

ESTUDIO MULTITEMPORAL DE FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD
ECOLÓGICA EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LORENZO DEL
MUNICIPIO DE PUERTO ASÍS, PUTUMAYO.

ANGELICA MARCELA GOMEZ GONZALEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGARIAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
BOGOTA D.C.

2019

ESTUDIO MULTITEMPORAL DE FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD
ECOLÓGICA EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LORENZO DEL
MUNICIPIO DE PUERTO ASÍS, PUTUMAYO.

Estudiante:

ANGELICA MARCELA GOMEZ GONZALEZ

Proyecto de investigación para optar el título de Ingeniera Agroforestal

Director:

ANDREA CAROLINA GARCÍA CABANA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGARIAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
BOGOTA D.C.

2019

Nota de aceptación

Presidente del jurado:

Jurado:

Bogotá, diciembre de 2019

DEDICATORIA

A mi esposo, a mis hijas y a mi mama, por el apoyo, la comprensión. Fueron la motivación para terminar con éxito este proyecto.

CONTENIDO

RESUMEN	10
1. OBJETIVOS	11
1.1. OBJETIVO GENERAL	11
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3. JUSTIFICACIÓN.....	14
4. MARCO CONCEPTUAL	16
4.1. Biodiversidad	16
4.2. Fragmentación y Conectividad.....	17
4.3. Aplicación SIG	18
4.4. Métricas del paisaje	19
4.4.1. Métricas por forma.....	19
4.4.2. Métricas de borde	21
4.4.3. Métricas por densidad de parche y tamaño.....	22
4.5. Elementos del paisaje	23
4.5.1. Matriz	24
4.5.2. Parches	24
4.5.3. Corredores	26
4.6. Clasificación de coberturas CORINE Land Cover Adaptada para Colombia	26
5. METODOLOGIA	28
5.1. Área de estudio	28
5.2. Materiales y métodos.....	31
5.2.1. Clasificación de coberturas	33
5.2.2. Obtención de las Métricas de fragmentación	34
5.2.3. Cálculo del contexto paisajístico.....	35
5.2.4. Identificación de posibles causas de deforestación	36
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
6.1. Coberturas de la tierra periodo 2018	38
6.2. Coberturas de la tierra periodo 2013	48

6.3.	Análisis Multitemporal Coberturas 2013 – 2018	51
6.4.	Calculo Contexto Paisajístico (CP)	53
6.5.	Métricas de fragmentación periodos 2018 y 2013	57
6.5.1.	Resultados métricas por forma	57
6.5.2.	Resultados métricas de borde	59
6.5.3.	Resultados métricas por densidad de parche y tamaño	59
6.6.	Posibles motores de deforestación	61
6.6.1.	Ampliación de la frontera agrícola	61
6.6.2.	Cultivos ilícitos	62
6.6.3.	Extracción de hidrocarburos e infraestructura de transporte	64
6.6.4.	Extracción de madera	65
7.	CONCLUSIONES	66
	BIBLIOGRAFÍA	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización del Proyecto	28
Figura 2 Región Amazónica Colombiana	29
Figura 3 Localización de comunidades e infraestructura	31
Figura 4 Imágenes satelitales.....	32
Figura 5 Clasificación herramienta Multivariante.....	34
Figura 6 Evaluación de la conectividad.....	36
Figura 7. Coberturas periodo 2018.....	38
Figura 8 Tejido urbano discontinuo.....	41
Figura 9 Explotación de hidrocarburos Plataforma Cohembi	42
Figura 10 Cultivos permanentes arbustivos.....	43
Figura 11 Pastos limpios ampliación de la frontera agrícola.....	44
Figura 12 Pastos arbolados	45
Figura 13 Bosque denso	46
Figura 14 Vegetación secundaria	47
Figura 15 Zonas quemadas	48
Figura 16 Coberturas periodo 2013	49
Figura 17 Resultado Contexto Paisajístico (CP)	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones Imágenes satelitales	32
Tabla 2 Índices de conectividad	36
Tabla 3 Unidades de cobertura de la tierra año 2018	39
Tabla 4 Unidades de cobertura de la tierra año 2013	50
Tabla 5 Coberturas de la tierra 2013 -2018	52
Tabla 6 Resultado Calculo CP Contexto Paisajístico	54
Tabla 7 Elementos del paisaje	56
Tabla 8 Resultado métricas por forma 2018 - 2013	57
Tabla 9 Resultado métricas de borde 2018 - 2013	59
Tabla 10 Resultado métricas por densidad de parche y tamaño 2018 - 2013	59

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1 Porcentaje de coberturas 2018.....	40
Grafica 2 Porcentaje de coberturas 2013.....	51
Grafica 3 Cambio coberturas 2013 – 2018.....	53
Grafica 4 Grado de fragmentación	54

RESUMEN

La deforestación acelerada en la que se encuentra actualmente la región del Putumayo es una pequeña muestra de la devastación que sufren los bosques a diario en el planeta. La microcuenca de la quebrada Lorenzo ubicada en el municipio de Puerto Asís en el departamento del Putumayo, abastece de agua a comunidades como el caserío Villa Marquesa y el resguardo indígena Alto Lorenzo perteneciente a la etnia Nasa. Sobre esta microcuenca se evaluó la deforestación generada por actividades antrópicas de las comunidades y la industria aledaña, que han aumentado la frontera agrícola y productora.

Este análisis de pérdida de cobertura se hizo a partir de herramientas SIG (Sistema de Información Geográfica) se realizó un análisis de fragmentación y conectividad aplicando métricas de fragmentación utilizando las extensiones Patch Analyst y V-Late del software ArcGis 10.5.

Con el análisis multitemporal se evaluó en las imágenes de satélite la pérdida de la cobertura vegetal del bosque natural de los años 2013 y 2018, por otro lado se identificaron las posibles causas de los cambios de las coberturas boscosas de la microcuenca Lorenzo, definidos como motores de deforestación.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio multitemporal de fragmentación y conectividad de las coberturas naturales en la microcuenca de la quebrada Lorenzo del municipio de Puerto Asís - Putumayo.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar y analizar los cambios de cobertura de los años 2013 y 2018 del área de estudio con imágenes satelitales, worldview

Analizar las métricas de fragmentación y el contexto paisajístico de las coberturas naturales del área de estudio para los años 2013 y 2018, con el fin de identificar la configuración del paisaje y el nivel de fragmentación del bosque.

Identificar las posibles causas de los cambios de cobertura boscosa en el área de estudio a partir de información secundaria.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pérdida de bosque a nivel mundial ha aumentado de forma acelerada en los últimos años. En el período 2000-2010, se registró una pérdida neta de bosques de 7 millones de hectáreas anuales (FAO, 2016); esta pérdida se debe a diversas presiones antrópicas que se ejerce sobre los bosques a causa de actividades relacionadas con el crecimiento de la frontera agrícola, el aprovechamiento de madera, el pastoreo intensivo, el crecimiento demográfico, la explotación de hidrocarburos, los cultivos ilícitos y problemáticas sociales como la pobreza entre los más acentuados (SINCHI, 2014).

En el período 1990-2005, el 71 % de la deforestación en Argentina, Colombia, Bolivia, Brasil, Paraguay, Perú y Venezuela se debió al aumento de la demanda de pastos; el 14 %, a los cultivos comerciales; menos del 2 % a la infraestructura y a la expansión urbana (FAO, 2016).

En Colombia en el 2017 el bosque de la región Amazónica presentó 39.516 hectáreas afectadas por el cambio de uso del suelo, que corresponde al 66,6% del total nacional (IDEAM, 2017). Por cultivos de coca la afectación fue del 35,5% durante el período 2005 – 2014, el 57% de la afectación estuvo representada en degradación del bosque y el 43% restante corresponde a deforestación (UNODC, 2015). El departamento de la región amazónica más afectado en los últimos años es el Putumayo con un 36% de pérdida de bosque (UNODC, 2015).

En el departamento del Putumayo está ubicada la microcuenca de la quebrada Lorenzo en el municipio de Puerto Asís, esta microcuenca cuenta con una extensión aproximada de

7.587,88 hectáreas y abastece de agua a comunidades como el caserío Villa Marquesa y el resguardo indígena Alto Lorenzo perteneciente a la etnia Nasa. Actualmente la microcuenca presenta grandes áreas de deforestación debido a diversas actividades agrícolas y económicas que se han desarrollado en los últimos años; estas presiones antrópicas ocasionan alteraciones al régimen hidrológico, pérdida de la biodiversidad, ahuyentamiento y migración de fauna silvestre, así como aumento de los procesos erosivos; del mismo modo la remoción de la vegetación afecta los balances de agua y energía al alterar factores como concentración de vapor de agua, precipitación, humedad del suelo y su capacidad de retención e infiltración de agua (Molion, 1976).

Con respecto a lo anterior, se hace necesario determinar la pérdida de coberturas naturales que ha sufrido la microcuenca quebrada Lorenzo, ya que es una fuente abastecedora de agua de las comunidades allí establecidas, así mismo cuantificar y analizar la transformación del paisaje durante los últimos 5 años, lo que permitiría conocer la reducción de la masa boscosa de la microcuenca y parte de la problemática ambiental de la amazonia.

.

3. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación busca determinar y analizar la pérdida de coberturas naturales y el grado de fragmentación de la microcuenca Lorenzo a partir de la aplicación de herramientas SIG (sistemas de información geográficos) que brindan instrumentos para el análisis espacial, información real y actualizada sobre las transformaciones naturales y/o antrópicas de las coberturas, así mismo, permiten cuantificar la deforestación acelerada que se ha presentado en los periodos 2013 – 2018 en el área de estudio, información que puede ser tenida en cuenta para la toma de decisiones en la planificación territorial en pro de la conservación y el manejo sostenible de los recursos naturales y crear conciencia sobre el daño ambiental producido en la región por la disminución de los recursos naturales y la pérdida de biodiversidad .

Conforme a lo anterior es importante resaltar que Colombia es el país con mayor riqueza y diversidad en el mundo ((Rangel, 2005), las cuales actualmente se encuentran amenazadas debido a la deforestación. El Putumayo hace parte de la región Amazónica, el bosque tropical amazónico ha sido reconocido por largo tiempo como una reserva de servicios ecológicos, no sólo para los pueblos indígenas y las comunidades locales, sino, también para el resto del mundo (WWF, 2016). De acuerdo a lo reportado por el SINCHI, (2014) en el Putumayo los principales agentes que más ejercen presión sobre el bosque son productor agropecuario sin coca, aserrador de madera, el indígena, productor agropecuario con coca, ganadero empresarial, petrolero y el minero.

Según datos del IDEAM, (2017), En relación a la extracción de madera más del 70% que se aprovecha es producto de actividad ilegal así mismo, la presencia de cultivos ilícitos ha sido

significativa en los municipios de Puerto Asís (Putumayo) y Miraflores, (San José del Guaviare) (UNODC, 2015).

Por otra parte la ampliación de la infraestructura de los sectores minero y petrolero puede generar nuevas áreas deforestadas directamente, teniendo en cuenta que parte de esta infraestructura, como las vías, se convierten en mecanismos de ocupación y transformación de los bosques (WWF, 2016)

La integración de herramientas SIG (sistemas de información geográficos) brinda datos confiables sobre cómo, cuándo y dónde las coberturas boscosas sufren procesos de degradación y tiene más riesgo a ser deforestadas, este tipo de análisis ayuda al ordenamiento territorial y a la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales y protección de los hábitats.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1. Biodiversidad

El convenio sobre Diversidad Biológica (CDB, 1992) define la biodiversidad como “La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”. La biodiversidad no solo es una fuente valiosa e incalculable de recursos que garantiza la existencia de la humanidad, si no que funciona como equilibrio entre las especies su hábitat en un ecosistema. La diversidad ecosistémica se refiere a la diversidad de espacios - hábitat en un determinado ecosistema o paisaje (Andres, 1991). Estos hábitats están compuestos por grandes áreas de coberturas naturales, que al ser transformadas a causa de la intervención antrópica segmenta los bosques en pequeños fragmentos que alteran el paisaje.

La mayor amenaza de la biodiversidad está en la pérdida de hábitats naturales, por lo general, relacionada con la agricultura y la ganadería expansiva, sumados a estos factores están el riesgo de invasiones biológicas, vacíos de información, la presencia de especies invasoras, cambios en las condiciones climáticas y actividades humanas de diversa índole como la deforestación, la minería ilegal, cultivos ilícitos, la sobreexplotación de especies silvestres, el tráfico, la caza, la depredación, la contaminación del agua, expansión urbana e industrial, entre otras (Instituto Humboldt, 2014).

4.2. Fragmentación y Conectividad

La transformación y la fragmentación del hábitat natural son reconocidas mundialmente como la principal amenaza de la diversidad biológica ya que la transformación implica una reducción neta de área disponible para la fauna y flora originarias de la región y a largo plazo termina eliminando los tipos de hábitat utilizados por estos (IAvH, 2004).

Para comprender mejor es pertinente citar a Volgemann, (1995), que define la fragmentación como el proceso de cortar profundamente áreas grandes y contiguas de tipos similares de vegetación nativa en numerosos segmentos menores separados por tipos de vegetación relacionados con la actividad humana intensiva. Estos procesos de intervención antrópica y deforestación constante fragmentan el paisaje natural y forma pequeñas islas o fragmentos de bosque que pierden progresivamente especies de flora y fauna ocasionando pérdida de la conectividad. Taylor, Fahring, Heinen, & Merriam G, (1993) describen la conectividad como la capacidad del territorio para dar soporte a los desplazamientos de las especies entre los fragmentos con recursos, y Bennett, (2003) como la habilidad de estas especies para moverse dentro de los diferentes elementos que conforman un paisaje.

Como resultado de una interrupción en los patrones del paisaje puede comprometer su integridad funcional al interferir con los procesos ecológicos críticos necesarios para la persistencia de la población y el mantenimiento de la biodiversidad y la salud del ecosistema (With, 1999).

4.3. Aplicación SIG

Un sistema de información geográfica (SIG) es un sistema empleado para describir y categorizar la Tierra y otras geografías con el objetivo de mostrar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente (ESRI, 2014).

Las herramientas SIG permiten identificar y analizar patrones espaciales a partir de un conjunto de datos gráficos y alfanuméricos. Según (Hodder & Orton, 1990) el valor y la relevancia del análisis espacial se fundamentan en que las técnicas de análisis espacial permiten examinar procesos distintos que pueden producir mapas de distribución similares, una de estas distribuciones puede ser medida a través del cálculo del CP contexto paisajístico el cual se refiere a la conectividad del fragmento del ecosistema natural estudiado con otros fragmentos con coberturas naturales (MADS, ANLA y TNC, 2012), las formas de los fragmentos o islas así como su distribución, tamaño, forma y número son características espaciales que pueden ser medidas a través de la aplicación de geoestadística con herramientas SIG (Sistemas de Información geográficos), para ello existen diferentes software especializados que permiten analizar los efectos de la fragmentación en los bosques.

Patch Analyst es una extensión para ArcGIS que permite hacer el análisis espacial de los fragmentos o parches que se encuentran en determinada área, arroja los principales índices del paisaje, esta extensión fue desarrollada por Phil Elkie, Rob Rempel y Angus Carr para el Ministerio De Recursos Naturales de Ontario –Canada (CNFER Centre For Northern Forest Ecosystem Research, 2015); otra extensión de herramientas de análisis de paisajes basados en vectores para ArcGIS es V-Late el cual examina los aspectos principales del análisis de patrones estructurales y, por lo tanto, emplea métricas de siete categorías

diferentes (análisis de área, forma, interior, borde, proximidad, diversidad y subdivisión) (ESRI, 2012).

4.4. Métricas del paisaje

Las métricas del paisaje permiten cuantificar la composición y configuración del paisaje, a partir del análisis de patrones geográficos. Estas clases de patrones no son intrínsecas al paisaje en consideración, sino que reflejan una construcción humana perteneciente a la heterogeneidad espacial de interés para el investigador o gerente (McGarigal, Manual FRAGSTATS, 2015).

Las métricas están agrupadas por forma, borde y tamaño en las extensiones Patch Analyst y V-Late para ArcGis 10.5.

4.4.1. Métricas por forma

SDI (Shannon's Diversity Index) Índice de diversidad de Shannon

El índice de diversidad de Shannon solo está disponible a nivel de paisaje y es una medida relativa de la diversidad de parches. El índice será igual a cero cuando solo hay un parche en el paisaje y aumenta a medida que aumenta el número de tipos de parche o la distribución proporcional de los tipos de parche (McGarigal & Marks, 1995).

SEI (Shannon's Evenness Index) Índice de similaridad de Shannon

Medida de la distribución y abundancia de parches, el índice de uniformidad de Shannon es igual a cero cuando la distribución de parches observada es baja y se acerca a uno cuando la distribución de los tipos de parches se vuelve más uniforme. El índice de uniformidad de Shannon solo está disponible a nivel de paisaje (McGarigal, 2015).

AWMSI (Area Weighted Mean Shape Index) Índice de la forma media ponderado por el área

Es igual a la suma del perímetro de cada parche, dividido por la raíz cuadrada del área del parche (en hectáreas) para cada clase (cuando se analiza por clase) o para todos los parches (cuando se analiza por paisaje), y ajustado por estándar circular (para polígonos). Se diferencia del MSI en que está ponderado por área de parche, por lo que los parches más grandes pesarán más que los más pequeños.

AWMSI es igual a 1 cuando todos los parches son circulares (para polígonos) o cuadrados (para rásteres (cuadrículas)) y aumenta a medida que aumenta la irregularidad de la forma del parche (McGarigal, 2015).

MSI (Mean Shape Index) Índice de la forma media.

Corresponde a la suma del perímetro de cada parche dividido por la raíz cuadrada del área del parche (en hectáreas) para cada clase (cuando se analiza por clase) o todos los parches (cuando se analiza por paisaje), y se ajusta por estándar circular (para polígonos) o cuadrado estándar (para rásteres (cuadrículas)), dividido por el número de parches.

MSI es igual a 1 cuando todos los parches son circulares (para polígonos) o cuadrados (para rásteres (cuadrículas)) y aumenta al aumentar la irregularidad de la forma del parche (McGarigal, Manual FRAGSTATS, 2015).

MPAR (Mean Perimeter-Area Ratio) Relación media perímetro área

La relación área-perímetro es una medida simple de la complejidad de forma, pero sin estandarización a una forma euclidiana simple (por ejemplo, cuadrado). Uno de los

problemas con esta métrica como índice de forma es que varía con el tamaño del parche. Por ejemplo, manteniendo la forma constante, un aumento en el tamaño del parche causará una disminución en la relación perímetro-área (McGarigal, 2015).

MPFD (Mean Patch Fractal Dimension) Dimensión media del fractal del parche

La dimensión fractal del parche medio es otra medida de la complejidad de la forma. La dimensión fractal media se acerca a una para formas con perímetros simples y se acerca a dos cuando las formas son más complejas (McGarigal, 2015).

AWMPFD (Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension) Dimensión media ponderada del área del parche fractal

La dimensión fractal media del parche ponderado por área es la misma que la dimensión fractal del parche medio con la adición de la ponderación de área de parche individual aplicada a cada parche. Debido a que los parches más grandes tienden a ser más complejos que los más pequeños, esto tiene el efecto de determinar la complejidad del parche independientemente de su tamaño. La unidad de medida es la misma que la dimensión fractal del parche medio (McGarigal & Marks, 1995).

4.4.2. Métricas de borde

TE (Total Edge) Borde total

TE es igual a la suma de las longitudes en metros (m) de todos los segmentos de borde que involucran tipo de parche correspondiente. Si hay un borde de paisaje (McGarigal, 2015).

ED (Edge Density) Densidad del borde

ED es igual a la suma de las longitudes en metros (m) de todos los segmentos de borde que involucran cada tipo de parche, dividido por el área total del paisaje en metros (m), multiplicado por 2. Si hay un borde de paisaje, ED incluye segmentos de límites de paisaje que involucran el tipo de parche correspondiente y representando solo el borde "verdadero" (es decir, parches contiguos de diferentes clases). Si un el borde horizontal está ausente, incluye una proporción de paisaje especificada por el usuario segmentos de límite que involucran el tipo de parche correspondiente (McGarigal, 2015).

MPE (Mean Patch Edge) Media del borde del fragmento

La Media del borde del fragmento corresponde a la cantidad promedio de borde por parche o clase (McGarigal & Marks, 1995).

4.4.3. Métricas por densidad de parche y tamaño

NumP (Number of Patches) Número de fragmentos

Es igual al número total de parches en el paisaje se puede Analizar por paisaje o por número de parches para cada clase individual (McGarigal & Marks, 1995).

MedPS (Median Patch size of all patches Landscape Level) Tamaño medio de los fragmentos por ecosistemas

Corresponde al tamaño medio de parche de todos los parches a nivel de paisaje, es igual a la suma de las áreas (m) de todos los parches de los correspondientes, dividido por el área total del paisaje (m) (McGarigal, 2015).

PSCoV (Patch Size Coefficient of Variance) Coeficiente de variación del tamaño medio de los fragmentos

El coeficiente de variación es igual a la desviación estándar dividida por la media, multiplicada por 100 para convertir a un porcentaje, para la métrica del parche correspondiente (McGarigal, 2015).

PSSD (Patch Size Standard Deviation) Desviación estándar del tamaño del fragmento

Es igual al valor de la métrica (x) para el parche focal (ij) menos la media de la métrica en todos los parches en el paisaje dividido por la desviación estándar del paisaje (fórmula de población) (McGarigal, 2015).

TLA (Landscape Area) Área de paisaje

Suma de áreas de todos los parches en el paisaje (McGarigal & Marks, 1995).

CA (Core Area) Área del fragmento

Medida de distribución relativa de áreas centrales. Número de áreas centrales disjuntas por hectárea del área total del paisaje (McGarigal & Marks, 1995).

4.5. Elementos del paisaje

La estructura del paisaje queda definida por el patrón espacial que conforman los elementos del paisaje. Esta estructura es una manifestación del funcionamiento ecológico del territorio y al mismo tiempo nos sirven para comprender qué procesos ocurren dentro de él. Dentro de la diversidad de paisajes existentes en casi todos ellos se puede identificar

unos elementos estructurales comunes que nos sirven para poder entender en un primer acercamiento la estructura de un paisaje (Irastorza, 2006).

Forman & Godron (1986), proponen como elementos estructurales del paisaje la matriz, los parches y los corredores, los cuales se describen a continuación.

4.5.1. Matriz

Es el elemento predominante de un paisaje, es el que engloba al resto y da personalidad al paisaje. La idea de matriz está implícita en las denominaciones territoriales y paisajísticas comunes: bosque abierto, bosque cerrado, bosque de coníferas, etc, lo que caracteriza a todas estas denominaciones es la presencia de arbolado como componente esencial o predominante (Irastorza, 2006).

4.5.2. Parches

Son unidades de paisaje que se distinguen o diferencian claramente de lo que les rodea. Intuitivamente podemos entender el concepto cuando al observar un paisaje desde un avión distinguimos los cultivos, los prados, los boquetes y los núcleos urbanos (Irastorza, 2006).

Los parches pueden dividirse en cuatro (4) subelementos:

I. Parches de perturbación

Resultan de la perturbación de un área pequeña dentro de una matriz. Pueden ser de origen natural o cultural (Irastorza, 2006).

II. Parches remanentes

Son aquellos que resultan de la perturbación extensa de una matriz, que deja una serie de "islas" no afectadas en su estado original. Las características y el origen de este tipo de parche son opuestos a los de los parches de perturbación, por lo cual los diferencia un aspecto importante, que es la escala de la perturbación local que en los parches remanentes es más severa ya que solo deja islas de la matriz original (Irastorza, 2006).

III. Parches de recursos ambientales

Son parches que resultan de diferencias, generalmente debidas a las características y variaciones del sustrato en cuanto al material parental o a la hidrología. Son de carácter más estable que aquellos resultantes de perturbaciones. Los bordes o ecotonos de los parches hacia la matriz pueden ser abruptos o graduales a diferencia de otros parches en los que es más común que sean abruptos. Entre menos abrupto el cambio de parche a matriz mayor es el movimiento de especies (Irastorza, 2006).

IV. Parches introducidos

Están mayormente relacionados con la actividad humana, a través de la introducción de especies animales o vegetales durante las actividades agropecuarias, o de urbanización. Generalmente van acompañados de actividades crónicas para su mantenimiento, como perturbaciones culturales lo cual evita que pueda progresar una sucesión que homogenice el área (Etter, 1990).

4.5.3. Corredores

Son elementos lineales con origen natural, como pueden ser los ríos, o artificial, como es el caso de setos o caminos, están caracterizados por sus dimensiones (prevalece su longitud sobre la anchura) y su composición (que la hace diferenciarse del entorno) (Irastorza, 2006).

4.6. Clasificación de coberturas CORINE Land Cover Adaptada para Colombia

En el año 2010 en Colombia se adaptó la clasificación de las coberturas de la tierra a la metodología europea CORINE (Coordination of Information on the Environmental) Land Cover. Esta metodología tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica (IDEAM, 2010).

La clasificación de las coberturas de la metodología CORINE Land Cover está estructurada de forma jerárquica derivando las unidades de coberturas de la tierra con base en criterios fisonómicos de altura y densidad (IDEAM, 2010). La clasificación para Colombia consta de 5 niveles divididos así:

Nivel 1 Territorios artificializados

Se presentan las coberturas correspondientes a los territorios artificializados, que comprende las áreas de las ciudades, los centros poblados y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas (IDEAM, 2010).

Nivel 2 Territorios Agrícolas

Se incluyen las coberturas correspondientes a los territorios agrícolas, que comprenden las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas (IDEAM, 2010).

Nivel 3 Bosques y áreas seminaturales

Coberturas correspondientes a los bosques y las áreas seminaturales donde se incluyen para las primeras un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, herbáceo; y para las segundas, las coberturas presentes en aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos (IDEAM, 2010).

Nivel 4 Ares Húmedas

Se encuentran descritas las coberturas correspondientes a las áreas húmedas como zonas pantanosas, turberas, vegetación acuática, pantanos costeros, entre otras (IDEAM, 2010).

Nivel 5 superficies de agua

En este nivel se encuentra la clasificación de los cuerpos de agua respectivamente, donde se incluyen los terrenos anegadizos e inundables y las áreas cubiertas por cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales (IDEAM, 2010).

5. METODOLOGIA

5.1. Área de estudio

El área de estudio comprende la microcuenca de la quebrada Lorenzo ubicada en el municipio de Puerto Asís en el departamento del Putumayo, cuenta con una extensión aproximada de 7587,88 ha; la quebrada es un afluente del río Cohembí el cual desemboca en el río Putumayo como se muestra en la Figura 1.

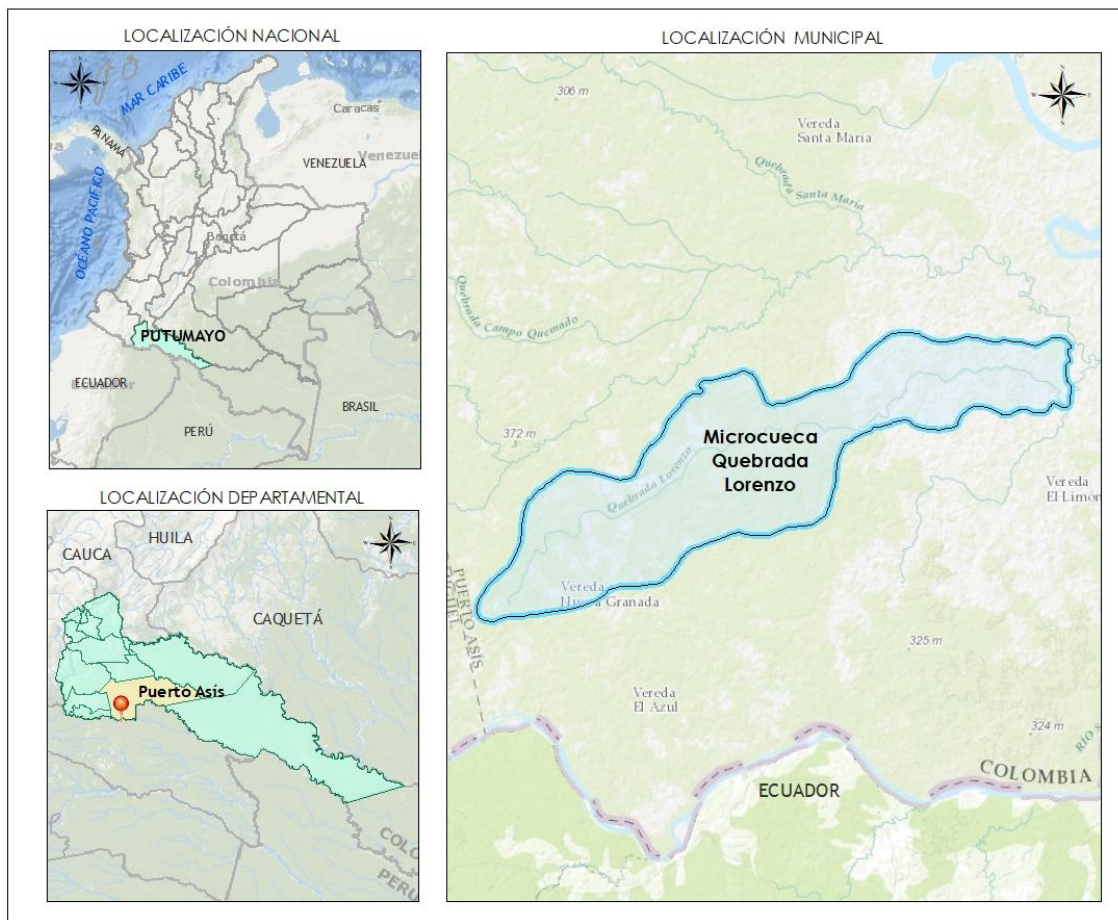


Figura 1 Localización del Proyecto

La microcuenca Lorenzo se encuentra ubicada en el gran bioma de Bosque Húmedo tropical, el cual se caracteriza por tener un clima cálido húmedo con una precipitación media anual es superior a los 2.000 mm, de acuerdo a (Holdridge , 1967). La vegetación de este gran bioma, equivale a la selva lluviosa tropical, los bosques tropicales húmedos, muy húmedos y pluviosos de pisos bajos, montano bajos y premontanos.

A su vez hace parte del bosque natural de la región amazónica colombiana como se muestra en la Figura 2, sin embargo, no se encuentra en áreas de ley 2da o áreas protegidas, la región amazónica conserva su importancia sobre los ecosistemas como función ecológica para su preservación (SINCHI, 2014).



Figura 2 Región Amazónica Colombiana

La quebrada Lorenzo abastece de agua al caserío Villa Marquesa y al resguardo indígena Alto Lorenzo de la Etnia Nasa descendientes de los Chibchas, el nombre Nasa significa hijo del río, lucero, el trueno y la laguna estrella o Juan Tama (Bernal, 2005).

Las actividades económicas de las comunidades asentadas en la microcuenca corresponde a la producción agrícola, entre los cultivos que allí se encuentran están: plátano, piña, palmito, maíz, borjón, yuca, caña, caucho y coca (Bernal, 2005); la mayor parte de estos cultivos son dedicados para el autoconsumo y en menor cantidad para intercambio y comercialización, así mismo, la población desarrolla la explotación de madera para construcción de vivienda, cercas y leña.

Otra de las actividades que se desarrolla en la zona es la explotación de hidrocarburos, actualmente opera el campo Suroriente del consorcio Colombia Energy bajo Licencia No. 1930 de 2010 expedida por ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales), los pozos activos existentes son Cohembi 4, 8 y 11 perforados en la plataforma Cohembi 4, Figura 3 Localización de comunidades e infraestructura.

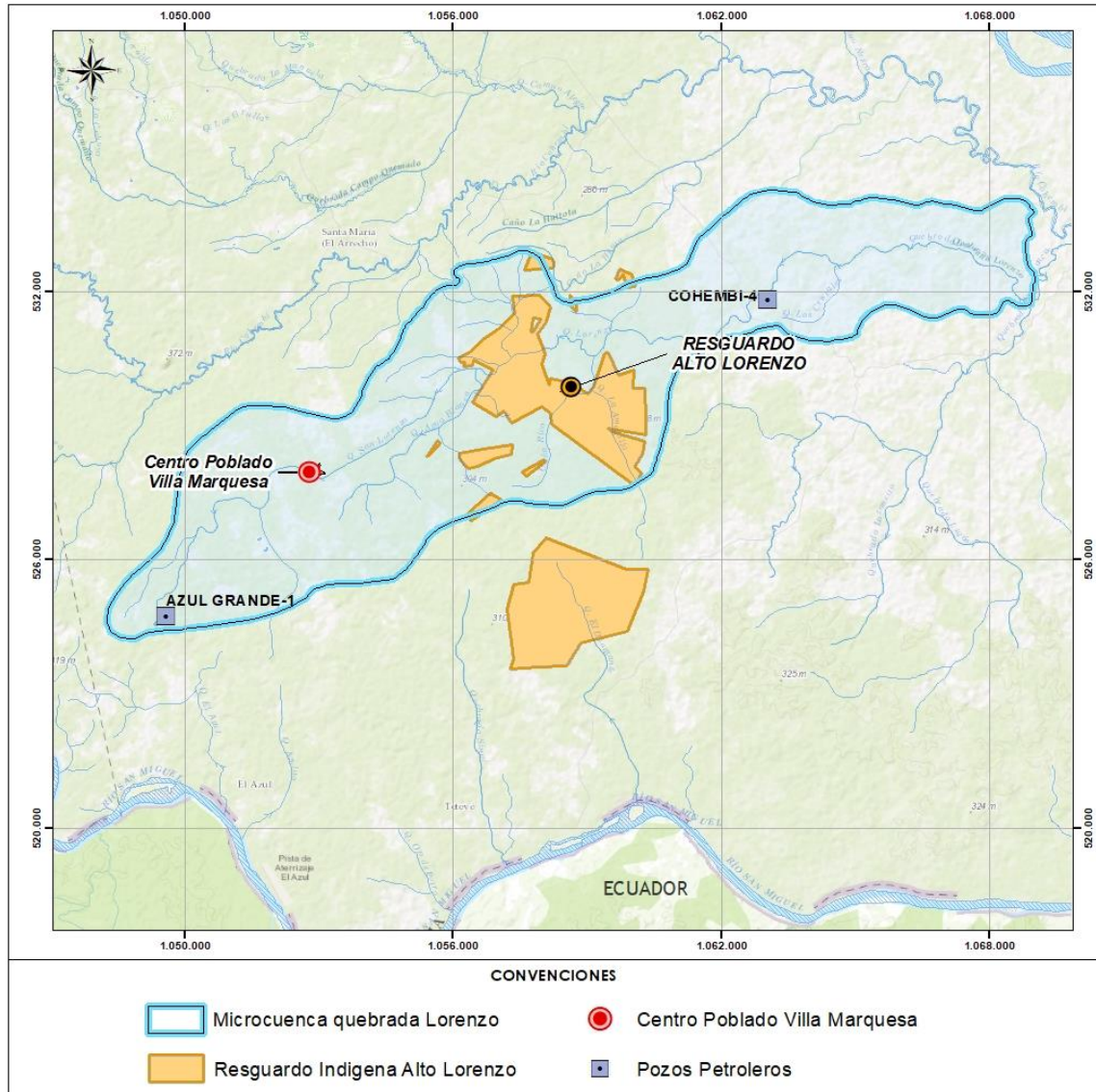


Figura 3 Localización de comunidades e infraestructura

5.2. Materiales y métodos

Para el análisis multitemporal y fragmentación de la quebrada Lorenzo se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución de dos épocas. Para el año 2013 corresponde a una imagen satelital del sensor WorldView 1, pancromática con 0.5 metros de resolución espacial y un porcentaje de nubosidad de 0.9%. Para el año 2018, se utilizó una imagen del sensor

WorldView-3 con 0.3 metros de resolución espacial, un porcentaje de nubosidad de 1.2%, multispectral color natural, Figura 4.

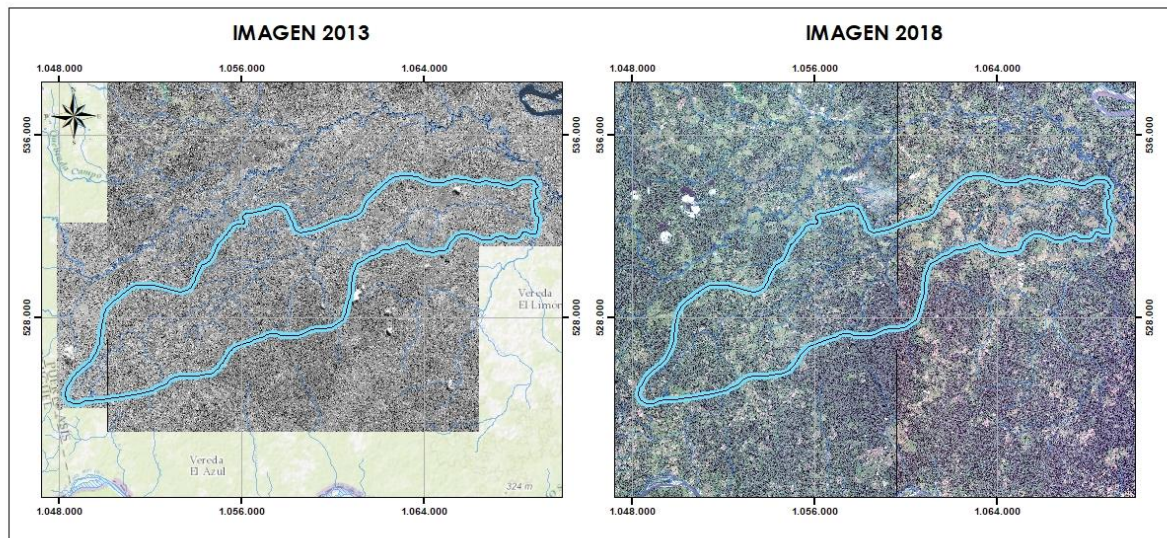


Figura 4 Imágenes satelitales

Los satélites ópticos Worldview 1 y 3 brindan imágenes de alta resolución útiles para el desarrollo de cartografía de alta precisión, en la tabla 1 se relacionan las especificaciones de cada una de las imágenes

Tabla 1 Especificaciones Imágenes satelitales

ESPECIFICACIONES IMAGEN 2013	
Operador del Satélite	Digital Globe
Fecha de Toma	Septiembre 11 de 2013
Sensor	Worldview 1
Resolución espacial de la Imagen	0,5 mts
Bandas Espectrales	Pancromático
Porcentaje de Nubosidad	0.9%
ESPECIFICACIONES IMAGEN 2018	
Operador del Satélite	Digital Globe
Fecha de Lanzamiento	Julio 01 de 2018

Resolución espacial de la Imagen	0,31 mts pancromática y 1,24 mts. Multiespectral, 3,7 mts en infrarrojos y 30 mts en CAVIS
Sensor	Worldview 3
Bandas Espectrales	Pancromático, 8 bandas multiespectral (Coastal Blue, Blue, Green, Yellow, Red, Red Edge, NIR, NIR2) 8 bandas infrarrojos y 12-band CAVIS (corrige Nubes, Aerosoles, vapores, Hielo y Nieve)
Porcentaje de Nubosidad	1.2%

Para la selección de cada una de las imágenes se tuvo en cuenta los siguientes criterios: cubrimiento total del área de estudio, porcentaje mínimo de nubosidad, resolución espacial óptima para la escala de trabajo 1:25.000 y por último, que las fechas seleccionadas proporcionaran un rango de tiempo adecuado para el seguimiento multitemporal de los cambios de cobertura.

El sistema de referencia adoptado para el presente estudio, corresponde a la Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Datum MAGNA Colombia origen Oeste, asignado a cada uno de los archivos raster.

Las imágenes satelitales corresponden al inventario de información para estudios ambientales de Gran Tierra Energy, cedidas para el presente estudio.

5.2.1. Clasificación de coberturas

Las coberturas de la tierra se elaboraron a partir de la interpretación de las imágenes satelitales de cada época (2013 -2018), a través de la clasificación automática de los diferentes patrones de textura, tonos y formas de los archivos raster, basados en la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, con el uso del software ArcGIS 10.5.1., a una escala de captura promedio de 1:6.500, para obtener un escala del proyecto 1:25.000.

La clasificación supervisada del software ArcGIS utiliza firmas espectrales, es decir, extrae clases de información de una imagen ráster multibanda (ESRI, 2014), esta clasificación se efectuó a partir de una muestra de patrones sobre cada una de las imágenes satelitales utilizando la herramienta Multivariante de la extensión Spatial Analyst, Figura 5.

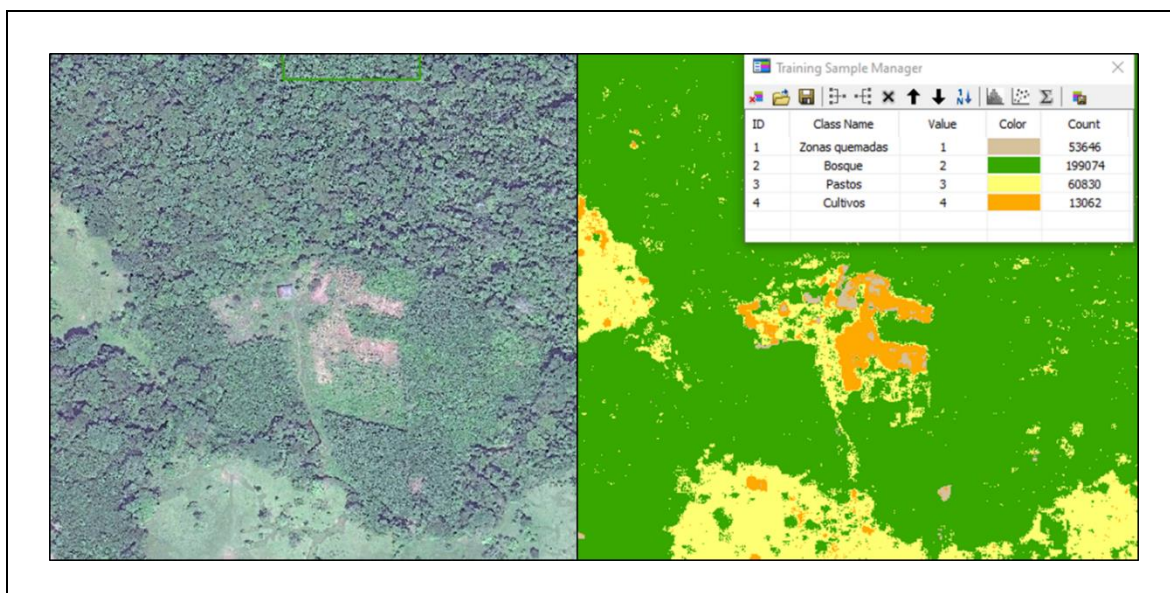


Figura 5 Clasificación herramienta Multivariante

Una vez obtenidos los resultados de la clasificación automática se procedió a identificar y codificar las coberturas a partir de interpretación visual de cada uno de los polígonos hasta el nivel 3 según la metodología Corine Land Cover, esto con el fin de evaluar las coberturas existentes en el área en las dos épocas y analizar los cambios que han sufrido durante los últimos 5 años.

5.2.2. Obtención de las Métricas de fragmentación

Para cada fragmento de las coberturas vegetales naturales o aquellas que han sido transformadas se analizaron las métricas de fragmentación utilizando las extensiones para

ArcGis Version 10.5 de los programas Patch Analyst y V-Late. Esto facilita el análisis espacial de los parches del paisaje y modelización de los atributos asociados a los mismos.

Estas extensiones se utilizaron para el análisis de patrones espaciales en apoyo de la modelación del hábitat, la conservación de la biodiversidad y el manejo forestal. El resultado de las métricas aportó información sobre la transformación del paisaje acerca de los patrones de crecimiento de la frontera agrícola, el aislamiento de los fragmentos, la segmentación y conectividad del bosque.

5.2.3. Cálculo del contexto paisajístico

El Contexto paisajístico (CP) o conectividad se evaluó a partir de la relación de los fragmentos de coberturas con respecto a los fragmentos más próximos aplicando la fórmula del Contexto paisajístico (CP)

$$CP = AN / ATB$$

En donde AN es el área natural dentro un buffer asignado a cada fragmento entre 500m y 650m y ATB el área total del buffer. Los valores de conectividad oscilan entre 0 y 1, los valores cercanos a 1 representan un mejor contexto paisajístico mientras los valores cercanos a 0 señalan una mayor fragmentación (MADS, ANLA y TNC, 2012).

Una vez realizado el buffer, se evaluó la conectividad de cada fragmento con respecto a la distancia del buffer, es decir, se evaluó el área natural de otros fragmentos que se conectan o intersectan en el buffer, aplicando la fórmula del CP. En la Figura 6, se observa un ejemplo de cómo se realizó dicha evaluación, los fragmentos identificados con el código 3 alcanzan a conectarse, en consecuencia su valor CP no será cero, mientras que los otros fragmentos que no alcanza intersectarse en el buffer obtendrán un valor cero en el CP.

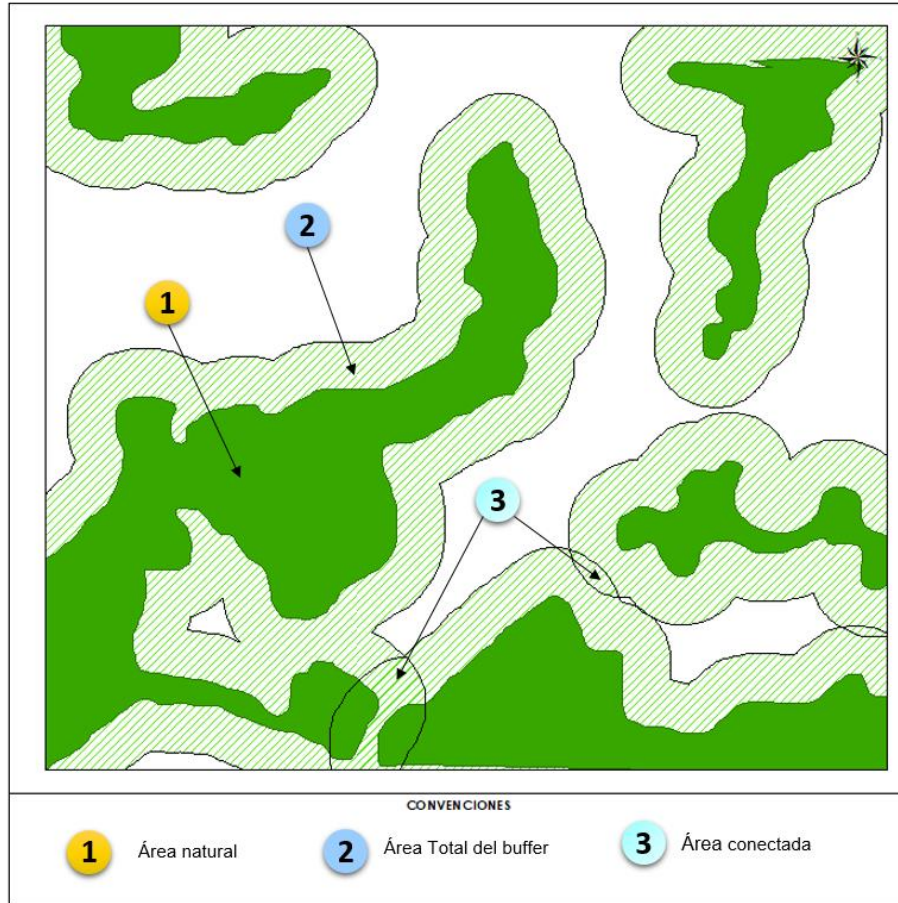


Figura 6 Evaluación de la conectividad

A continuación se presentan los rangos o índices establecidos para la categorización del contexto paisajístico aplicando la fórmula del CP Tabla 2.

Tabla 2 Índices de conectividad

Índice CP	0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	0,8 - 1
Conectividad	Muy baja	Baja	Media	Fuerte	Extrema
Fragmentación	Extrema	Fuerte	Media	Baja	Muy baja

5.2.4. Identificación de posibles causas de deforestación

Para identificar las posibles causas de los cambios de las coberturas boscosas de la microcuenca Lorenzo, se hizo una recopilación clasificación y análisis de información secundaria de entidades nacionales como el sistema de información ambiental Territorial de

la Amazonia Colombiana (SIATAC), el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), Policía Nacional Dirección de Antinarcóticos, Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (UNODOC), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), y Departamento Nacional de Planeación (DANE); con el propósito de contribuir con información que ayuden al ordenamiento territorial y a la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales y protección del medio ambiente.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Coberturas de la tierra periodo 2018

En la microcuenca Lorenzo se identificaron 11 coberturas agrupadas en: territorios artificializados, territorios agrícolas, superficies de agua y bosques y áreas seminaturales siendo esta última la de mayor representación con 5.635,50 ha correspondientes al 74.27% del área Figura 7

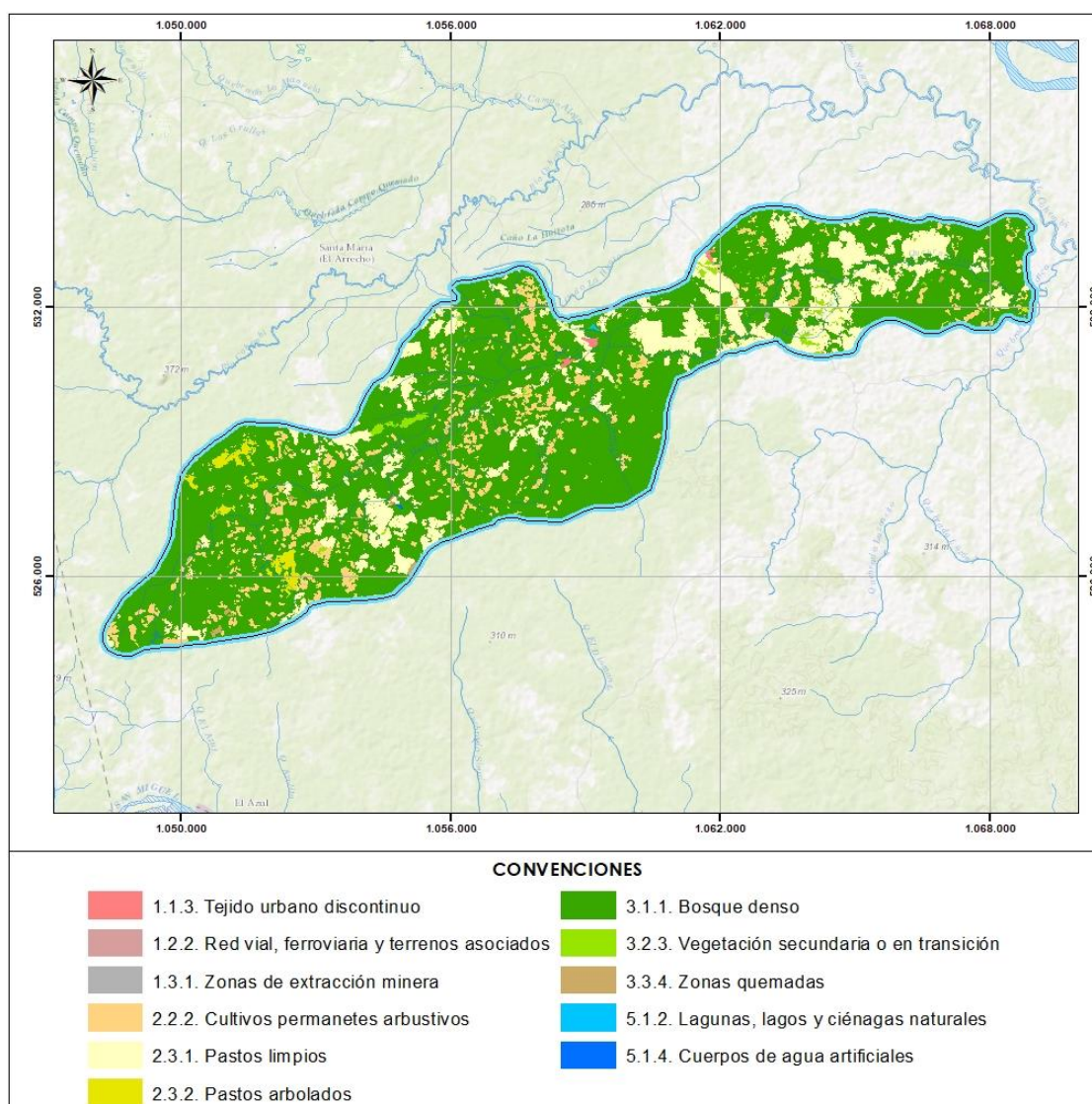
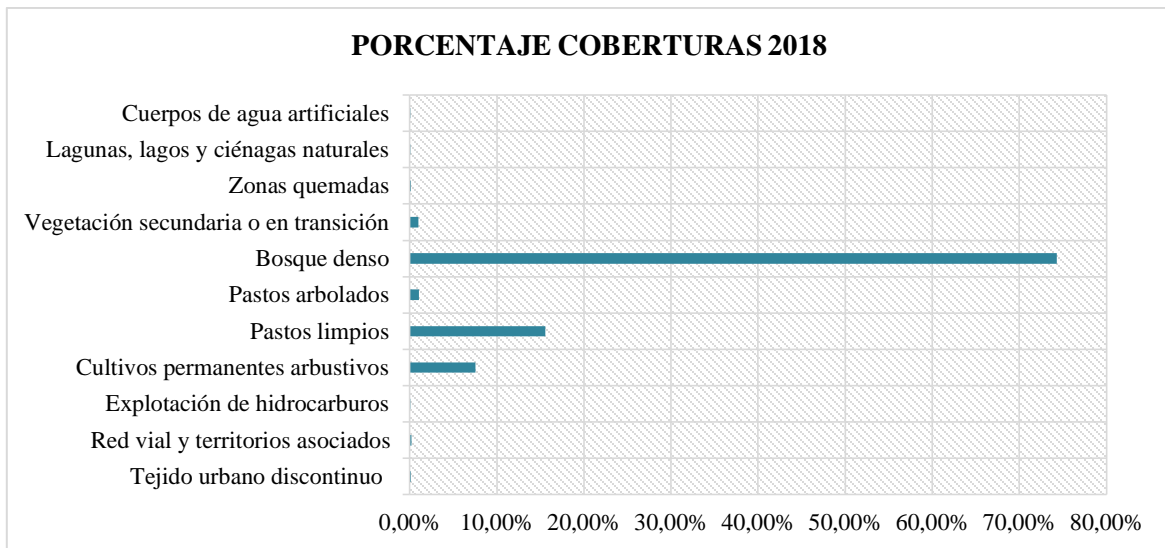


Figura 7. Coberturas periodo 2018

En la Tabla 3 y Grafica 1 se presenta el área (ha) y porcentaje (%) de área de cada una de las unidades de cobertura de la tierra identificadas en el área de estudio.

Tabla 3 Unidades de cobertura de la tierra año 2018

COBERTURAS DE LA TIERRA MICROCUENCA LORENZO						
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	CÓDIGO	COBERTURAS	(ha)	%
Territorios Artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano discontinuo	112	Tejido urbano discontinuo	12,95	0,17%
	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1221	Red vial y territorios asociados	15,38	0,20%
	Zonas de extracción mineras y escombreras	Zonas de extracción minera	1312	Explotación de hidrocarburos	1,15	0,02%
Territorios Agrícolas	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes arbustivos	222	Cultivos permanentes arbustivos	572,69	7,55%
	Pastos	Pastos limpios	231	Pastos limpios	1182,01	15,58%
		Pastos arbolados	232	Pastos arbolados	79,41	1,05%
Bosques y Áreas Semi Naturales	Bosques	Bosque denso	311	Bosque denso	5635,50	74,27%
	Áreas Con Vegetación Herbácea y/o Arbustivas	Vegetación secundaria o en transición	323	Vegetación secundaria o en transición	75,09	0,99%
	Áreas Abiertas, Sin o Con Poca Vegetación	Zonas quemadas	334	Zonas quemadas	10,78	0,14%
Superficies de Agua	Aguas continentales	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	1,50	0,02%
			514	Cuerpos de agua artificiales	1,52	0,02%
TOTAL					7587,97	100%



Grafica 1 Porcentaje de coberturas 2018

A continuación, se realiza la descripción de las unidades de cobertura de la tierra identificadas en el área de estudio microcuenca quebrada Lorenzo, de acuerdo a la metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia.

Tejido urbano discontinuo (1.1.2)

Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación (IDEAM, 2010).

En el área de estudio se encuentran varias concentraciones de viviendas Figura 8 que corresponden al Caserío Villa Marquesa, La Carmelita y el resguardo Alto Lorenzo con 12,95 ha que corresponde al 0.17% del área.



Figura 8 Tejido urbano discontinuo

Red vial, ferroviaria y terrenos asociados (1.2.2)

Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, autopistas y vías férreas; se incluye la infraestructura conexas y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes. (IDEAM, 2010)

En la zona la red vial es de tipo terciario sin pavimentar de material granular que comunica los caseríos desde el centro poblado de Puerto Asís, representa el 0,20% con 15,38ha.

Explotación de hidrocarburos (1.3.1.2)

Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividades mineras, de construcción, producción industrial y vertimiento de residuos de diferente origen (IDEAM, 2010).

En la microcuenca se presenta la explotación de hidrocarburos, en la actualidad opera el campo suroriente del consorcio Colombia Energy bajo Licencia No. 1930 de 2010 expedida por ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales). En la Figura 9, se puede ver la plataforma Cohembi 4 productor de crudo pesado con un área de 1,15 ha que equivale al 0,02% del total del área total.



Figura 9 Explotación de hidrocarburos Plataforma Cohembi

Cultivos permanentes arbustivos (2.2.2)

Coberturas permanentes ocupadas principalmente por cultivos de hábito arbustivo como café, cacao, coca y viñedos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (IDEAM, 2010).

Esta unidad de cobertura tiene un porcentaje en el área de estudio de 7,55% correspondiente a 572,69 ha. A partir de las imágenes satelitales se identificaron distintos patrones y texturas de cultivos que presentan gran intervención Figura 10. En esta área, predominan los cultivos de coca, seguidos por la agricultura con cultivos de maíz, yuca, algunos frutales y la ganadería extensiva (GEOCOL, 2011).



Figura 10 Cultivos permanentes arbustivos

Pastos limpios (2.3.1)

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas (IDEAM, 2010).

Esta cobertura se desarrolla principalmente en zonas aledañas a las viviendas, su utilización corresponde al pastoreo extensivo, en la Figura 11 hay un claro ejemplo de la intervención del bosque alrededor de una vivienda para transformarlo en pastos con fines agrícolas. Otro rasgo de la intervención es la franja de cobertura quemada que está en el límite del bosque y el pasto, es la segunda unidad de cobertura con mayor porcentaje con un 15,58% equivalente a 1.182,01 ha.



Figura 11 Pastos limpios ampliación de la frontera agrícola

Pastos arbolados (2.3.2)

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos (IDEAM, 2010).

Esta cobertura tiene un porcentaje de 1,05% en el área de estudio, su crecimiento tiene un comportamiento similar al de los pastos limpios, ya que también se han desarrollado en zonas aledañas a las viviendas con el propósito de fomentar la agricultura Figura 12.



Figura 12 Pastos arbolados

Bosque denso (3.1.1)

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva (IDEAM, 2010).

El bosque natural del área aún presenta sectores conservados con un 74,27% 5.635,50 ha, sin embargo, en las imágenes satelitales Figura 13 se evidenciaron patrones de transformación e intervención que indiscutiblemente muestran la amenaza de reducción de esta cobertura.



Figura 13 Bosque denso

Vegetación secundaria o en transición (3.2.3)

Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde

por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre (IDEAM, 2010).

La vegetación secundaria del área de estudio corresponde a un porcentaje de 0,99%, áreas que fueron intervenidas y ahora se están recuperando debido a procesos de sucesión ecológica

Figura 14.



Figura 14 Vegetación secundaria

Zonas quemadas (3.3.4)

Comprende las zonas afectadas por incendios recientes, donde los materiales carbonizados todavía están presentes. Estas zonas hacen referencia a los territorios afectados por incendios localizados tanto en áreas naturales como seminaturales, tales como bosques, cultivos, sabanas y arbustales (IDEAM, 2010).

En la Figura 15 se evidencia la expansión de la agricultura en el bosque, haciendo uso de la práctica de talar y quemar el bosque como método para despejar áreas boscosas y preparálas para cultivos, que corresponde al 0,14% de intervención en la zona.



Figura 15 Zonas quemadas

6.2.Coberturas de la tierra periodo 2013

En el periodo 2013 la microcuenca presentaba un mayor porcentaje de conservación, se identificaron 11 coberturas agrupadas en: territorios artificializados, territorios agrícolas, superficies de agua y bosques y áreas seminaturales siendo esta ultima la de mayor representación con 5.896,87ha que corresponden al 77.71 % del área Figura 16. Las siguientes coberturas predominantes en el área de estudio corresponden a pastos limpios y cultivos permanentes arbustivos con el 14,35% y el 5,17% respectivamente.

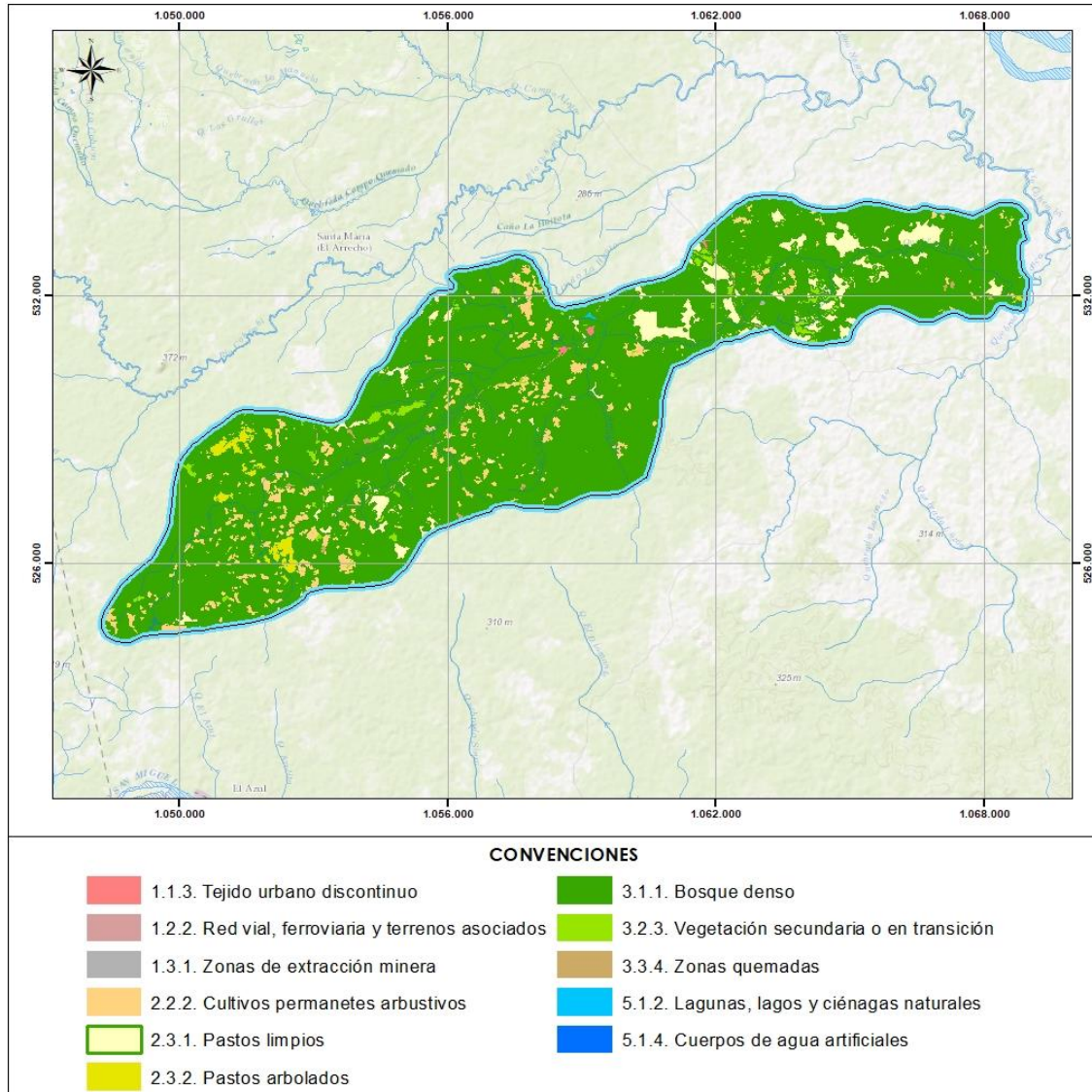
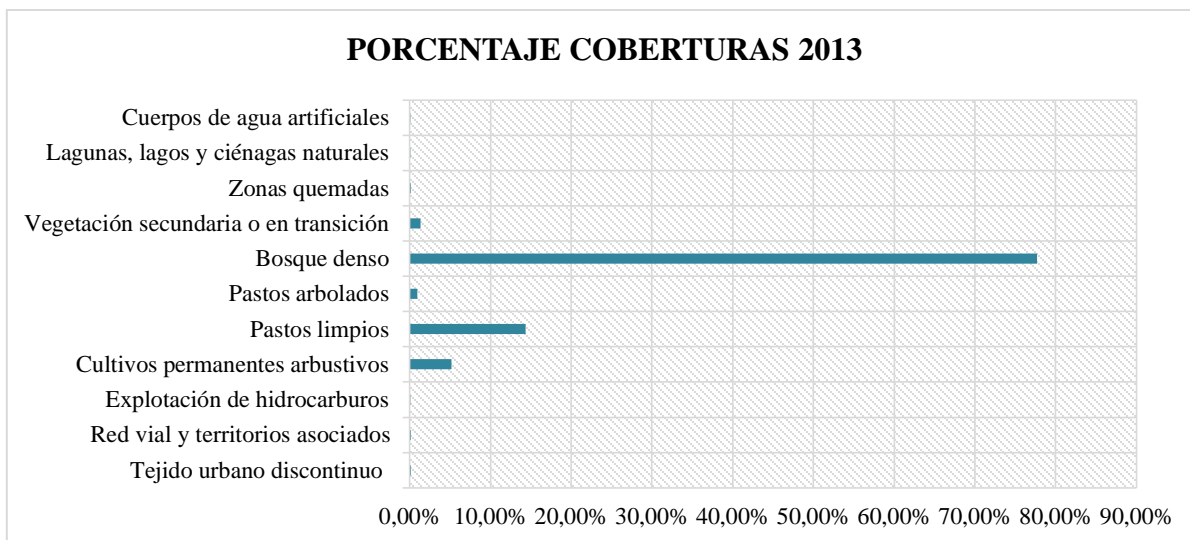


Figura 16 Coberturas periodo 2013

En la Tabla 4 Unidades de cobertura de la tierra año 2013 y Grafica 2 se presenta el resultado de la cobertura 2013 en área (ha) y porcentaje (%) de área de cada una de las unidades de cobertura de la tierra identificadas en la microcuenca.

Tabla 4 Unidades de cobertura de la tierra año 2013

COBERTURAS DE LA TIERRA MICROCUENCA LORENZO						
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	CÓDIGO	COBERTURAS	(ha)	%
Territorios Artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano discontinuo	112	Tejido urbano discontinuo	12,37	0,16%
	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1221	Red vial y territorios asociados	13,15	0,17%
	Zonas de extracción mineras y escombreras	Zonas de extracción minera	1312	Explotación de hidrocarburos	1,15	0,02%
Territorios Agrícolas	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes arbustivos	222	Cultivos permanentes arbustivos	391,97	5,17%
	Pastos	Pastos limpios	231	Pastos limpios	1088,92	14,35%
		Pastos arbolados	232	Pastos arbolados	69,75	0,92%
Bosques y Areas Semi Naturales	Bosques	Bosque denso	311	Bosque denso	5896,87	77,71%
	Areas Con Vegetación Herbácea y/o Arbustivas	Vegetación secundaria o en transición	323	Vegetación secundaria o en transición	100,27	1,32%
	Áreas Abiertas, Sin o Con Poca Vegetación	Zonas quemadas	334	Zonas quemadas	11,75	0,15%
Superficies de Agua	Aguas continentales	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	1,50	0,02%
			514	Cuerpos de agua artificiales	0,26	0,00%
TOTAL					7587,97	100%



Grafica 2 Porcentaje de coberturas 2013

6.3. Análisis Multitemporal Coberturas 2013 – 2018

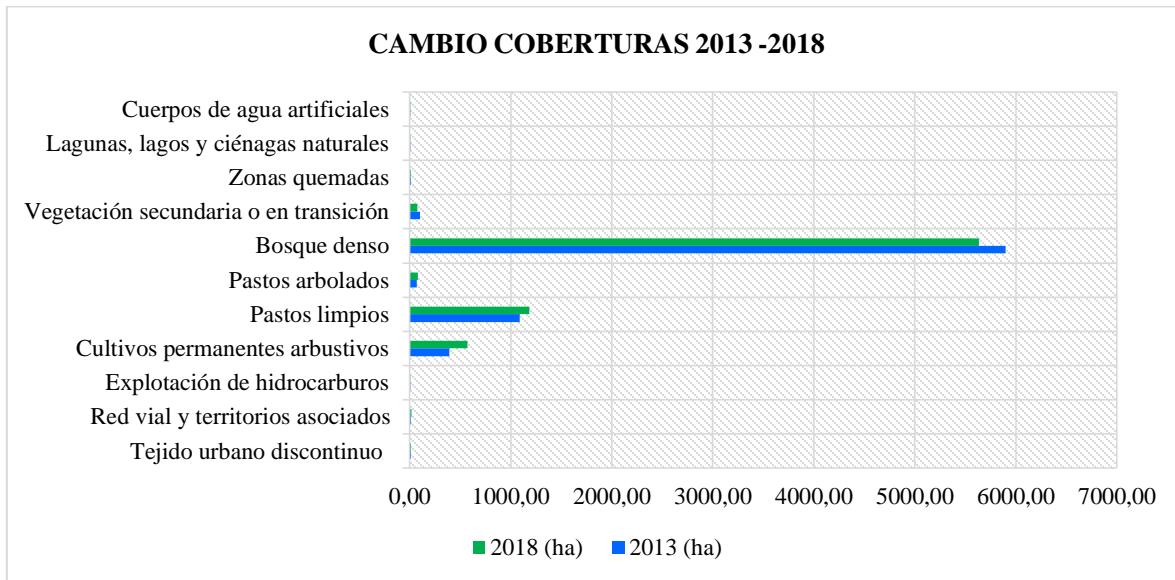
El análisis multitemporal se desarrolló tomando como referencia las coberturas de la tierra de cada periodo evaluado 2013- 2018 para el área de estudio de la microcuena Lorenzo. Como resultado en la tabla 5 y la gráfica 3 se observan cambios en la cobertura de Bosque denso, el cual tuvo una pérdida del 4.6%, equivalentes a 261,38 ha. Adicionalmente, en este periodo se puede ver el avance de la colonización del área por parte de las comunidades, puesto que las zonas urbanizadas aumentaron 0.58%. Así mismo, los pastos limpios y los pastos arbolados tuvieron un aumento significativo del 12.2% y 7,9% respectivamente, es importante señalar que, en las imágenes satelitales las coberturas de pastos se desarrollan en zonas aledañas a las viviendas con el propósito de fomentar la agricultura.

En cuanto a los cultivos, es indudable el crecimiento de la frontera agrícola, ya que esta es una de las unidades de cobertura que presento mayor aumento con el 31.6%, este incremento afianza los datos reportados por la Oficina de las naciones unidad contra la droga y el delito

UNODOC (2017), en donde afirman que Puerto Asís es uno de los 5 municipios más afectados por cultivos ilícitos con un aumento del 6% en el 2017.

Tabla 5 Coberturas de la tierra 2013 -2018

COBERTURAS DE LA TIERRA 2013 -2018							
NIVEL 1	NIVEL 2	CÓDIGO	COBERTURAS	2013 (ha)	2018 (ha)	CAMBIO DE COBERTURA	%
Territorios Artificializados	Zonas urbanizadas	112	Tejido urbano discontinuo	12,37	12,95	0,58	4,5%
	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1221	Red vial y territorios asociados	13,15	15,38	2,22	14,5%
	Zonas de extracción mineras y escombreras	1312	Explotación de hidrocarburos	1,15	1,15	0,00	0,0%
Territorios Agrícolas	Cultivos permanentes	222	Cultivos permanentes arbustivos	391,97	572,69	180,72	31,6%
	Pastos	231	Pastos limpios	1088,92	1182,01	93,09	7,9%
		232	Pastos arbolados	69,75	79,41	9,65	12,2%
Bosques y Áreas Semi Naturales	Bosques	311	Bosque denso	5896,87	5635,50	261,38	4,6%
	Áreas Con Vegetación Herbácea y/o Arbustivas	323	Vegetación secundaria o en transición	100,27	75,09	25,18	33,5%
	Áreas Abiertas, Sin o Con Poca Vegetación	334	Zonas quemadas	11,75	10,78	0,97	9,0%
Superficies de Agua	Aguas continentales	512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	1,50	1,50	0,00	0,0%
		514	Cuerpos de agua artificiales	0,26	1,52	1,27	83,2%
TOTAL				7587,97	7587,97	575,05	



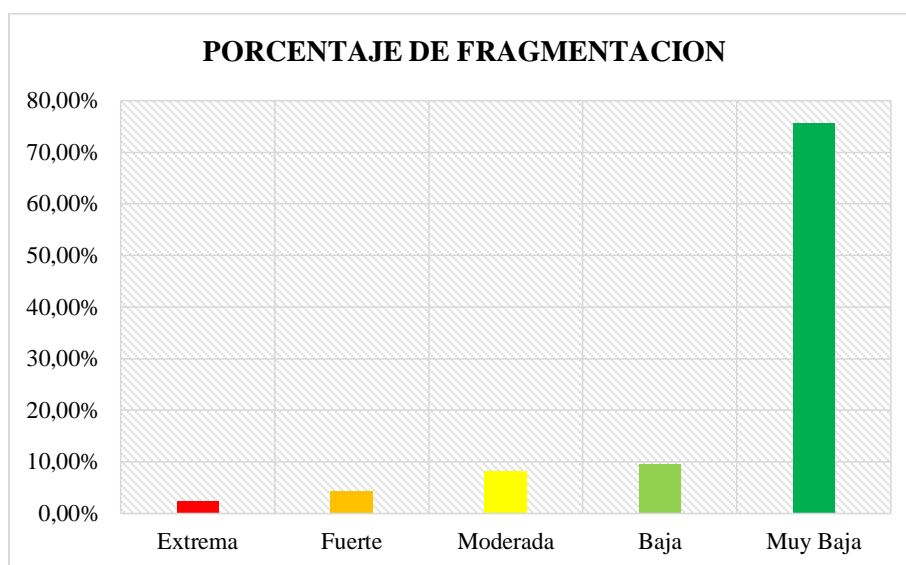
Grafica 3 Cambio coberturas 2013 – 2018

6.4. Calculo Contexto Paisajístico (CP)

La Tabla 6 Resultado Calculo CP Contexto Paisajístico y la Grafica 4 muestran el grado de fragmentación y conectividad de las coberturas evaluadas de acuerdo con su escala, al aplicar la fórmula de CP, los parches con mayor grado de fragmentación corresponden a aquellos que obtuvieron rangos entre 0-0,2 y 0,2 – 0,4, es decir, fragmentación extrema y fuerte con valores del 2,28% y 4,32% respectivamente. La fragmentación moderada obtuvo un 8,20%, mientras que los parches con mayor grado de conectividad que equivalen a menor fragmentación son los que presentaron un índice de fragmentación entre los rangos 0,6 – 0,8 baja y 0,8 – 1 muy baja con el 9,5% y 79,69% para cada una de las clasificaciones.

Tabla 6 Resultado Calculo CP Contexto Paisajístico

CONTEXTO PAISAJISTO				
CONECTIVIDAD	FRAGMENTACIÓN	RANGO	AREA (ha)	%
Muy Baja	Extrema	0 – 0,2	173,18	2,28%
Baja	Fuerte	0,2 – 0,4	328,15	4,32%
Moderada	Moderada	0,4 – 0,6	622,42	8,20%
Fuerte	Baja	0,6 – 0,8	721,13	9,50%
Extrema	Muy Baja	0,8 - 1	5.743,09	75,69%
TOTAL			7.587,97	100,00%



Grafica 4 Grado de fragmentación

En la Figura 17 se observa que las áreas con conectividad muy baja o fragmentación extrema corresponden a las áreas de pastos limpios y pastos arbolados en donde se desarrollan actividades de ganadería y expansión de los centros poblados ubicados al noreste de la microcuenca. En los parches con moderada conectividad se encuentran las coberturas de cultivos permanentes arbustivos y pastos distribuidos en toda la microcuenca, estas áreas pueden llegar a aumentar debido a las actividades económicas de la zona, lo que ocasionaría aumento en la fragmentación del área del estudio.

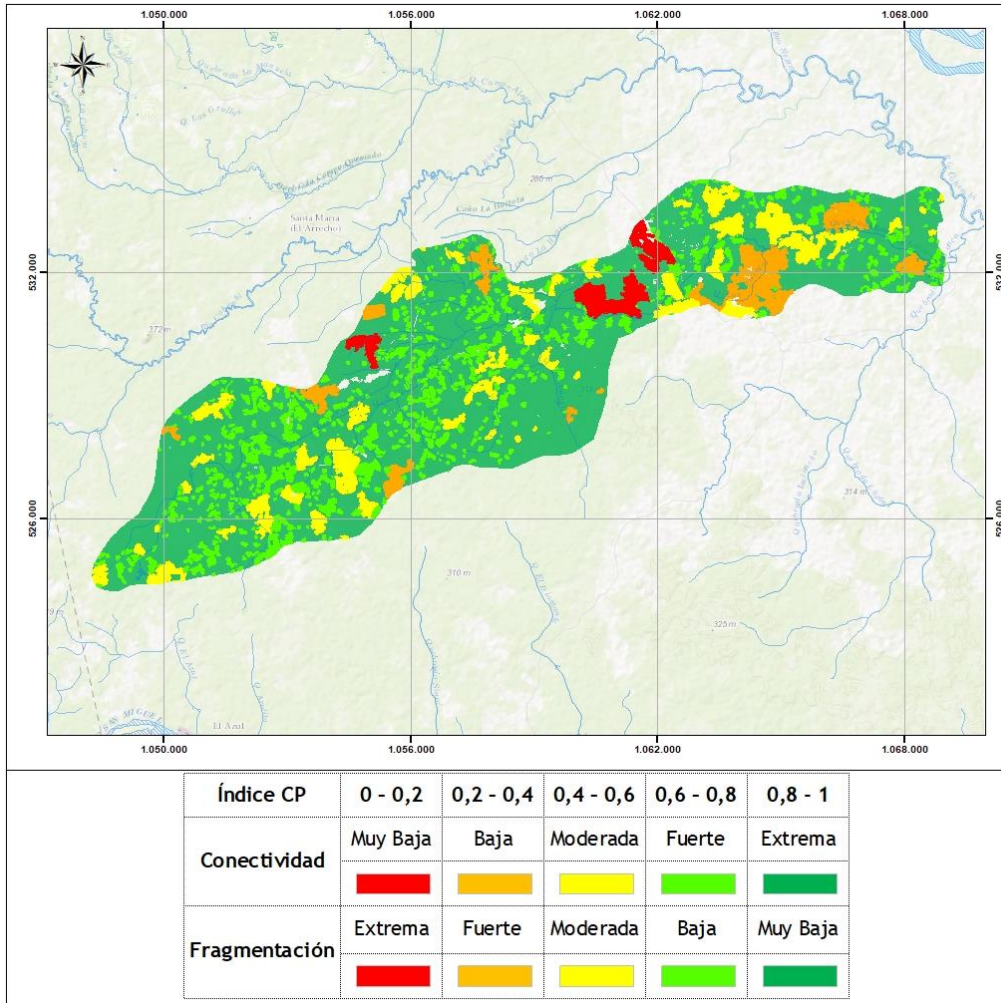


Figura 17 Resultado Contexto Paisajístico (CP)

Como se mencionó anteriormente, los cambios que sufre el territorio podemos analizarlos a través de la dinámica de la alteración del patrón espacial y por tanto, de su funcionamiento ecológico, dentro de la diversidad de paisajes existentes en casi todos ellos se puede identificar unos elementos estructurales comunes que nos sirven para poder entender en un primer acercamiento la estructura de un paisaje (Irastorza, 2006).

En Tabla 7 Elementos del paisaje, se agrupan las unidades de acuerdo a Forman & Godron, (1986) en elementos estructurales del paisaje matriz, parches y corredores. El elemento

predominante es la matriz que para este caso corresponde a las coberturas naturales bosque denso y vegetación secundaria, las vías fueron clasificadas como corredores, ya que son elementos lineales en el paisaje y su predominancia es en longitud, los parches introducidos están mayormente relacionados con la actividad humana, a través de la introducción de especies animales o vegetales durante las actividades agropecuarias, o de urbanización (Etter, 1990). Las unidades de cobertura que pertenecen a este tipo de elementos son explotación de hidrocarburos, cultivos permanentes arbustivos, pastos limpios, pastos arbolados, tejido urbano discontinuo y zonas quemadas con el 24,51% del área.

Tabla 7 Elementos del paisaje

ELEMENTOS DEL PAISAJE				
ELEMENTO PAISAJE	COBERTURAS	AREA (ha)	AREA / ELEMENTO (ha)	%
Corredores	Red vial y territorios asociados	15,38	15,38	0,20%
Matriz	Bosque denso	5635,50	5710,59	75,29%
	Vegetación secundaria o en transición	75,09		
Parches introducidos	Explotación de hidrocarburos	1,15	1858,99	24,51%
	Cultivos permanentes arbustivos	572,69		
	Pastos limpios	1182,01		
	Pastos arbolados	79,41		
	Tejido urbano discontinuo	12,95		
	Zonas quemadas	10,78		

6.5. Métricas de fragmentación periodos 2018 y 2013

Las métricas del paisaje permitieron cuantificar la composición y configuración del paisaje.

A continuación, se relacionan los índices obtenidos para cada periodo clasificados por forma, borde y tamaño.

6.5.1. Resultados métricas por forma

En cuanto a las métricas de fragmentación por forma en la Tabla 8 se relacionan los resultados para las coberturas de los años 2013 y 2018.

Tabla 8 Resultado métricas por forma 2018 - 2013

CLASE	2018					2013				
	AWMSI	MSI	MPAR	MPFD	AWMPFD	AWMSI	MSI	MPAR	MPFD	AWMPFD
3.1.1. Bosque denso	19,40	3,83	50033,70	1,64	1,50	29,30	29,30	135,26	1,52	1,52
3.2.3. Vegetación secundaria	3,19	2,25	8235,95	1,58	1,52	3,05	2,24	7713,58	1,57	1,50
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	3,20	2,41	15606,70	1,48	1,46	3,06	2,43	8618,34	1,48	1,47
2.3.1. Pastos limpios	5,49	2,70	36658,40	1,49	1,46	5,56	2,80	47763,10	1,47	1,46
2.3.2. Pastos arbolados	5,47	3,97	1118,58	1,53	1,51	5,28	3,90	1148,38	1,53	1,50
3.3.4. Zonas quemadas	2,39	2,18	1072,28	1,46	1,43	1,72	1,71	644,33	1,39	1,39

AWMSI (Area Weighted Mean Shape Index) Índice de la forma media ponderado por el área.

El bosque denso y la vegetación secundaria presentan en los periodos 2018 y 2013 valores de 19,40 y 29,30 respectivamente, estos índices son superiores a 1, lo que quiere decir que, son polígonos más con formas más irregulares, sin embargo, la disminución presentada en el 2018 del bosque denso, indica que el parche está cambiando su forma a un estándar más circular debido a la reducción de esta cobertura.

MSI (Mean Shape Index) Índice de la forma media.

MSI permite evaluar el estado de conservación de un área natural. El resultado arrojado por esta métrica del paisaje determina la forma promedio que poseen los ecosistemas naturales boscosos identificados en el área, con índices mayores a 1 en el bosque denso, este resultado es un buen indicador de conservación, sin embargo, para el año 2018 presenta una reducción en el bosque con respecto al 2013 y un aumento en las coberturas antrópicas como pastos limpios y zonas quemadas, afirmando la reducción en la conservación del bosque en el área.

MPFD (Mean Patch Fractal Dimension) Dimensión media del fractal del parche

Las coberturas bosque denso y vegetación secundaria para los años 2013 2018, presentan valores cercanos a dos. De acuerdo con McGarigal (2015), la dimensión fractal media se acerca a dos cuando las formas son más complejas y a uno para formas con perímetros simples, esto indica que estas coberturas naturales están perdiendo su efectividad para proteger los recursos interiores contra los efectos de deterioro del ambiente exterior.

AWMPFD (Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension) Dimensión media ponderada del área del parche fractal

En los últimos 5 años el bosque denso disminuyó su dimensión fractal, pasó de 29,30 a 19,40 y los cultivos aumentaron sus valores, cambiaron de 3,06 a 3,20. Esta métrica permiten ver el cambio en la complejidad de los parches de estas dos coberturas, ya que, los parches más grandes tienden a ser más complejos que los más pequeños, un resultado evidente en la pérdida de cobertura boscosa.

6.5.2. Resultados métricas de borde

En la Tabla 9 se presentan los resultados de las métricas relacionadas con los cambios en las dimensiones de los bordes de los parches para cada cobertura.

Tabla 9 Resultado métricas de borde 2018 - 2013

CLASE	2018			2013		
	TE	ED	MPE	TE	ED	MPE
3.1.1. Bosque denso	967198	127	21026,1	797592	105,113	797592
3.2.3. Vegetación secundaria	97392	13	329,026	115313	15,1968	361,48
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	421200	56	892,373	299991	39,5351	867,03
2.3.1. Pastos limpios	489428	65	1799,37	436874	57,5746	2060,7
2.3.2. Pastos arbolados	50380	6,6	2963,51	43924	5,78862	2745,2
3.3.4. Zonas quemadas	7039,5	0,9	782,161	7088,4	0,93416	590,7

La suma de las longitudes en metros (m) de todos los segmentos de borde (**TE**) **Borde total**, (**ED**) **Densidad del borde** y (**MPE**) **Media del borde del fragmento** para cada una de las coberturas han variado significativamente en el año 2018, ya que presentan aumento en los índices de esta métrica con respecto al año 2013, lo que significa, una acentuación en el aumento de parches en el área, es decir, un aumento en la fragmentación de la microcuenca.

6.5.3. Resultados métricas por densidad de parche y tamaño

Las métricas de parche y tamaño para cada periodo evaluado Tabla 10, arrojaron cambios en la forma del paisaje en cada una de las coberturas analizadas, estos indicadores calculan la extensión de cada unidad en relación al área total de la microcuenca.

Tabla 10 Resultado métricas por densidad de parche y tamaño 2018 - 2013

CLASE	2018						
	MPS	NumP	MedPS	PSCoV	PSSD	TLA	CA
3.1.1. Bosque denso	122,51	46	0,02769	349,38	428,022	7588	5636
3.2.3. Vegetación secundaria	0,2537	296	0,07404	331,59	0,841211	7588	75,1

2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	1,2133	472	0,66531	164,82	1,99979	7588	573
2.3.1. Pastos limpios	4,3456	272	0,57089	304,71	13,2413	7588	1182
2.3.2. Pastos arbolados	4,6709	17	1,74467	148,72	6,94675	7588	79,4
3.3.4. Zonas quemadas	1,1978	9	0,98758	95,632	1,1455	7588	10,8
CLASE	2013						
	MPS	NumP	MedPS	PSCoV	PSSD	TLA	CA
3.1.1. Bosque denso	5896,9	1	5896,87	0	0	7588	5897
3.2.3. Vegetación secundaria	0,3143	319	0,07728	284,07	0,892918	7588	100
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	1,1329	346	0,59489	149,07	1,68874	7588	392
2.3.1. Pastos limpios	5,1364	212	0,80096	284,72	14,6243	7588	1089
2.3.2. Pastos arbolados	4,3597	16	1,53838	150,93	6,58007	7588	69,8
3.3.4. Zonas quemadas	0,9791	12	1,02016	31,643	0,30982	7588	11,7

De acuerdo a estos valores, la configuración espacial del paisaje en los últimos años ha cambiado, los resultados de **Número de fragmentos (NumP)** y **Área del fragmento (CA)**, muestra disminución en los fragmentos de la cobertura de Bosque denso y aumento en área y número de fragmentos en las unidades de cultivos permanentes arbustivos, pastos limpios, pastos arbolados y vegetación secundaria.

El **coeficiente de variación del tamaño medio de los fragmentos (PSCoV)**, para el bosque denso en 2013 es igual a 0 debido a que solo hay un gran parche o matriz de esta cobertura, sin embargo, para el 2018 el valor cambio a 349,38, debido al aumento de fragmentación en la matriz del bosque que actualmente tiene 46 parches. Esto mismo sucede con los resultados de la **Desviación estándar del tamaño del fragmento (PSSD)** para esta cobertura, ya que durante los últimos años el aumento de las coberturas antrópicas han segmentado la gran matriz de bosque natural del área.

6.6. Posibles motores de deforestación

6.6.1. Ampliación de la frontera agrícola

Se considera la frontera agrícola como una línea o como una zona o franja que separa tierras transformadas para cultivos de aquellas que no han sido transformadas u ocupadas para actividades agropecuarias. (UPRA, 2018). Dentro de la frontera agrícola se desarrollan actividades relacionadas con la agricultura, pesca y ganadería. En el área de estudio los últimos años han presentado aumento en las unidades de cobertura de pastos limpios, pastos arbolados y cultivos permanentes arbustivos, que están directamente racionadas con la transformación de áreas agrícolas en la región.

Según el informe del estado de los bosques en el mundo en América Latina FAO (2016), la agricultura comercial es la principal causante de la deforestación, ya que origina aproximadamente el 40 % de la deforestación en los trópicos y los subtrópicos y la agricultura de subsistencia local, el 33 %, este mismo informe presenta que en Colombia los últimos años el 85% de la disminución de la cobertura natural se le atribuye a actividades humanas en el aumento de la agricultura mixta, cultivos a pequeña escala y el ampliación en la demanda de pastos.

Con respecto al primer punto la presión para a conversión de los bosques en terrenos agrícolas son el crecimiento de la población, el desarrollo agrícola, la seguridad de la tenencia de la tierra y la gobernanza del cambio del uso de la tierra (FAO, 2016).

El aumento de la población en los últimos años ha acentuado significativamente, se estima que en 1990 la población mundial alcanzaba los 5.300 millones de habitantes y en 2015

llegó a 7.300 millones (ONU, 2015): Según el DANE (2015) para los últimos cinco censos la población del departamento de Putumayo pasó de 56.284 personas en 1964 a 310.132 en el 2005, es decir, ha crecido 5,5 veces en 40 años. Debido a esto, el consumo de alimentos per cápita también se ha incrementado de un promedio de 2.770 kcal por persona al día en 2012 y las dietas se han orientado hacia un mayor consumo de productos pecuarios y aceites vegetales (FAO, 2016). Este incremento en la demanda de productos agrícolas es uno de los motores más importantes en el aumento de la deforestación de los últimos 5 años en Puerto Asís.

Otro punto importante sobre el cambio del uso de la tierra de la actividad forestal a la agricultura está en la gobernanza, de acuerdo a datos de la FAO (2016), los marcos jurídicos para la regulación del cambio del uso de la tierra varían en función del país y suelen ser complejos. En Colombia, existen políticas para permitir la conversión de bosques en áreas para la agricultura pues la Resolución n.º 629 del 11 de mayo de 2012 *Requisitos y procedimiento para la sustracción de áreas de reserva forestal para programas de reforma agraria y desarrollo rural* aprueba el uso de áreas de reserva para fines agrícolas con el único condicionante que el cambio del uso de la tierra propuesto debe formar parte de un programa de reforma agraria o desarrollo rural.

6.6.2. Cultivos ilícitos

Los últimos informes de la Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito UNODC (2018), señala que los cultivos de coca en Colombia desde el 2013, han incrementado a un ritmo promedio de 45% anual, pasando de 48.000 ha en 2013 a 146.000 en 2016. Así mismo, indica que en la región de Putumayo se reporta un crecimiento del 20%

del total nacional y los núcleos de concentración de siembra más significativos se mantienen en los municipios de San Miguel, Valle del Guamuez y Puerto Asís.

En la microcuenca de la quebrada Lorenzo en los últimos años se presentó un aumento de 180,72 hectáreas correspondientes al 2,38% en la unidad de cobertura de cultivos permanentes arbustivos, en esta cobertura se catalogaron algunos cultivos de coca presentes en la zona. En relación a la fragmentación que presenta actualmente el bosque del área de estudio, estas pequeñas perforaciones pueden haber sido deforestadas para el establecimiento de cultivos lícitos como el pasto o especies de pan coger, o ilícitos como la coca (IDEAM, 2017).

La dinámica social de la zona ha ocasionado el desarrollo de cultivos ilícitos en la región, entre los agentes directos de la deforestación se encuentran el Cultivador de coca de subsistencia y el Cultivador de coca extensivo, las personas que generalmente acceden al negocio son aquellas que no poseen tierra y población juvenil que desea acreditarse la tenencia de un cultivo de coca, que garantice la generación de recursos económicos (UNODC, 2015)

Por otro lado, en Puerto Asís también actúan grupos al margen de la ley, estos grupos incentivan la producción del cultivo de coca a través de la distribución de semilla a los diferentes campesinos de la región (UNODC, 2015): Cabe señalar que, los municipios con afectación de cultivos ilícitos registran un índice de pobreza multidimensional rural (IPMR) de 54,72%, valor superior al promedio registrado por los municipios no productores de coca (UNODOC, 2018).

6.6.3. Extracción de hidrocarburos e infraestructura de transporte

Otro motor de deforestación corresponde a la extracción de hidrocarburos. En el informe de monitoreo de bosques 2016, el IDEAM (2017) expone que la expansión de infraestructura con la llegada de proyectos de extracción de hidrocarburos ha dinamizado la deforestación en la región, si bien en el análisis multitemporal hecho a la microcuenca no se incrementaron las áreas relacionadas con la unidad de cobertura de explotación de hidrocarburos en el Putumayo, el desarrollo de hidrocarburos se presenta en áreas boscosas; la actividad petrolera genera deforestación en zonas densamente boscosas para instalar la infraestructura, construir los campamentos y para abrir y empalmar las carreteras, que a su vez constituyen una puerta abierta a la colonización (Trujillo Quintero, Losada Cubillos , & Rodríguez Zambrano, 2017)

Lo anterior, también lo resalta la WWF (2015) en el proyecto identificación de los motores, agentes y causas subyacentes de la deforestación en el departamento del Putumayo, ya que sostiene que la ampliación de la infraestructura de los sectores minero y petrolero puede generar nuevas áreas deforestadas directamente, pero también, parte de esta infraestructura, como las vías, se convierten en mecanismos de ocupación y transformación de los bosques.

En este punto la gobernanza juega un papel muy importante, pues los marcos jurídicos permiten actividades en áreas de reserva, la resolución 1526 de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), establece los requisitos y el procedimiento para la sustracción de áreas en las reservas forestales nacionales y regionales para el desarrollo de actividades consideradas de utilidad pública o interés social. Allí también se establecen las actividades sometidas a sustracción temporal, entre ellas la exploración de hidrocarburos.

Algo similar ocurre con la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) que fue creada a partir del 2003 con el objetivo de administrar y regular el recurso hidrocarburífero de la nación y asignar las áreas para expansión y/o explotación de hidrocarburos, ya que presenta conflicto con algunas áreas protegidas, actualmente estas áreas que ha definido la ANH no incluyen Parques nacionales naturales (PNN), sin embargo, aún hay áreas o bloques que se superponen con áreas de reserva de ley 2ª y áreas de protección regional.

6.6.4. Extracción de madera

Los Bosques de la Amazonia están amenazados por la tala indiscriminada y el tráfico ilegal de madera (CORPOAMAZONIA, 2018), según informes de la Agencia de Investigación Ambiental (EIA), (2016), en la Amazonía colombiana entre 2012 y 2016, los departamentos de Caquetá, Putumayo y Amazonas reportaron la extracción ilegal de 359.223 m³ de madera en pie.

En el área de estudio se identificaron zonas con rastros de extracción de madera recientes que fueron catalogadas en la unidad de cobertura de zonas quemadas, estas áreas de extracción suman 10,78 ha. El destino de la extracción de madera que se ha efectuado en la microcuenca Lorenzo y que es la causa de la fragmentación del bosque natural no es claro, ya que, en Puerto Asís opera un centro de procesamiento y comercialización de madera aserrada y sin aserrar que en donde se recibe madera de origen legal e ilegal y es movilizada por tierra hasta los puntos de comercio como Florencia Caquetá (Semana, 2019).

7. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos del análisis multitemporal de la microcuenca de la quebrada Lorenzo, se logró evidenciar el aumento de áreas de praderización que ha fragmentado la matriz de bosque natural. Esto debido a las actividades antrópicas que se presentan en la región. Del mismo modo, los datos registrados para las métricas de fragmentación correspondientes al periodo 2013 - 2018, arrojaron cambios en la forma y la estructura del paisaje en cada una de las coberturas analizadas. Estos cambios en la estructura y forma implican una amenaza en la biodiversidad del área de acuerdo con lo reportado por Forman (1995). Las formas compactas son efectivas para proteger los recursos interiores contra los efectos deletéreos del ambiente exterior; por eso, los fragmentos más elongados son menos efectivos para la conservación de los recursos internos que los fragmentos redondeados.

En cuanto a los resultados del Contexto Paisajístico CP solo el 2,28% se encuentra con fragmentación extrema y el 4,32% en la categoría de fragmentación fuerte, estos rangos demuestran que el área de estudio aún se cuenta con un gran porcentaje de conectividad en la matriz de bosque. Sin embargo, al comparar los resultados de los últimos 5 años de los parches introducidos como explotación de hidrocarburos, cultivos permanentes arbustivos, pastos limpios, pastos arbolados, tejido urbano discontinuo y zonas quemadas ha aumentado casi un 20%.

Con relación a las actividades antrópicas en el área de estudio se identificaron varias concentraciones de viviendas que corresponden al Caserío Villa Marquesa, La Carmelita y el resguardo Alto Lorenzo con grandes señales de aumento en la intervención del bosque alrededor de las viviendas. En estas áreas actualmente predominan las zonas de pastos y

cultivos, también se identificaron franjas de cobertura quemada como método para despejar áreas de bosque y preparálas para cultivos, que corresponde al 10,78% de intervención, todo esto parece confirmar como una de las causas principales de deforestación, la ampliación de la frontera agrícola.

Los motores de deforestación referentes a cultivos ilícitos y extracción de madera, muestran una estrecha relación entre los conflictos sociales de la zona y los conflictos ambientales, pues estas prácticas son desarrolladas por los habitantes de la región como medio de generación de recursos económicos. Los cultivos de coca en el Putumayo se reconocen como una actividad aceptada culturalmente, capaz de proveer los recursos económicos requeridos para el sostenimiento familiar (UNODC, 2015).

Si bien en los últimos 5 años en la microcuenca no se evidencio un aumento en la unidad de cobertura de extracción de hidrocarburos, es importante señalar que, la microcuenca hace parte de un área en constate desarrollo para la industria y en las áreas aledañas a la zona de estudio si se presentó un aumento en la construcción de plataformas petroleras.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Investigación Ambiental (EIA). (2016). *Climate action for sustainable development*.
- Andres, E. (1991). Introducción a la Ecología del Paisaje. En *Un Marco de Integración para los Levantamientos Ecológicos*. Bogotá. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Andres_Etter/publication/266391069_INTRODUCCION_A_LA_ECOLOGIA_DEL_PAISAJE_Un_Marco_de_Integracion_para_los_Levantamientos_Ecologicos/links/543052fb0cf29bbc12771d98/INTRODUCCION-A-LA-ECOLOGIA-DEL-PAISAJE-Un-Marco-de-Int
- Bennett, A. (2003). Linkages in the Landscape. The Role of the Corridor and Connectivity in Wildlife Conservation. *AU. UICN*, 262.
- Bernal, E. (2005). *Diagnostico socioambiental de las comunidades Indigenas Nasa Fiw, Kiwnas Cxhab (Alto Lorenzo) Kiwe Nxusxa - zona El Cuembi, del Municipio de Puerto Asís*. Puerto Asís.
- CDB. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)*.
- CNFER Centre For Northern Forest Ecosystem Research. (Diciembre de 2015). *Spatial Ecology Program - Analysis Tools*. Obtenido de <http://www.cnfer.on.ca/SEP/>
- CORPOAMAZONIA. (2018). *LA AMAZONIA UNIDA POR LA PROTECCIÓN DE LOS BOSQUES*. Obtenido de <http://www.corpoamazonia.gov.co/index.php/noticias/905-la-amazonia-unida-por-la-proteccion-de-los-bosques>
- DANE. (2015). *Registros del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas* .
- ESRI. (Junio de 2012). *Vector-based Landscape Analysis Tools (Extension for ArcGIS 10) 2.0 beta: V-LATE 2.0 beta*. Obtenido de <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=36f9728a895e4f5386bdec68be6d08ac>
- ESRI. (2014). *ArcGIS Resources*. Obtenido de Introducción a SIG: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>
- Etter, A. (1990). *Introducción a la ecología del paisaje, un marco de integración para los levantamientos ecológicos*. IGAC.
- FAO. (2016). *EL ESTADO DE LOS BOSQUES DEL MUNDO*. Obtenido de [fao.org: http://www.fao.org/3/a-i5850s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i5850s.pdf)
- Forman, R., & Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. New York.
- Forman, T. (1995). *Land mosaics - The ecology of landscapes and region*. Great Britan: Cambridge University.

- GEOCOL. (2011). *Estudio de impacto ambiental para la modificación de la licencia ambiental global resolución 937 de 2009 y modificada por la resolución 1930 de 2010*. Bogotá D.C.
- Hodder, I., & Orton, C. (1990). *Análisis espacial en arqueología*. Barcelona: Crítica.
- Holdridge, L. R. (1967). *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center.
- IAvH. (2004). *Informe anual 2004, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos*. Bogotá.
- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Bogotá, D. C: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2017). *Resultados Monitoreo Deforestación 2017*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023835/023835.htm>
- Instituto Humboldt. (2014). *Biodiversidad colombiana: números para tener en cuenta*. Bogotá D.C. Obtenido de <http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1087-biodiversidad-colombiana-numero-tener-en-cuenta>
- Irastorza, P. (2006). *Integración de la ecología del paisaje en la planificación territorial*. Madrid: A Madrid.
- MADS, ANLA y TNC. (2012). *Manual del usuario para la herramienta MAFE V 2.0*. Bogotá.
- McGarigal, K. (2015). *Manual FRAGSTATS*. Massachusetts: University of Massachusetts, Amherst. Obtenido de <https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>
- McGarigal, K., & Marks, B. (1995). *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying*. USDA Forest Service, Pacific Northwest.
- Molion, L. (1976). *climatonornic study of the energy and moisture fluxes of the Amazonas basin with considerations of deforestation effects*.
- Obando Calvo, A. J. (2009). DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE FRAGMENTACIÓN Y MODELAMIENTO DE LA CONECTIVIDAD EN LOS CORREDORES BIOLÓGICOS DE COSTA RICA.
- ONU. (2015). *Perspectivas demográficas mundiales*.
- Rangel, J. O. (2005). *La Biodiversidad de Colombia*. Obtenido de FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/palimpsestvs/article/view/8083/8727>
- Semana. (27 de Junio de 2019). Así se trafica la madera en la Amazonia colombiana. *Semana Sostenible*.

- SINCHI. (2014). *Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia Colombiana*. Bogotá D.C.: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi.
- Taylor, P., Fahring, L., Heinen, K., & Merriam G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure.
- Trujillo Quintero, F. H., Losada Cubillos, J. J., & Rodríguez Zambrano, H. (2017). *Amazonia colombiana, petróleo y conflictos socioambientales*. Bogotá: Revista Científica General José María Córdova.
- UNODC. (2015). *Bosque y coca, un camino para la acción*. Análisis del cultivo de coca como motor de la deforestación en el contexto del desarrollo Alternativo y REDD+, en las regiones Amazonia y Catatumbo 2005 - 2014, Colombia.
- UNODOC. (2018). *Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2017*. Bogota D.C.: SIMCI - UNODOC. Obtenido de https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Colombia/Colombia_Monitoreo_territorios_afectados_cultivos_ilicitos_2017_R esumen.pdf
- UPRA. (2018). *Identificación general de la frontera agrícola en Colombia*. Bogotá D.C.: UPRA - Unidad de Planificación Rural Agropecuaria.
- Volgemann, J. (1995). *Assessment of forest fragmentation in southern New England using remote sensing and geographic information systems technology*.
- Walter, H. (1985). *Vegetation of the Earth and ecological systems of the geobiosphere. Tercera edición*. New York: Springer-Verlag.
- With, K. (1999). Is landscape connectivity necessary and sufficient for wildlife management? En J. Rochelle, L. Lehmann, & J. Wisniewski, *Wildlife and management implications* (págs. 97-115). Holanda: Forest fragmentation.
- WWF. (2015). *Identificación de los motores, agentes y causas subyacentes de la deforestación en el Departamento del Putumayo*. Bogota.
- WWF. (2016). *La Amazonía, Una región de récords*. Obtenido de World Wildlife Fund: https://wwf.panda.org/es/que_hacemos/sitios_prioritarios/amazonia/la_amazonia_naturaleza/