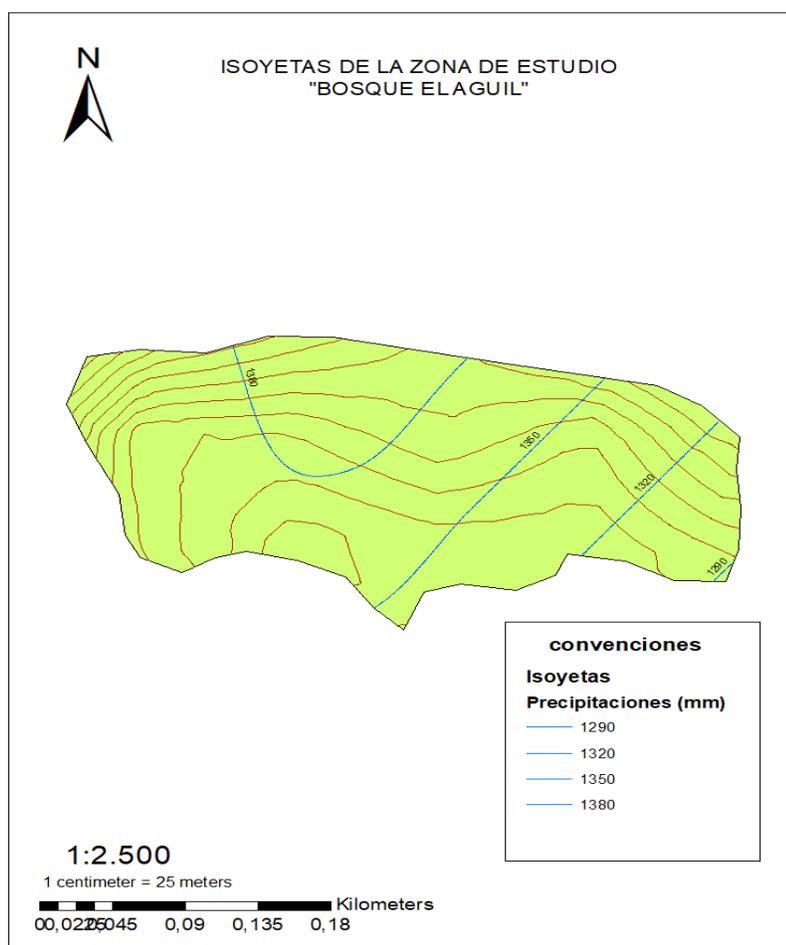


Figura 13. Isoyetas del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. Fuente: Autor del proyecto, 2019.

Para el caso de las isotermas, se realizó a nivel municipal dado que la temperatura es un parámetro climatológico que varía poco en cuanto a los años y extensión territorial (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2016), las isoclinas de representación térmica se hallaron cada 2° en unidades de Centígrados, para ello se utilizó la temperatura media mensual multianual comprendida entre los años 1998 hasta 2018, registrados por cada una de las cuatro estaciones, con un rango de variación desde los 34 a los 36 °C. De acuerdo a esto observamos en la figura 14 que la zona de estudio se encuentra próxima a los 34°C.

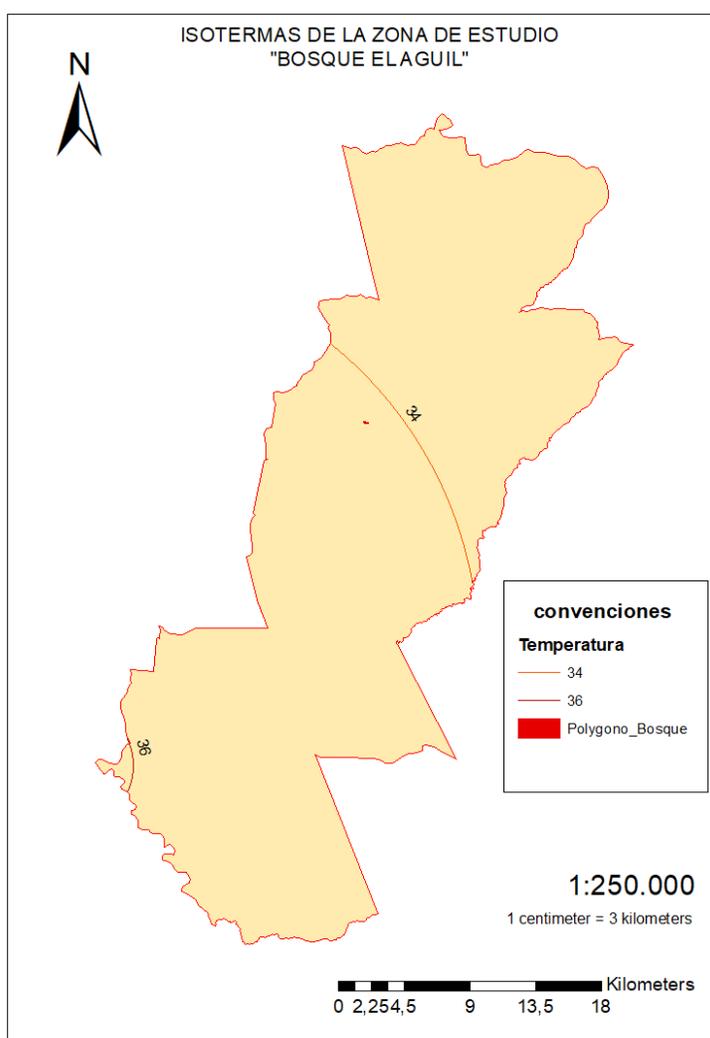


Figura 14. Isotermas del área de estudio denominada "Bosque el Agüil" municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. Fuente: Autor del proyecto, 2019.

Para calcular de la Evapotranspiración (ET) se hizo uso del software de acceso libre CROPWAT versión 8.0 elaborado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), dado que este permite el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y las necesidades de riego en función de los datos proporcionados por el clima, el suelo y cultivos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015). Los datos de temperatura media mensual (°C), humedad relativa (%), Velocidad del viento (Km/día), Brillo solar o insolación (horas) obtenidos de la estación Aguachica, proporcionados por el Instituto Hidrológico, Meteorológico y de Estudios Ambiental (IDEAM), dado que esta estación es la más cercana a la zona de estudio denominada “Bosque el Agüil”, el cálculo de la evapotranspiración (ET) se hace usando para ello el método Penman-Monteith de la Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos - Evapotranspiración de cultivos (Allen, 2006). la Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>) estimada es de 4.72 mm/mes, como se muestra en la siguiente figura 15.

Mes	Prom Temp °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ET <sub>o</sub> mm/día
Enero	35.0	38	18	10.9	23.7	4.42
Febrero	35.9	40	13	9.6	23.1	4.62
Marzo	37.8	39	12	10.7	25.9	5.44
Abril	35.0	38	16	9.7	24.5	5.00
Mayo	36.7	42	20	8.6	22.1	4.89
Junio	34.5	38	16	10.1	23.8	4.72
Julio	37.9	37	17	8.9	22.2	4.79
Agosto	34.6	60	18	9.3	23.4	5.36
Septiembre	32.5	37	13	9.2	23.4	4.40
Octubre	38.4	52	15	8.5	21.6	5.11
Noviembre	29.7	59	19	8.3	20.2	4.15
Diciembre	30.1	56	21	8.8	20.2	3.81
<b>Promedio</b>	<b>34.8</b>	<b>45</b>	<b>17</b>	<b>9.4</b>	<b>22.8</b>	<b>4.72</b>

Figura 15. Variables meteorológicas para la determinación de la Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>). Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015).

Una vez obtenida la evapotranspiración de referencia se procedió a realizar el cálculo propuesto por Leslie R. Holdridge, el cual establece una relación entre la constante 58,93 y la biotemperatura anual promedio, multiplicando ambos valores para obtener la Evapotranspiración Potencial (ETP), de acuerdo a lo anterior, la zona de estudio presenta un valor de ETP de 2003,62 mm., posteriormente al relacionar los datos de ETP y el rango de Precipitación Total mensual multianual, es decir, dividiendo el valor de ETP obtenido y dividiéndolo por el promedio de precipitaciones, uno en función del otro, el valor final arrojado correspondiente a la Provincia de humedad es de 1,50.

$$ETP = 58,93 \times \text{Biotemperatura } (^{\circ}C)$$

$$ETP = 58,93 \times 34^{\circ} \rightarrow ETP = 2003,62$$

$$\text{Provincia de Humedad} = \frac{ETP}{\text{Rango de precipitación mensual multianual}} = \frac{2003,62}{1335} = 1.50$$

Luego haber hallado los datos anteriormente mencionados, se procedió a tabularlos (tabla) para posteriormente interpolarlos con el sistema de clasificación de vida de Holdridge, cuyos valores de referencia son la precipitación total mensual multianual, la temperatura media mensual multianual, la evapotranspiración potencial y la provincia de humedad, para determinar entonces que la zona de estudio denominada “Bosque el Agüil”, se categoriza como Bosque Subhúmedo tropical o Bosque seco Tropical, determinando que esta mantiene sus condiciones microclimáticas, ya que las provincias de humedad presentan valores cercanos sin evidenciar un cambio significativo.

**Tabla 9.***Variables Meteorológicas.*

<b>Variables Meteorológicas</b>	<b>Valor</b>
Precipitación Total Mensual Multianual	1335 mm
Temperatura Media Mensual Multianual	34°C
Evapotranspiración Potencial (ETP)	2003,62
Provincia de Humedad	1,50

**Nota:** Variables meteorológicas para la determinación de zona de vida según Holdridge en el área de estudio denominada “Bosque el Agüil”. Fuente: Autor del proyecto, 2019.

#### **4.2 Coberturas del área de estudio “Bosque del Agüil” para los años 2009 – 2019.**

Para la digitalización y análisis de las coberturas de tierra se realizaron visitas a campo con el fin de identificar los diferentes tipos de coberturas existentes en el área de estudio denominado “Bosque del Agüil”, basándonos para ello en la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (CCLC) a escala 1:100000, ajustándola para efectos de este proyecto a una escala 1:1500, de acuerdo a lo anterior, se procedió a la toma de Puntos de Control (PC) con sus respectivas coordenadas como lo estipula a la metodología propuesta por (Jimenez, 2014), los cuales fueron bajo el acompañamiento por parte del guardabosque de la zona, el señor Agustín Manrique Delgado, georrefrenciando los puntos clave como lo son las infraestructuras, de igual manera la representatividad de las coberturas de la tierra con un radio mínimo de 100 m., dicha metodologías no establece un número específico de puntos de control, por lo tanto resultado considerable tomar al menos 35 puntos de control que abarcaran la mayor superficie de la zona.

Para la obtención de los mapas de las coberturas de este proyecto a escala 1:1500, se tomaron en cuenta los 35 puntos de control (PC) además de tres imágenes satelitales: ALOS con escena de abril 2009, SPOT 7 con escena de febrero 2017 y SAS Planet del satélite de Google con escena de marzo 2019, para ello se hizo uso del software ArcGis 10.3 con licencia propia,

específicamente la herramienta de Clasificación Asistida o Supervisada, la cual permite realizar un análisis estadístico multivariado que relaciona el valor de los píxeles ajustados a los puntos de control establecidos, también se usó la herramienta de reclasificación, aplicándola a las firmas espectrales de cada imagen para luego agruparlas según las categorías asignadas para cada punto, en este caso se plantearon seis (6) categorías de acuerdo a la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (CCLC) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2010) (Tabla 10).

**Tabla 10.**

*Coberturas de la Tierra para el área de estudio denominada “Bosque el Agüil”*

Categorías según punto de control	Código de la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra – Colombia	Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra - Colombia	Registro fotográfico
1	3.1.2.2.1.	Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	
2	3.2.2.1.	Arbustal Denso	

---

3	3.2.1.1.1.2.	Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado	
4	2.3.3.	Pastos enmalezados	
			
5	1.1.2.	Tejido Urbano Discontinuo	
			

---

**Nota:** La tabla muestra de manera detallada las categorías asignadas al área de estudio denominada “Bosque el Agüil” de acuerdo a la metodología Corine Land Cover adaptada a Colombia. Fuente: Autor del proyecto, 2019.

Como se mencionaba anteriormente, la herramienta utilizada fue la clasificación asistida o supervisada, la cual consistió en la asignación de un valor numérico para cada categoría, lo que permitio crear un archivo de tipo GSG siguiendo la ruta de la forma: *ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Multivariate - Create Signatures*;

Esto guarda la firmas espectrales de cada uno de los puntos de control, para luego, con el mismo archivo tipo GSG y habiéndolo asociando a la imagen satelital de referencia, se obtuvo un archivo tipo raster en formato Geotiff siguiendo la ruta de la forma: *ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Multivariate - Maximum Likelihood Classification*.

Luego con el archivo tipo raster obtenido se procedió a vectorizarlo para obtener el respectivo archivo tipo shapefile. Posterior al proceso mencionado se constató en la tabla de atributos las categorías correspondientes y así comprobar que se efectuó correctamente.

Del trabajo con las imágenes satelitales ALOS (2009), SPOT 7 (2017) y SAS Planet (2019) se encontraron presentes cinco (5) categorías.

Por último se llevó a cabo el proceso de unir los polígonos que compartían el mismo atributo con la herramienta *Geoprocessing – Dissolve* obteniendo así como resultado final, los mapas de coberturas de la tierra dentro de los periodos establecidos de 2009 – 2019, (ALOS 2009, SPOT 7- 2017, SAS Planet 2019) como se observan en las siguientes figuras: 16,17 y 18.

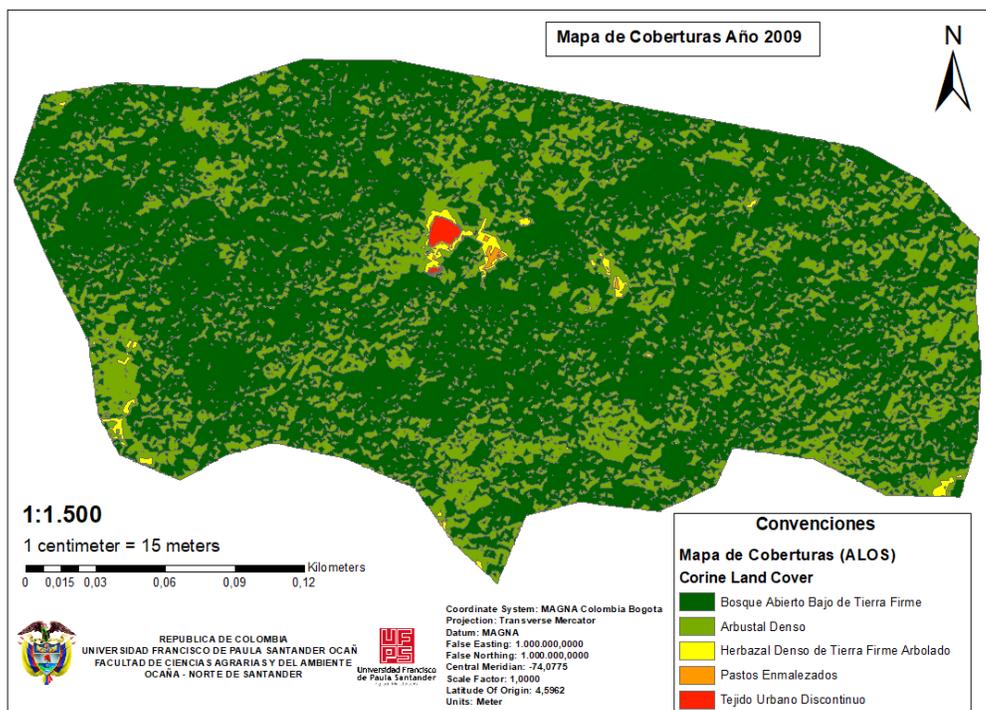


Figura 16. Mapa de coberturas de la tierra en imagen satelital ALOS para el año 2009 del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. Fuente: Autor del proyecto, 2019.

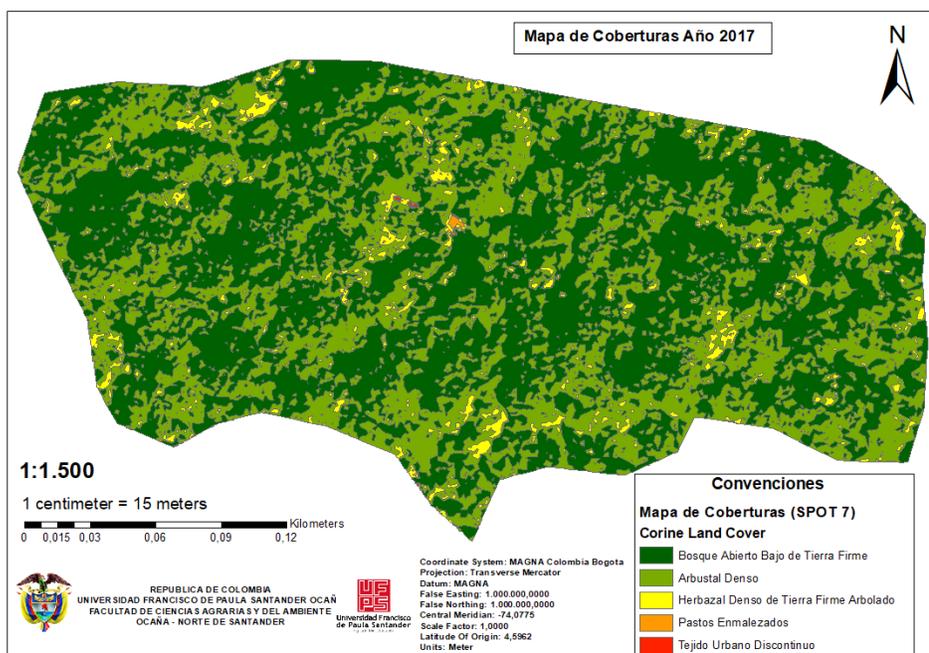


Figura 17. Mapa de coberturas de la tierra en imagen satelital SPOT 7 para el año 2017 del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia. Fuente: Autor del proyecto, 2019..

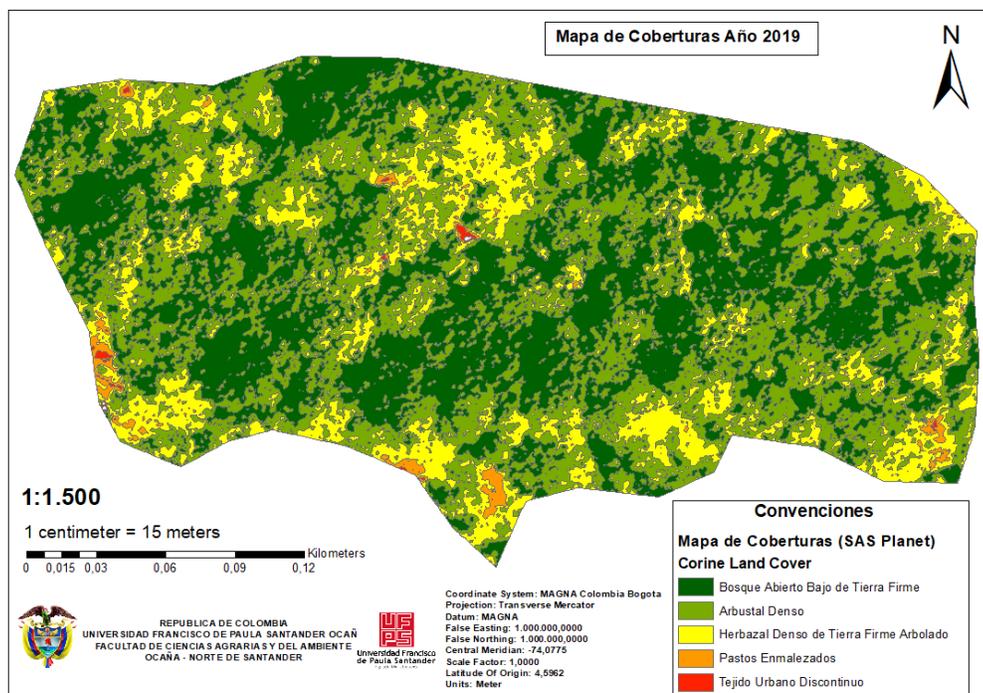


Figura 18. Mapa de coberturas de la tierra en imagen satelital SAS Planet para el año 2019 del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” municipio de Aguachica, Cesar, Colombia Fuente: Autor del proyecto, 2019.

Para determinar los cambios en dimensión temporal de las coberturas de la tierra durante el tiempo propuesto 2009-2019, se usó para ello matrices de cambio, las cuales establecen comparaciones para los periodos 2009 – 2017 y 2017 – 2019, esto permitió relacionar los valores de cada pixel sobreponiendo los diferentes mapas de coberturas de la tierra obtenidos previamente a escala 1:1500. De acuerdo a lo anterior se procedió a calcular el valor de pixel de acuerdo a la fórmula de ESRI (s.f.) dando como resultado el valor de 0,396875.

$$\text{Tamaño de celda} = \frac{\text{escala} \times 0,0254}{96}$$

$$\text{Tamaño de celda} = \frac{1500 \times 0,0254}{96} = 0,396875$$

Posteriormente se le asignó una codificación en la tabla de atributos de cada shapefile (mapa) de acuerdo a cada una de las coberturas según la metodología propuesta por (Prenzel, 2006). Lo anterior consistió en reconvertir los archivos de tipo Shapefile a tipo Raster, ya que dichos archivos están conformados por celdas numéricas de valor único, hecho este proceso, se continuó usando la herramienta *Map Algebra* usando la ruta: *ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Map Algebra - Raster Calculator*, para poder efectuar los cálculos de codificación, por último se realizaron los procesos de edición mencionados anteriormente de vectorizar y ejecutar las herramientas de *Eliminate* y *Dissolve*.

La metodología propuesta por (Pontius, 2004) nos permitió visualizar los cambios sufridos en la zona de estudio en cuanto a cobertura de la tierra se refiere durante los lapsos de 2009-2017 y 2017 y 2019, realizando en cada una de las matrices de cambio, transición o tabulación cruzada de los datos estadísticos, estas matrices proyectan las transformaciones de las coberturas de la tierra a través de la comparación de datos numéricos, estableciendo una diagonal de valores que se mantuvieron constantes, estos valores son las áreas de cada cobertura en cada lapso establecido (tablas 11 y 13), de igual forma los valores que varían se encuentran fuera de la diagonal mostrando así las transformaciones sufridas.

La sumatoria de cada una de las filas y columnas completa el área total de cada una de las coberturas designadas en los diferentes años. Por otro lado, se calcularon las ganancias, pérdidas, cambio total (sumatoria entre pérdida y ganancia) y cambio neto (diferencia entre pérdida y ganancia) de cada una de las coberturas de la tierra como se observa en las tablas 11 y 12.

**Tabla 11**

*Matriz de cambio de los mapas de coberturas de la tierra del año 2009 – 2017.*

		Mapa de coberturas CLCC SPOT 7 - 2017 Área (ha)					
Mapa de cobertura CLCC ALOS 2009 Área (ha)	Matriz de cambio	Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	Arbustal Denso	Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado	Pastos enmalezados	Tejido urbano discontinuo	Total 2009
	Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	2,7706	1,7493	0,120431967	0,001244327	0,000283518	<b>4,6458</b>
	Arbustal Denso	0,7657	0,7481	0,066248607	0,001464841	0,0000630039	<b>1,5827</b>
	Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado	0,0228	0,0175	0,002992686	0,001386086	0,000204763	<b>0,0451</b>
	Pastos enmalezados	0,0057	0,0011	0,00015751	0,000330771	0,000110257	<b>0,0074</b>
	Tejido urbano discontinuo	0,0083	0,0035	0,000346522	7,87549E-05	0,000126008	<b>0,0123</b>
	<b>Total 2017</b>	<b>3,5772</b>	<b>2,5193</b>	<b>0,1912</b>	<b>0,0044</b>	<b>0,000833</b>	<b>6,29314</b>

**Nota:** La tabla muestra de manera detalla la matriz de cambio en hectáreas obtenida de los mapas de coberturas de la tierra del periodo 2009 – 2017 del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” de acuerdo a la metodología Corine Land Cover adaptada a Colombia (CCLC). Fuente: Autor del proyecto, 2019.

**Tabla 12**

*Resumen matriz de cambio de mapas de coberturas de la tierra del año 2009 – 2017.*

Clases de coberturas de la tierra CLCC	2009 (ALOS)	2017 (SPOT 7)	Estable	Ganancia	Perdida	Cambio total	Cambio neto
Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	4,6458	3,573392551	2,770675532	0,802717019	1,875124468	2,677841486	-1,072407449
Arbustal Denso	1,5827	2,519715223	0,748124134	1,771591089	0,834575866	2,606166955	0,937015223
Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado	0,0451	0,190177291	0,002992686	0,187184606	0,042107315	0,22929192	0,145077291
Pastos enmalezados	0,0074	0,004504779	0,000330771	0,004174009	0,00706923	0,011243238	-0,002895221
Tejido urbano discontinuo	0,0123	0,000787549	0,000126008	0,000661541	0,012173992	0,012835533	-0,011512451

**Nota:** La tabla muestra de manera detalla el resumen de los resultados de la matriz de cambio en hectáreas obtenida de los mapas de coberturas de la tierra del periodo 2009 – 2017 del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” Fuente: Autor del proyecto, 2019..

**Tabla 13**

*Matriz de cambio de los mapas de coberturas de la tierra del año 2017 – 2019.*

<b>Mapa de coberturas CLCC SAS Planet 2019</b>							
Mapa de coberturas CLCC SPOT 7 - 2017 Área (ha)	<b>Matriz de cambio</b>	Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	Arbustal Denso	Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado	Pastos enmalezados	Tejido urbano discontinuo	<b>Total 2017</b>
	Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	1,654262065	1,449704132	0,438680448	0,028430513	0,003260452	3,574337609
	Arbustal Denso	0,789580704	1,156987983	0,532698027	0,037566079	0,003496717	2,520329511
	Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado	0,060105727	0,082409109	0,040921037	0,005449838	0,001260078	0,190145789
	Pastos enmalezados	0,000598537	0,002142133	0,001433339	0,000126008	6,30039E-05	0,004363021
	Tejido urbano discontinuo	0	0,000299269	0,000519782	0	0	0,00081905
	<b>Total 2019</b>	<b>2,504547032</b>	<b>2,691542626</b>	<b>1,014252634</b>	<b>0,07157243</b>	<b>0,008080251</b>	6,289994

**Nota:** La tabla muestra de manera detalla la matriz de cambio en hectáreas obtenida de los mapas de coberturas de la tierra del periodo 2017 – 2019 del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” de acuerdo a la metodología Corine Land Cover adaptada a Colombia (CCLC). Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 14**

*Resumen matriz de cambio de mapas de coberturas de la tierra del año 2017 –2019.*

Clases de coberturas de la tierra CLCC	2017 (SPOT 7)	2019 (SAS PLANET)	Estable	Ganancia	Perdida	Cambio total	Cambio neto
Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	3,574337	2,50454703	1,654262065	0,850284968	1,920075545	2,770360513	-1,069790577
Arbustal Denso	2,520329	2,69154262	1,156987983	1,534554643	1,363341527	2,89789617	0,171213115
Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado	0,190145	1,01425263	0,040921037	0,973331597	0,149224752	1,122556349	0,824106845
Pastos enmalezados	0,004363	0,07157243	0,000126008	0,07144643	0,004237013	0,075683442	0,067209417
Tejido urbano discontinuo	0,000819	0,00808025	0	0,008080251	0,000819051	0,008899302	0,0072612

**Nota:** La tabla muestra de manera detalla el resumen de los resultados de la matriz de cambio en hectáreas obtenida de los mapas de coberturas de la tierra del periodo 2014 – 2016 del área de estudio denominada “Bosque el Agüil” Fuente: Autor del proyecto, 2019..

La matriz de transición del año 2009 – 2017 corresponde a la interpolación de los datos arrojados por las imágenes satelitales ALOS y SPOT 7, estas detallan la evolución que han sufrido las diferentes coberturas de la tierra, de acuerdo a esto, a continuación se detalla el comportamiento espacio-temporal de las mismas :

Se aprecia en la matriz de cambio (2009 – 2017) que para el año 2009 el Bosque abierto bajo poseía la porción de tierra más extensa con 4,6458 ha., seguido por Arbustal denso de tierra firme que contaba con una extensión de 1,5816 ha., Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado con 0,04498 ha y en menor proporción las coberturas de Pastos enmalezados y tejido urbano discontinuo 0,00748 ha y 0,0124 ha respectivamente.

Así mismo se puede observar según el análisis espacio temporal que para el año 2017 el Bosque abierto bajo seguía siendo la cobertura vegetal de mayor extensión, sin embargo se puede apreciar una pérdida 1,0686 ha., por otra parte, la cobertura vegetal de Arbustal denso incremento su cobertura en 0,9380 ha. Convirtiéndose de esta forma en la segunda cobertura vegetal más extensa para ese año, además, esta cobertura no fue la única en sufrir cambios a nivel de extensión, dado que Herbazal denso de tierra firme arbolado pasó de ocupar 0,0449 ha a ocupar 0,1901 ha indicado que también incremento su cobertura aproximadamente en 0,1451 ha., las coberturas de Pastos enmalezados y tejido urbano discontinuo presentaron disminuciones de 0,0029 ha y 0,011 ha respectivamente.

Para el caso de la matriz (2017 – 2019) se aprecia que en el año 2017 el Bosque abierto bajo poseía la porción más extensa del área aunque en menor proporción con respecto a los años

anteriores presentando un área de 3,5743 ha, seguido de Arbustal denso con 2,5203 ha, y Herbazal denso de tierra firme arbolado con 0,1901 ha, ya con menores extensiones encuentran las coberturas de Pastos enmalezados con 0,00436 ha y Tejido urbano discontinuo con 0,00081 ha. ahora tras analizar la estructura espacio-temporal para el año 2019 se observa que el Bosque abierto bajo dejo de ser la cobertura vegetal de mayor extensión, puesto que su extensión disminuyo a 2,504 ha contra Arbustal denso que incremento su cobertura hasta 2,6915 ha, por otra parte, la cobertura de Herbazal denso de tierra firme arbolado incremento nuevamente su extensión pasando de tener 0,1901 ha a tener 1,0142 ha, la cobertura de Pastos enmalezados aumento su área en aproximadamente 0,0672 ha y por ultimo Tejido urbano discontinuo que conservo la misma extensión de tierra.

Estos cambios especialmente la transición de Bosque abierto a Arbustal denso y Herbazal denso se debe principalmente a la invasión de terrenos dentro del área, ya que se presentan talas de árboles de gran tamaño para la ocupación de estas tierras, a lo que el ecosistema de manera autogenica ha respondido con el crecimiento de arbustos y hierbas como mecanismo de recuperación estructural.

### **4.3 Métricas del paisaje del área de estudio “Bosque el Agüil”.**

Para el cálculo de las métricas del paisaje, se decidió ajustar la metodología propuesta por el instructivo metodológico para la evaluación de los atributos ecológicos y la integridad ecológica en áreas protegidas, para lo cual es menester tomar como base los mapas de coberturas de la tierra ya obtenidos anteriormente, de acuerdo a lo anterior, primero se procedió a realizar el

proceso de transformación de los mapas de archivos tipo Shapefile a tipo raster en formato (.tiff) mediante la herramienta *Features to Raster* de *ArcToolbox*, una vez obtenido el archivo en formato raster, se exporta la tabla de atributos en formato (.txt) para luego realizar la edición de los datos y así eliminar la información que no es relevante al momento de calcular las métricas del paisaje e incluir las palabras *true*, *false*, para que de este modo el software *Fragstats* versión 4.2 ejecute el archivo.

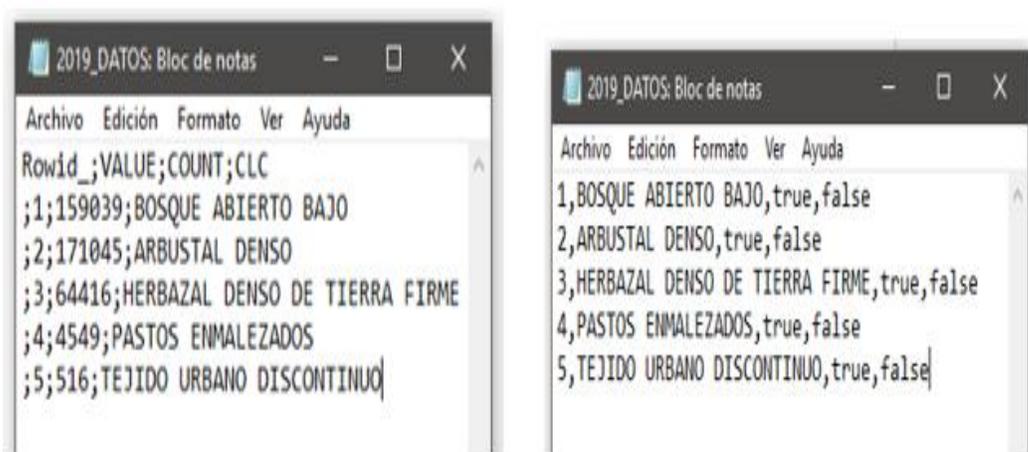


Figura 19. De izquierda a derecha se muestran los archivos en bloc de notas, el primero sin editar y el segundo ya editado con los comandos de lectura para *FragStats*. Fuente: Autor del proyecto, 2019.

Los cálculos de las métricas del paisaje se realizaron a través del software de acceso libre conocido como *FragStats* en su versión 4.2 de la University of Massachusetts, este software con fundamento matemático procesa y analiza los archivos en formato (.tiff) o (.img), que para este caso provienen de la rasterización en *ArcGis* 10.4.1 los mapas de cobertura de los años 2009, 2017 y 2019, teniendo como base de análisis los datos o atributos en formato (.txt) de cada archivo raster, de acuerdo a esto se procedió a calcular las diferentes métricas mediante las herramientas del programa como lo son: *Patch*, *Class* y *Landscape metrics* como se muestra a continuación en la Figura 20.

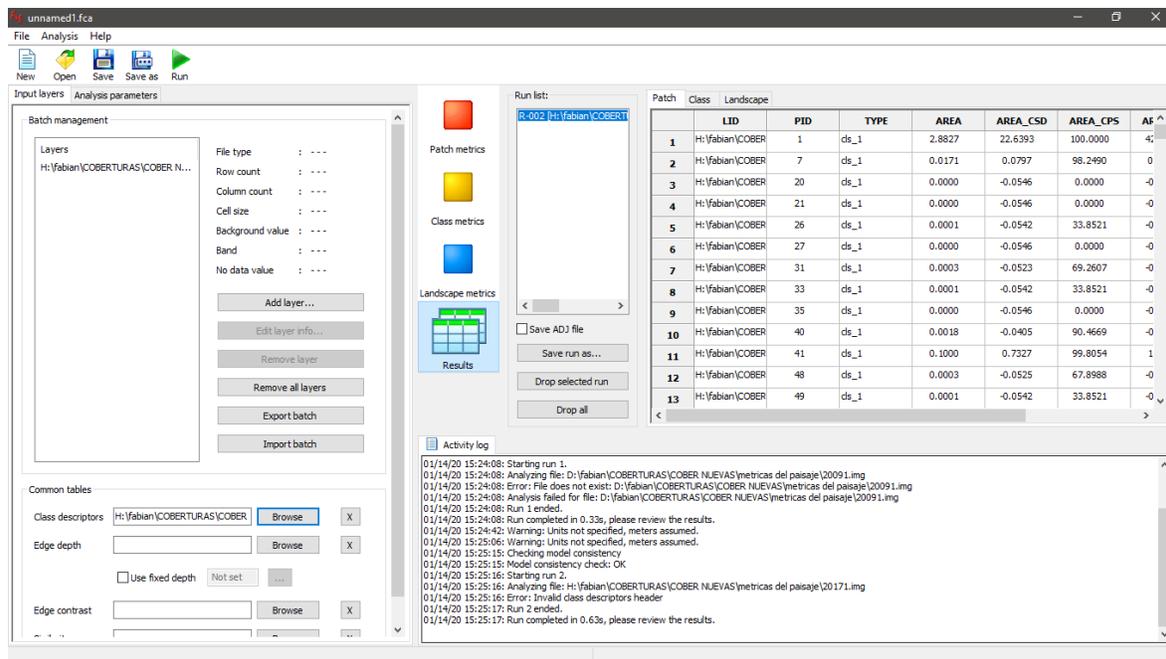


Figura 20. Interface de trabajo del programa FragStats versión 4.2. Fuente: (McGarigal, Marks, Cushman, & Ene, 2012).

Los resultados arrojados por el software para la zona de estudio denominada “Bosque el Agüil” según las coberturas de la tierra presentes en el año 2019 y teniendo en cuenta que las métricas del paisaje procesadas y analizadas son las de Área total (CA), Porcentaje del paisaje (PLAND), Perímetro (P), Número de parches (NP), Índice de forma del paisaje (LSI), Densidad de parche (PD), Borde total (TE) y Densidad del borde (ED), fueron los siguientes (tabla 15):

**Tabla 15**  
*Métricas del paisaje para el año 2019*

Métricas del paisaje para el año 2019 a partir de imagen satelital SAS PLANET									
tipo	categoria	CA) Área Total (ha.)	(PLAND) Porcentaje de paisaje (%)	(P) Perímetro (m)	(NP) Número de parches (NP)	(DP) Densidad del parche (#/ha.)	(LSI) Índice de forma del paisaje	(TE) Borde Total (m)	(ED) Densidad del borde (m/ha)
1	Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	2,504768	39,803	20169	21	236,9111	7,2206	23218,942	387,0071
2	Arbustal	2,693844	42,8079	33303	90	156,7219	8,2162	37706,663	457,5568

Tabla 15. *Continuación*

	Denso								
3	Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado	1,014688	16,1215	14329	70	190,8586	9,7283	15661,65	286,9615
4	Pastos enmalezados	0,071826	1,1385	1276	18	73,7582	3,1704	1351,785	214,6541
5	Tejido urbano discontinuo	0,008106	0,1291	197	4	6,9827	5,9348	185,002	29,377

**Nota:** La tabla muestra de manera detallada las métricas del paisaje para el año 2019 a partir de imagen satelital SAS PLANET para el área de estudio denominada “Bosque el Agüil”. Autor del proyecto, 2019.

De acuerdo a los resultados anteriormente tabulados y teniendo en cuentas que el área total (CA), número de parches (NP), densidad del parche (DP) y porcentaje del paisaje (PLAND), hacen referencia a los índices de área, superficie, densidad y variabilidad, es correcto afirmar que la categoría de Arbustal denso es la de mayor proporción en la zona de estudio con un área de 2,693 ha, y que además de ello, representa un 42,8% del área total del ecosistema, estando conformada por 90 fragmentos. En segundo lugar encontramos la categoría de Bosque abierto bajo de tierra firme con un área de 2,504 ha. que representan un 39,8% del área total de estudio distribuida en 21 fragmentos, por otra parte, las coberturas de Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado y pastos enmalezados se poseen áreas de 1,014 ha. y 0,071 ha., respectivamente ocupando el 16,12% y 1,14% del paisaje cada una, así mismo la cobertura de Tejido urbano discontinuo posee un área de 0,0081 ha. Abarcando el 0,13% del área total del bosque, distribuida en 4 fragmentos.

La densidad de parche (DP) es un indicador de niveles altos de fragmentación, pues cuanto mayor es la densidad según (Badii, 2007), mayor es la intervención o fragmentación de la misma. De acuerdo a esto, podemos afirmar entonces que la cobertura de Bosque Abierto Bajo

de Tierra Firme es aquella que presenta o sufre mayor fragmentación en nuestra zona de estudio, dado que posee un índice más elevado con respecto a los demás, 236,9111.

El índice de forma (LSI) permite estimar la configuración del paisaje a partir de la evaluación de la complejidad de las formas (Molina, 2013), este índice categoriza las formas de los fragmentos de acuerdo a sus valores así como lo muestra la tabla 16.

**Tabla 16**  
*Índice de forma del paisaje (LSI – Landscape Shape Index)*

<b>Índice de forma del paisaje (LSI)</b>	
<b>Forma</b>	<b>Valor</b>
Cuadrado	= 1
Medianamente cuadrado	> 1, < 2
Poco cuadrado	> 2, < 3
Poco alargado	> 3, < 5
Medianamente alargado	> 5, < 7
Alargado	> 7

**Nota:** La tabla muestra de manera detallada los valores y forma que adopta el Índice de forma del paisaje (LSI). Fuente: (Molina, 2013).

De acuerdo a los datos anteriormente tabulados, podemos decir que para las coberturas de tierra de la zona de estudio, el Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme, el Arbustal Denso y el Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado, son coberturas con índice forma alargado, puesto que su LSI es mayor de 7, por otro lado la cobertura representada como Pastos enmalezados, presenta un índice de forma poco alargado, pues su LSI es mayor que 3 y menor que 5, finalmente la cobertura de tierra categorizada como Tejido Urbano Discontinuo, posee un índice de forma medianamente alargado, pues su LSI es mayor que 5 y menor que 7. Cada índice de forma al ponerlo en función con el área total nos indica cual cobertura ejerce la función de corredor biológico, es decir, si el índice de forma de una categoría es alargado y posee mayor cantidad de

área con respecto a los demás, es considerado corredor biológico, por lo tanto la categoría de Arbustal denso es la encargada de ejercer dicha función dentro del ecosistema en mención.

De acuerdo a (González L. &, 2013) un incremento en los indicadores de Borde total (TE) y Densidad de borde (ED), que a su vez son los que establecen el índice de ecotono y hábitat interior, está relacionado con la disminución y división de los fragmentos lo que afecta las condiciones microclimáticas del ecosistema y a su vez la dinámica de los bordes. De acuerdo a lo anterior, es correcto afirmar que las categorías de cobertura de tierras representadas como Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme y Arbustal Denso, son las más propensas a sufrir dichos efectos, puesto que sus valores de TE Y ED son los más elevados respecto a las demás categorías.

Al realizar un análisis multitemporal desde el año 2009 hasta el año 2019 para saber cuan significativo ha sido el cambio, usando para ello los mapas de coberturas de cada año y calculando las métricas de paisaje, pudimos obtener los siguientes valores (tabla 17):

**Tabla 17**

*Métricas del paisaje para los años 2009 y 2019.*

<b>Métricas del paisaje</b>	<b>Año 2009</b>	<b>Año 2019</b>
NP	188	203
DP	458,7502	665,2325
LSI	12,213	13,6814

**Nota:** La tabla muestra la comparación multitemporal desde el año 2009 hasta el año 2019 mediante las métricas del paisaje Número de parches (NP), Densidad de parche (DP) y el Índice de forma del paisaje (LSI) en el área de estudio denominada “Bosque el Agüil”. Autor del proyecto, 2019.

Podemos visualizar entonces según los datos anteriores, cambios relativos como es el caso de los números de parches (NP) que para el año de 2009 contaba con una cifra de 188 parches,

mientras que para el año 2019 ese número se incrementó a un valor de 203 fragmentos, indicando así un aumento en la discontinuidad del ecosistema. En cuanto a la Densidad de parche (DP) vemos que para el año 2009 contaba con un valor de 458,7502 y para el año 2019 ese valor paso a 665,2325, refleja un comportamiento preocupante, dado que se vienen incrementando los procesos de fragmentación. De igual manera el índice de forma del paisaje (LSI), demuestra que las coberturas del paisaje presentes en el área de estudio mantiene una configuración de tipo alargado indicando que el ecosistema tiene una estructura compleja e irregular.

La ecología del paisaje establece que la fragmentación se presenta en diferentes grados o estados de afectación. De acuerdo a esto, es necesario calcular dicho grado de afectación, usando para ello la ecuación propuesta por (Gurrutxaga, 2003), la cual consiste en cuantificar la superficie total en función del número de parches y la dispersión de los mismos, dicha ecuación se muestra de la siguiente manera:

$$\text{índice del grado de fragmentación } (F) = \frac{\text{Área total del hábitat}}{(NP \times RC)}$$

*Donde:*

*NP= es el número total de parches*

$$RC = 2dc \cdot \frac{\lambda}{\pi}$$

*Así dc= Distancia media de un parche (centroide) hasta el parche más cercano.*

*$\lambda$ = Densidad de parches*

Aplicando la fórmula anterior obtuvimos lo siguiente:

$$F(2009) = \frac{6,293232}{188 \times 245.32} = 0,000136$$

$$F(2019) = \frac{6,293232}{203 \times 1346.73} = 0,000023$$

De acuerdo a (Gurrutxaga, 2003), el índice de fragmentación (F) permite dar un valor numérico a la fragmentación que surge en el interior de un ecosistema, teniendo en cuenta las características propias del mismo conforme al patrón de distribución espacial de los fragmentos que este contenga, es decir que la interpretación de este índice no es comparable entre diferentes ecosistemas, puesto que se realiza en base a la escala empleada para el estudio, convirtiendo este índice en un indicador inversamente proporcional que relaciona el incremento con la disminución del grado de fragmentación y viceversa. Teniendo en cuenta lo anterior, los valores arrojados para esta investigación en el lapso 2009 y 2019, demostraron que para el año 2019 respecto al año 2009, existe una disminución en el índice F, lo que nos dio a entender que el grado de fragmentación del área “Bosque el Agüil” aumento durante el periodo de 10 años.

## Capítulo 5. Conclusiones

Tras solicitar información a las entidades encargadas del control y mantenimiento de los predios que componen la zona de estudio, como lo son la oficina de planeación municipal, la corporación autónoma del cesar CORPOCERSAR y la oficina de catastro municipal, no se recibió respuesta satisfactoria para los fines de la presente investigación, obligando así a que la información secundaria y las visitas a campo fueran el insumo principal, encontrando además que la información referente a los límites y la extensión total de la zona de estudio, que reposa en el documento final del POT del municipio y el concejo municipal, es contraria a la establecida en la presente investigación. Luego de realizar el levantamiento planímetro de la zona mediante el recorrido de los linderos y la georreferenciación de cada uno de los 23 mojones que delimitan la zona, se obtuvo una área total de 6,29 ha. a través de la implementación de Sistema de Información Geográfico (SIG) se verificó la cartografía digital con archivo vectorial del municipio de Aguachica, Cesar proporcionado por la oficina de planeación municipal corroborando que el área de estudio se encuentra ubicada en la parte norte del casco urbano del municipio.

De acuerdo a la investigación realizada y los datos aportados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales (IDEAM): Precipitación total mensual multianual y Temperatura media mensual multianual que se calcularon por medio de herramienta de Sistema de Información Geográfico (SIG) y Evapotranspiración potencial por la metodología de Leslie Holdridge, se determinó que el área denominada “Bosque el Agüil” se encuentra en la zona de

vida de Bosque Subhúmedo tropical o Bosque seco Tropical como lo afirma la corporación autónoma del cesar CORPOCESAR y el Concejo Municipal de Aguachica, Cesar.

Los mapas de coberturas obtenidos para los años 2009, 2017 y 2019, las matrices de cambio elaboradas para los lapsos 2009 - 2017 y 2017 - 2019, es menester aclarar que los valores obtenidos a través de las imágenes satelitales y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) pueden presentar inexactitudes que se tornan insignificantes debido al valor de pixel y resolución de las imágenes utilizadas. Sin embargo a pesar de esto, se pudo apreciar que las coberturas de tierra han sufrido cambios palpables y significativos en cuanto su estructura, como lo es el caso de la pérdida progresiva de bosque abierto, significando un retroceso de esta cobertura de más de 2,13 ha, situación que es alarmante dado a que es la cobertura que mayor extensión representaba en la zona de estudio.

Por otra parte y de acuerdo a las métricas del paisaje calculadas para cada mapa de coberturas durante los últimos 10 años, se pudo establecer que la zona de estudio a nivel de paisaje sigue incrementando de manera progresiva sus niveles de fragmentación pasando de tener en el año 2009 un número de 188 parches, a tener en la actualidad 203 fragmentos, afectando la continuidad del mismo y por ende ocasionando cambios en la abundancia de las especies así como también en sus relaciones ecológicas e incluso llevando al ecosistema a sufrir de estocasticidad demográfica.

Por otra parte en cuanto al índice de forma del paisaje (LSI), al mantenerse con valores cercanos entre sí, establece que el comportamiento de las coberturas a nivel de paisaje se

mantiene de forma alargada, compleja y desagregada. Desde el punto de vista de clase se estimó que la cobertura de Arbustal denso ejerce las funciones de corredor biológico dentro de la zona, puesto que esta se convirtió en la de mayor extensión de tierra con 2,69 ha y un índice de forma de 8, 2162 representando una forma alargada.

Por ultimo tras analizar el índice de fragmentación de la zona de estudio “Bosque el Agüil”, durante el periodo de 10 años (2009-2019), y de acuerdo a las observaciones realizadas en campo, el análisis de imágenes satelitales, la elaboración de mapas de coberturas, el cálculo de métricas del paisaje y matrices de cambio, se determinó que la zona de estudio se encuentra en un estado de fragmentación salpicado, con una disminución en la conectividad y un aumento del efecto borde, representando de un 10% a 40% de cambio representativo en comparación con el estado inicial para el año de partida del estudio.

## Capítulo 6. Recomendaciones

Se recomienda en primera medida a las entidades encargadas del control y manejo de la zona de estudio “Bosque el Agüil”, como lo son la corporación autónoma del cesar CORPOCESAR, la oficina de catastro municipal y el concejo municipal, emprender el proceso de delimitación de la zona ante el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, así como también la actualización del POT e inclusión de la zona dentro del mismo como figura de protección ambiental, puesto que el documento actual data del año 2002 con inexactitudes en cuanto a los predios que componen la zona.

Por otro lado, se recomienda la implementación de un plan de manejo ambiental basado en el reconocimiento de las potencialidades de la zona tanto faunísticas como florísticas e hídricas, partiendo del estudio realizado en el 2010 por la universidad nacional sobre la riqueza ambiental del bosque y la presente investigación, de manera que se tome el estudio de la fragmentación como un insumo en pro de la conservación.

Se propone además, emprender el proceso de reconocimiento legal de la zona y su inclusión en el sistema nacional de áreas protegidas SINAP.

## Referencias

- Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). (2013). Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), Madrid, España. Recuperado el 28 de 06 de 2019, de [https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/FRAGMENTACION%20PAISAJE%20EUROPA\\_tcm30-185089.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/FRAGMENTACION%20PAISAJE%20EUROPA_tcm30-185089.pdf)
- Aguayo, M., Pauchard, A., Azocar, G., & Parra, O. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista chilena de historia natural*, 82, 361-374. Recuperado el 28 de 06 de 2019, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-078X2009000300004](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2009000300004)
- Allen, R. P. (2006). Evapotranspiración del cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Recuperado el 15 de Noviembre de 2019, de Deposito de documentos de la FAO: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>
- Altamirano, E., Echeverrya, C., & Lara, A. (2007). Efecto de la fragmentación forestal sobre la estructura vegetal de las poblaciones amenazadas de *Legrandia concinna* (Myrtaceae) del centro-sur de Chile. *Revista Chilena De Historia Natural* (80), 27-42. Recuperado el 06 de 06 de 2019, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-078X2007000100003](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2007000100003)
- Andrade, G. I., & Castro, L. G. (30 de 06 de 2012). Degradación, pérdida y transformacion de la biodiversidad continental en colombia, invitacion a una interperetacion socioecologica. *Ambiente y Desarrollo*, 16(30), 53-71. Recuperado el 04 de 07 de 2019, de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3196>

- Andrade, G. I., & Castro, L. G. (2012). Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia, invitación a una interpretación socioecológica. *Ambiente y Desarrollo*, XVI(30), 53-71. Recuperado el 07 de 08 de 2019, de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3196>
- Andren, H. (1994). Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*(71), 355-366. Recuperado el 01 de 08 de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/271692869\\_Effects\\_of\\_Habitat\\_Fragmentation\\_on\\_Birds\\_and\\_Mammals\\_in\\_Landscapes\\_with\\_Different\\_Proportions\\_of\\_Suitable\\_Habitat\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/271692869_Effects_of_Habitat_Fragmentation_on_Birds_and_Mammals_in_Landscapes_with_Different_Proportions_of_Suitable_Habitat_A_Review)
- Armesto, J., Willson, M. D., & Reid, S. (2005). *Ecología del paisaje rural de la isla Chiloe: diversidad de especies de aves en fragmentos de bosques nativos*. Santiago de Chile. Recuperado el 05 de 07 de 2019, de Repositorio académico de la Universidad de Chile: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120072/Smith-Ramirez%2c%20Cecilia-LIBRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Badii, M. &. (2007). Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con sustentabilidad. *International Journal of Good Conscience*, 2(1), 26 - 38. Recuperado el 12 de diciembre de 2019, de [http://www.spentamexico.org/v2-n1/2\(1\)%2026-38.pdf](http://www.spentamexico.org/v2-n1/2(1)%2026-38.pdf)
- Bustamante, R., & Grez, A. (1995). Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y Desarrollo*, 11(2), 58-63. Recuperado el 01 de 08 de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/286657285\\_Consecuencias\\_ecologicas\\_de\\_la\\_fragmentacion\\_de\\_los\\_bosques\\_nativos](https://www.researchgate.net/publication/286657285_Consecuencias_ecologicas_de_la_fragmentacion_de_los_bosques_nativos)

- Bustamante, R., & Grez, A. (Enero de 1995). Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y Desarrollo XL (2)*, 58-63. Recuperado el 27 de 06 de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/286657285\\_Consecuencias\\_ecologicas\\_de\\_la\\_fragmentacion\\_de\\_los\\_bosques\\_nativos](https://www.researchgate.net/publication/286657285_Consecuencias_ecologicas_de_la_fragmentacion_de_los_bosques_nativos)
- Canet, L. (2007). *Herramientas para el Diseño, Gestión y Monitoreo de Corredores Biológicos en Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica. Recuperado el 06 de 06 de 2019, de [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5182/Herramientas\\_para\\_el\\_diseno\\_gestion\\_y\\_monitoreo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5182/Herramientas_para_el_diseno_gestion_y_monitoreo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cazau, P. (2006). *INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS SOCIALES*. Buenos Aires. Recuperado el 30 de 07 de 2019, de <http://alcazaba.unex.es/asg/400758/MATERIALES/INTRODUCCI%C3%93N%20A%20LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20EN%20CC.SS..pdf>
- Chuana, A., & Yugar, W. (2009). *MATERIAL DE APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE HIDROLOGIA CIV-233*. Recuperado el 02 de 08 de 2019, de <https://civilmbh.files.wordpress.com/2013/11/hidrology-san-simon.pdf>
- Cincotta, R., Wisnewsky, J., & Engelman, R. (2000). Human population in the biodiversity hotspots. *Nature: international journal of science*(404), 990 - 992. Recuperado el 28 de 06 de 2019, de <https://www.nature.com/articles/35010105>
- Consejo Europeo. (2000). *CONVENIO EUROPEO DEL PAISAJE*. Florencia, España. Recuperado el 30 de 07 de 2019, de <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0670786.pdf>

- Consejo Municipal de Aguachica, Cesar. (2001). *PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL AGUACHICA 2001-2010*. Recuperado el 07 de 10 de 2019
- Dunn, M. (1974). *Landscape evaluation techniques: an appraisal and review of the literature* (Vol. 04). (C. f. University of Birmingham, Ed.)
- Echeverry, M., & Rodriguez, J. (Mayo de 2006). Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhmedo tropical en el municipio de Pereira, Risaralda Colombia. *UTP. Scientia et Technica*, 12(30), 405-410. Recuperado el 04 de 07 de 2019, de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/6589/3711>
- Fahrig, L. (Noviembre de 2003). Efectos de la fragmentación del hábitat en la biodiversidad. *Annu Rev Ecol Evol Syst*, 34, 487-515. Recuperado el 01 de 08 de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/216849867\\_Fahrig\\_L\\_Effects\\_of\\_Habitat\\_Fragmentation\\_on\\_Biodiversity\\_Annu\\_Rev\\_Ecol\\_Evol\\_Syst\\_34\\_487-515](https://www.researchgate.net/publication/216849867_Fahrig_L_Effects_of_Habitat_Fragmentation_on_Biodiversity_Annu_Rev_Ecol_Evol_Syst_34_487-515)
- FAO. (1990). *evaluación de los recursos forestales tropicales de 1990*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado el 28 de 06 de 2019, de <http://www.fao.org/3/v0290s/v0290s04.htm>
- Garcia, D. (2011). Efectos biológicos de la fragmentación de hábitats: nuevas aproximaciones para resolver un viejo problema. *Ecosistemas*, 20, 2-3. Recuperado el 01 de 08 de 2019, de <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/18>
- González, J. I. (2013). MINERÍA EN COLOMBIA. *Revista de Economía Institucional*, 15(28), 389-391. Recuperado el 04 de 07 de 2019, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-59962013000100020](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-59962013000100020)

- González, L. &. (2013). Análisis multitemporal de los cambios de la cobertura de la tierra e incidencia del cultivo de palma en el territorio del municipio de Villanueva, Casanare. Recuperado el 13 de diciembre de 2019, de Repositorio Pontificia Universidad Javeriana: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13495/GonzalezBorreroLuisHernan2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gurrutxaga, M. (2003). Índices de fragmentación y conectividad para el indicador de biodiversidad y paisaje de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Recuperado el 13 de diciembre de 2019, de Ingurumen, Lurralde Plangintza eta Etxebizitza Saila: [http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/documentacion/indicadores\\_biodiversidad/es\\_doc/adjuntos/fragmentacion\\_2003.pdf](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/documentacion/indicadores_biodiversidad/es_doc/adjuntos/fragmentacion_2003.pdf)
- Instituto Alexander von Humboldt. (1998). *El Bosque seco Tropical (Bs-T)*. Recuperado el 06 de 08 de 2019, de <http://media.utp.edu.co/ciebreg/archivos/bosque-seco-tropical/el-bosque-seco-tropical-en-colombia.pdf>
- Instituto de Hidrologia, Meteorologia y Estudios Ambientales. (2016). *Asuntos Meteorologicos*. Recuperado el 23 de noviembre de 2019, de <http://www.edam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/asuntos-meteorologicos>
- Instituto de Investigacion de Recursos Biologicos Alexander von Humboldt. (2012). *Biota Colombiana: Especial de bosque seco tropical en colombia*. Recuperado el 06 de 08 de 2019, de [http://www.humboldt.org.co/images/Atlas%20de%20paramos/Biota13\(2\)-Bosque\\_Seco.pdf](http://www.humboldt.org.co/images/Atlas%20de%20paramos/Biota13(2)-Bosque_Seco.pdf)
- Instituto Geografico Agustin Codazzi. (2018). estudio general de suelos y zonificacion de tierras del departamento del cesar. Recuperado el 01 de 08 de 2019, de <http://anyflip.com/yyia/fdkp/basic>

- Jimenez, A. (2014). *Metodología para el Levantamiento de Puntos de Control en la Verificación del Mapa de Superficie Forestal y Coberturas de la Tierra de Honduras*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2019, de Programa Regional Reducción de Emisiones por Deforestación de Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana: [http://www.reddccadgiz.org/documentos/doc\\_2134369771.pdf](http://www.reddccadgiz.org/documentos/doc_2134369771.pdf)
- Lambin, E. F. (1 de 09 de 1997). Modelling deforestation processes: a review tropical. *Progreso en Geografía Física: Tierra y Medio Ambiente*, 375-393. Recuperado el 28 de 06 de 2019, de <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/030913339702100303#articleCitationDownloadContainer>
- Lopez, A., Lozano, P., & Sierra, P. (2012). CRITERIOS DE ZONIFICACIÓN AMBIENTAL USANDO TÉCNICAS PARTICIPATIVAS Y DE INFORMACIÓN: ESTUDIO DE CASO ZONA COSTERA DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO. *Scielo*, *I(41)*, 61-83. Recuperado el 06 de 06 de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v41n1/v41n1a04.pdf>
- Malhotra, N. (1997). *Investigación de mercados : un enfoque práctico* (segunda ed.). Mexico D.F.: Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. Recuperado el 30 de 07 de 2019, de <https://es.scribd.com/document/220497358/Investigacion-de-Mercados-N-Malhotra-pdf>
- McGarigal, K., Marks, B., Cushman, S., & Ene, E. (2012). FRAGSTATS v4: Programa de análisis de patrones espaciales para mapas categóricos y continuos. Recuperado el 27 de 06 de 2019, de <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- McIntyre, S., & Hobbs, R. (1999). A Framework for Conceptualizing Human Effects on Landscapes and Its Relevance to Management and Research Models. *Conservation*

- Biology*, 282-1292. Recuperado el 06 de 08 de 2019, de [https://www.academia.edu/19516643/A\\_Framework\\_for\\_Conceptualizing\\_Human\\_Effects\\_on\\_Landscapes\\_and\\_Its\\_Relevance\\_to\\_Management\\_and\\_Research\\_Models](https://www.academia.edu/19516643/A_Framework_for_Conceptualizing_Human_Effects_on_Landscapes_and_Its_Relevance_to_Management_and_Research_Models)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica*. Recuperado el 04 de 07 de 2019, de [http://www.minambiente.gov.co/images/sala-de-prensa/Documentos/2014/marzo/310314\\_v\\_informe\\_bio\\_colombia\\_070314.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/sala-de-prensa/Documentos/2014/marzo/310314_v_informe_bio_colombia_070314.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. Recuperado el 01 de 08 de 2019, de <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/documentos/pngibse-espaol-web.pdf>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2010). *LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA: Metodología CORINE land cover adaptada para colombia escala 1:100.000*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de [http://siatac.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1e-a561-fc16b8037522&groupId=762](http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1e-a561-fc16b8037522&groupId=762)
- Molina, G. &. (2013). Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela. *Revista Colombiana de Geografía*, 22(1), 25 - 40. Recuperado el 12 de diciembre de 2019, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281825518005>

- Morera, C., Romero, M., & Pinto, J. (2007). PAISAJE, PROCESOS DE FRAGMENTACIÓN Y REDES ECOLÓGICAS:. Recuperado el 01 de 08 de 2019, de [https://www.researchgate.net/profile/Carlos\\_Morera\\_beita/publication/256495889\\_PAISAJE\\_PROCESOS\\_DE\\_FRAGMENTACION\\_Y\\_REDES\\_ECOLOGICAS\\_APROXIMACION\\_CONCEPTUAL/links/0deec5231d7ebb5356000000/PAISAJE-PROCESOS-DE-FRAGMENTACION-Y-REDES-ECOLOGICAS-APROXIMACION-CO](https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Morera_beita/publication/256495889_PAISAJE_PROCESOS_DE_FRAGMENTACION_Y_REDES_ECOLOGICAS_APROXIMACION_CONCEPTUAL/links/0deec5231d7ebb5356000000/PAISAJE-PROCESOS-DE-FRAGMENTACION-Y-REDES-ECOLOGICAS-APROXIMACION-CO)
- Murillo, W. (2008). *La investigación científica*. Recuperado el 30 de 07 de 2019, de <https://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/invest-cientifica.shtml>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). Recuperado el 19 de Noviembre de 2019, de <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>
- Pinto, J., & Ruiz, T. (2010). *Patrones de deforestación y fragmentación 1976-2006 en el municipio San Julián (Santa Cruz, Bolivia)*. La Paz, Bolivia. Recuperado el 28 de 06 de 2019, de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282010000200003&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282010000200003&script=sci_arttext&tlng=en)
- Pontius, R. S. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystem & Enviroment*, 251 - 268. Recuperado el 02 de diciembre de 2019
- Prenzel, B. &. (Marzo de 2006). Spectral and spatial filtering for enhanced thematic change analysis of remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 27(5), 835 - 854. doi:10.1080/01431160500300321
- Primack et al, .. (2001). *Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas*. (F. d. Economica, Ed.) Mexico. Recuperado el 27 de 06 de 2019

- Primack, R. B. (1998). *Essentials of conservation biology. 2th edition*. Sunderland, MA.: Sinauer Associates.
- Puerta, R., Rengifo, J., & Bravo, N. (2012). *Manual de ArcGIS 10 Intermedio*. Recuperado el 02 de 08 de 2019, de [https://www.academia.edu/5247947/Manual\\_de\\_ArcGIS\\_10\\_Intermedio\\_Departamento\\_de\\_Ciencias\\_de\\_los\\_Recursos\\_Naturales\\_Renovables](https://www.academia.edu/5247947/Manual_de_ArcGIS_10_Intermedio_Departamento_de_Ciencias_de_los_Recursos_Naturales_Renovables)
- Ramirez, P., & Gonzales, P. (2005). *Diccionario de ciencias ambientales y desarrollo sustentable* (Vol. 28). Caracas, Venezuela: EL Nacional.
- Ramos, z. (2004). *Estructura y composición de un paisaje boscoso fragmentado: Herramienta para el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad*. (C. A. ENSEÑANZA, Ed.) Turrialba, C.R. Recuperado el 07 de 06 de 2019
- Rangel-Ch., J. O.-D.-E.-P.-C.-T. (2012). *COLOMBIA BIODIVERSIDAD BIOTICA. Publicacion especial N° 4, Bosque del Aguil (Aguachica-cesar) Biodiversidad, educaicon ambiental y conservacion*. Bogota, D.C: ARFO Editores e Impresores Ltda. Recuperado el 05 de 06 de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/304249270\\_Bosque\\_del\\_Aguil\\_Aguachica-Cesar\\_Biodiversidad\\_educacion\\_ambiental\\_y\\_conservacion](https://www.researchgate.net/publication/304249270_Bosque_del_Aguil_Aguachica-Cesar_Biodiversidad_educacion_ambiental_y_conservacion)
- Rodriguez, G., Florez, J., & Garcia, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Malaga, España: Aljibe. Recuperado el 30 de 07 de 2019, de [file:///D:/Ing.%20Ambiental/TESIS%20DE%20GRADO/DOCUMENTOS/Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_cualitativa\\_Gregor.pdf](file:///D:/Ing.%20Ambiental/TESIS%20DE%20GRADO/DOCUMENTOS/Metodologia_de_la_investigacion_cualitativa_Gregor.pdf)
- Romero, C., & Morlans, M. (2014). *ESTRUCTURA DEL PAISAJE (MATRIZ, PARCHES, BORDES, CORREDORES). SUS FUNCIONES*. Recuperado el 06 de 08 de 2019, de

<http://ecologia-fca-unca.blogspot.com/2014/05/estructura-del-paisaje-matriz-parches.html>

Rudas, G., Darwin, M., Armenteras, D., Rodriguez, N., Morales, M., Delgado, L., & Sarmiento, A. (2007). *Biodiversidad y actividad humana : relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia*. (I. A. Humboldt, Ed.) Bogota, D.C. Recuperado el 07 de 06 de 2019

Sanjuan, M., & Tellez, G. (2016). *ANÁLISIS DE LA FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE COMO HERRAMIENTA DE CONSERVACIÓN DEL ÁREA NATURAL DENOMINADA “RESERVA NATURAL DE LAS AVES HORMIGUERO DE TORCOROMA” MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA*. Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña. Recuperado el 01 de 08 de 2019, de <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/1556/1/30057.pdf>

Santos, T., & Tellería, J. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*(2), 3-12. Recuperado el 07 de 08 de 2019, de [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-33471/2006\\_Ecosistemas\\_2\\_3.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-33471/2006_Ecosistemas_2_3.pdf)

Sarmiento, A., Galan, F., Mesa, C., Castaño, E., Delgado, C., & Ariza, F. (18 de Julio de 2002). Metodología de Índices Sintéticos de Estado de los Ecosistemas y Relacion de Indices de Presión y Respuesta Antrópica. *INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT*. Recuperado el 06 de 06 de 2019, de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/017931/DocumentosIndicadores/IndicadoresAmazonia/Doc/7AmazoniaAnexoVISintetico090402.pdf>

Tam, J., Vera, G., & Oliveros, R. (2008). Tipos, métodos y estrategias de investigación científica. *Pensamientos y Acción*(5), 145-154. Recuperado el 30 de 07 de 2019, de

[http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj\\_modela\\_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf)

Valdes, A. (2011). Modelos de paisaje y análisis de fragmentación: de la biogeografía de islas a la aproximación de paisaje continuo. *Ecosistemas 20* (2), 11-20. Recuperado el 27 de 06 de 2019, de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/19/13>

Velasquez, A., Mas, J. F., Palacio, J., Diaz, J., Mayorga, R., & Alcantara, C. (2002). *Analisis del cambio de suelo (informe tecnico)*. Tecnico, INE-instituto de geografia, UNAM, Mexico. Recuperado el 28 de 06 de 2019, de <http://www.redalyc.org/pdf/539/53906202.pdf>

# Apéndices

## Apéndice A. Visitas de campo al área de estudio



Vía de acceso al Bosque el Agüil



Autores de la investigación en compañía del guardabosque guía



Tejido urbano discontinuo



La panorámica muestra el principal punto de encuentro y zona central del bosque también catalogado como tejido urbano discontinuo.



Sendero que atraviesa la zona de estudio

## Apéndice B. Soporte de consulta a la oficina de catastro municipal



REPUBLICA DE COLOMBIA



Municipio de Aguachica  
Henry Afí Montes Montealegre  
Alcalde 2016-2019

Aguachica, 15 de agosto de 2019.  
GPO -206

Señor  
SAID FABIAN CASTRO BARBOSA  
Calle 1 # 29-17  
Celular 3176601979

Cordial saludo:

En atención a su petición de Radicado Interno R2019-004897, donde solicita le sean entregados algunos documentos relacionados con el Bosque del Agüil, me permito dar respuesta a su solicitud:

1. Solicitud de Escritura Pública o Certificado Catastral:
  - ✓ En esta Dependencia no reposan las Escrituras del Bosque de Agüil.
  - ✓ Carta Catastral debe solicitarla en la Oficina de Catastro, ubicada en la Cra 16 Calle 6 A.
2. Se le hace entrega en formato Autocad del área.
3. Se le hace entrega de Planimetría.
4. Cartografía temática en Formato PDF o JPG de estudios previos realizados en dicha Área, debe solicitarla en la Oficina de Catastro, ubicada en la Cra 16 Calle 6.

Por lo anterior y con el fin de dar una respuesta a su petición, se le hace entrega adicional de, Estudio de la Caracterización Biológica y Ecológica Integral y una presentación en powerpoint relacionada con el bosque de Agüil, Anexo CD.

Atentamente.

  
Ing. HUMBERTO ALONSO DE LA HOZ ALVAREZ  
Gerente de Planeación y Obras

Proyecto y Digitó: Jesús Picón.

www.aguachica-cesar.gov.co  
Calle 4 No. 10-33 Telefax. (095) 5650600

## Apéndice C. Coberturas de la tierra de la zona de estudio denominada “Bosque el Agüil”

Categorías según punto de control	Código de la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra – Colombia	Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra - Colombia	Registro fotográfico	Descripción
1	3.1.2.2.1.	Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme		<p>Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a cinco metros e inferior a 15 metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales</p>
2	3.2.2.1.	Arbustal Denso		<p>Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, puede contener elementos arbóreos dispersos y coberturas de herbazales y arbustivas de subparamo. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales.</p>
3	3.2.1.1.1.2.	Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado		<p>Corresponde a superficies dominadas por vegetación natural herbácea con presencia de elementos arbóreos y/o arbustivos dispersos.</p>

4	2.3.3.	Pastos enmalezados		<p>Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono, presentan alturas de la vegetación secundaria menores a 1,5 m</p>
5	1.1.2.	Tejido Urbano Discontinuo		<p>Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes distribuidas de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación.</p>