



**ANALISIS DE MÉTRICAS DE PAISAJE EN EL DEPARTAMENTO DEL
AMAZONAS ENTRE LOS AÑOS 2002-2018**

Giovanni Alexander Britto Nuñez

11791612363

Universidad Antonio Nariño

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería

Bogotá, Colombia

2021

**ANALISIS DE MÉTRICAS DE PAISAJE EN EL DEPARTAMENTO DEL
AMAZONAS ENTRE LOS AÑOS 2002-2018**

Giovanni Alexander Britto Nuñez

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director (a):
Doctor Andrés Carvajal Vanegas

Línea de Investigación:
Métricas de paisaje, Sistemas de Información Geográfica

Universidad Antonio Nariño

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería

Bogotá, Colombia

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado
Análisis de métricas de paisaje en el departamento del
Amazonas entre los años 2002-2018,
Cumple con los requisitos para optar
Al título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Antonio Nariño, UAN, a los docentes por el apoyo y orientación en el desarrollo de la investigación.

A mi familia por el apoyo prestado.

RESUMEN

El departamento de Amazonas como región importante en el territorio colombiano por el gran porcentaje de recursos hídricos, parques naturales, resguardos indígenas y biodiversidad natural ha sido objeto de diferentes análisis debido a la deforestación, el aumento de la interacción humana con la naturaleza y el efecto de la expansión urbana. El paisaje del departamento del Amazonas está compuesto por gran diversidad de coberturas de la tierra a nivel 3 basado en clasificación Corine Land Cover como fundamento para el análisis de métricas paisajísticas entre los años 2002 y 2018, utilizando la herramienta Patch Analyst por medio de metodologías de estadística espacial, para determinar variables por cobertura o paisaje como Numero de parches, áreas de cobertura, relaciones entre área y perímetros entre otros para establecer análisis de composición del paisaje y cambios de coberturas en la zona de estudio.

Palabras Clave: métricas de paisaje, cobertura de la tierra, Amazonas, composición paisajística, ecología del paisaje, Patch Analyst.

ABSTRACT

The department of Amazonas as an important region in the Colombian territory due to the large percentage of water resources, natural parks, indigenous reserves and natural biodiversity has been the subject of different analyses due to deforestation, increased human interaction with nature and the effect of urban expansion. The landscape of the department of Amazonas is composed of a great diversity of land covers at level 3 based on Corine Land Cover classification as a basis for the analysis of landscape metrics between 2002 and 2018, using the Patch Analyst tool by means of spatial statistics methodologies, to determine variables by cover or landscape such as number of patches, areas of cover, relationships between area and perimeters among others to establish landscape composition analysis and changes of covers in the study area.

Key words: landscape metrics, land covers, Amazon, landscape composition, landscape ecology, Patch Analyst.

1	CONTENIDO	
2	INTRODUCCION	10
3	OBJETIVOS	11
3.1	OBJETIVO GENERAL	11
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
4	MARCO TEORICO.....	12
4.1	ECOLOGIA DEL PAISAJE.....	12
4.2	CORINE LAND COVER Y USOS DE COBERTURAS	13
4.3	METRICAS DE PAISAJE.....	13
4.3.1	PATCH ANALYST.....	14
5	ESTADO DEL CONOCIMIENTO	17
6	METODOLOGIA	20
6.1	CÁLCULO DE MÉTRICAS	27
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
7.1	ANALISIS DE PAISAJE.....	28
7.2	CAMBIO DE COBERTURA DE LA TIERRA	40
8	CONCLUSIONES	43
9	RECOMENDACIONES.....	44
10	BIBLIOGRAFÍA	45

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Unidades de coberturas de la tierra para nivel 3.....	22
Tabla 2. Cobertura de la tierra año 2002, departamento de Amazonas.	25
Tabla 3. Cobertura de la tierra año 2018, departamento de Amazonas.	26
Tabla 4. Comparación de coberturas de la tierra, año 2002 y año 2018.....	28
Tabla 5. Índice de diversidad del paisaje	29
Tabla 6. Proporción ocupada	30
Tabla 7. Área de parches por clase, área promedio de parches (MPS) años 2002 y 2018, diferencia de valores.	32
Tabla 8. Numero de parches por clase de cobertura años 2002 y 2018, diferencia de parches. ..	34
Tabla 9. Valores de Media de la Relación Perímetro-Área Ponderada por Área (AWMSI).....	36
Tabla 10. Coeficiente de variabilidad del tamaño del parche (PSCOV)	38
Tabla 11. Área (Hectáreas) de cambio coberturas de la tierra entre los años 2002 y 2018.....	41

CONTENIDOS DE LOS ANEXOS

Figura 1. Ventana Estadísticas espaciales para aplicación Patch Analyst ArcMap 10.1.....	17
Figura 2. Zona de estudio Departamento del Amazonas.	21
Figura 3. Portal de datos Abiertos de SIAT-AC (Instituto SINCHI, 2021).....	22
Figura 4. Cobertura de la tierra Departamento del Amazonas Año 2002.....	25
Figura 5. Cobertura de la tierra Departamento del Amazonas Año 2018.....	26
Figura 6. Proporción ocupada por cobertura de la tierra en el año 2002 y año 2018.	31
Figura 7. Diferencia de áreas por cobertura entre los años 2002 y 2018.....	33
Figura 8. Diferencia entre área de Clase (CA) y área promedio de parches (MPS).....	34
Figura 9. Comparación de numero de parches entre el año 2002 y año 2018 por cobertura de la tierra.	36
Figura 10. Comparación Media de la Relación Perímetro-Área Ponderada por Área (AWMSI) entre el año 2002 y el año 2018.	38
Figura 11. Coeficiente de variabilidad del tamaño del parche (PSCOV) entre los años 2002 y 2018.....	40
Figura 12. Mapa de cambios de cobertura Municipios de Leticia, Puerto Nariño y el Encanto.	42
Figura 13. Mapa de cambios de cobertura Municipios de la Chorrera y la Pedrera.....	42
Figura 14. Mapa de cambios de cobertura Municipios de la Victoria y Puerto Arica.....	42
Figura 15. Mapa de cambios de cobertura Municipios de Puerto Santander y Tarapacá.....	43

2 INTRODUCCION

La región amazónica ha tomado gran importancia debido a la conciencia que existe por la gran cantidad de recursos naturales, compuesta por parques naturales, resguardos indígenas y gran biodiversidad natural debido a componentes físicos y bióticos permitiendo gran variedad de ecosistemas, esta zona corresponde según la (CEPAL, 2013) el 40% del territorios colombiano y cerca del 20% del agua dulce de la superficie terrestre mundial, es un bioma reconocido por generar control climático a nivel mundial.

El departamento del Amazonas compuesto por gran diversidad de recursos hídricos, especies botánicas y riqueza de fauna en la que los ecosistemas se han visto afectados debido a procesos de desarrollo amenazando la integridad por factores como los efectos de la ganadería y la agricultura, la colonización no planificada, generando así cambios en sus paisajes, debido a la fragmentación y reducción de la biodiversidad de los bosques amazónicos. (Ruiz, y otros, 2007)

Uno de los procesos de la deforestación que genera mayores efectos de cambio con la variación de paisajes es el cambio de uso de suelos, las cuales se pueden analizar a partir de métodos de análisis de estructuras de los paisajes llevando a cabo análisis espacio temporales y realizando seguimiento a los cambios e impactos generados.

A partir de información de usos del suelo suministradas por el (Instituto SINCHI, 2021) en la cual se realizó una clasificación de uso por medio de metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000 para los años 2002 y 2018 se puede realizar la comparación a partir de un análisis espacio temporal en la cual por medio de metodología de métricas de paisaje se desarrolla un análisis de comportamientos en dinámicas paisajísticas, fragmentaciones de uso de suelo y cambios en la estructura entre esto dos periodos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los cambios en las coberturas de la tierra y las métricas de paisaje entre los años 2002 y 2018 en el departamento del Amazonas del territorio colombiano.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Identificar las coberturas de la tierra y la estructura del paisaje en el departamento de Amazonas para el año 2002 y el año 2018.

Analizar los cambios en las coberturas y las métricas asociadas con la estructura del paisaje en el departamento de Amazonas entre el año 2002 y el año 2018.

4 MARCO TEORICO

4.1 ECOLOGIA DEL PAISAJE

El geógrafo Carl Troll El concepto de ecología de paisaje fue definido por el geógrafo Carl Troll en 1939, quien lo delimitó como la relación existente entre seres vivos, y escenarios ambientales en componentes específicos de paisaje, sin embargo fue relacionada como concepto de ecología por el biólogo Ernst Haeckel en Alemania en 1886 explicando la correlación entre el ser vivo y su ambiente.

En los primeros años del Siglo XX se empiezan a detallar zonas no exploradas y se estudia el factor humano en la ecología como factor natural en intervención del paisaje.

En 1940 entorno de la época de guerra mundial se generó la necesidad de desarrollo tecnológico y se implementaron tecnologías de fotografías aéreas, fotogrametría, y fotointerpretación. (Vila Subirós, Varga Linde, Llausàs Pascual, & Ribas Palom, 2006)

En el medio del desarrollo tecnológico el cual permite una visualización más cercana de la superficie terrestre, el alcance que brinda las imágenes de satélite, las fotografías aéreas visualizan un mayor detalle la exploración del terreno.

El concepto de ecología del paisaje tuvo gran influencia en el campo de la botánica para la realización de proyecciones en pro de la protección ambiental y paisajística en relación con la interacción con las personas dentro del ámbito económico agrícola e industrial. (Troll, 2003)

Esto conlleva a determinar que el análisis de rasgos morfológicos y organizaciones del paisaje permiten determinar tres propiedades entorno a la ecología paisajística: La composición del paisaje, la función de esta, y el cambio de la conformación lo largo del tiempo. (Forman y Godron, 1986) citado por (Vila Subirós, Varga Linde, Llausàs Pascual, & Ribas Palom, 2006), lo cual

implica escalar y separar los diferentes elementos de análisis de la ecología del paisaje para realizar una interpretación de la información.

De acuerdo con el concepto de Mosaico de (Vila Subirós, Varga Linde, Llausàs Pascual, & Ribas Palom, 2006), se clasifican tres de tipologías de elementos: los fragmentos los cuales diferencian las unidades morfológicas, los corredores que determinan los vínculos de un fragmento a otro, y la matriz como sistema de relación entre los fragmentos y los corredores.

4.2 CORINE LAND COVER Y USOS DE COBERTURAS

El uso y cobertura de la tierra suministra información que permite generar cartografía ecosistémica, tipos de uso, administración y clasificación e inventario ambiental, como lo menciona el (IDEAM, 2010) esta información es fundamental para conflictos de uso del territorio, ordenación de cuencas y del territorio, seguimiento a la deforestación de los bosques, y los inventarios forestales.

4.3 METRICAS DE PAISAJE

La aplicabilidad de metodología cuantitativa en la ecología del paisaje denominada como métrica de paisaje nos permite realizar comparaciones entre las diferentes composiciones espaciales en sus diferentes momentos temporales para proyectar condiciones futuras. (Vila Subirós, Varga Linde, Llausàs Pascual, & Ribas Palom, 2006) clasifican tres niveles de aplicabilidad:

(a) A nivel de fragmento “Patch Level”, los cálculos se aplican a cada fragmento individualmente, es el nivel adecuado, por ejemplo, para determinar cuál es el fragmento de mayor superficie entre todos los representados; (b) A nivel de clase “Class Level”, los cálculos se aplican a cada conjunto de fragmentos de la misma clase, es decir, a aquéllos que tienen el mismo valor o que representan el mismo tipo de uso del suelo, hábitat, etc. Es el nivel apropiado para calcular cual es la superficie que ocupa una determinada cobertura del suelo, como podrían ser los bosques, o cual es la extensión media ocupada por los fragmentos de bosque; (c) A nivel de paisaje “Landscape Level”, los cálculos se aplican al conjunto del paisaje, es decir, a todos los fragmentos y clases a la vez. El resultado nos informa del grado de heterogeneidad o de homogeneidad del conjunto del área que se ha cuantificado.

4.3.1 PATCH ANALYST

El patch analyst es una herramienta complementaria perteneciente a ESRI en el software ArcMap para el análisis de información vectorial e información ráster en desarrollo de metodología de estadísticas espaciales que permiten cuantificar variables para el análisis de estructuras espaciales.

Tenemos datos a analizar a partir del proceso de estadística espacial en la cual analizamos las siguientes variables según (McGarigal & Marks, 1995) y los datos obtenidos a partir de la ejecución del software (Figura 1)

Área de clase (CA) es una medida de la composición del paisaje; específicamente, qué parte del paisaje se compone de un tipo de parche en particular. Ésta es una medida importante en varias aplicaciones ecológicas.

Y complementado con las siguientes variables según (McGarigal k. , 2002)

Área total (TA). Calcula el área correspondiente a todos los fragmentos. Es un índice básico para la determinación de muchos otros.

Área de Clase (CA): Suma de las áreas de todos los parches que pertenecen a una clase determinada.

$$= \sum_n \text{Area de parche}$$

Donde n= tipo de clase

Número de parches (NP). Conjunto de polígonos pertenecientes a una clase. (Monedero & Gutiérrez, 2001) Según (McGarigal k. , 2002) se utiliza como guía para análisis de procesos ecológicos. Adicionalmente se emplea como índice de heterogeneidad del paisaje y como base para el cálculo de otras métricas.

Tamaño Medio de Parche (MPS). Tamaño promedio del parche de la clase, empleada como indicador de fragmentación si se evalúa el tamaño del tipo de parche de interés.

$$= \frac{\sum_n \text{Area de la clase}}{NP_n}$$

Donde n= tipo de clase

Perímetro de los parches (TE). La cantidad total de borde es relevante para el estudio de muchos fenómenos ecológicos, tal es el caso del efecto de borde en bosques, que provoca cambios en la composición y estructura de la vegetación debido principalmente alteración en el microclima. La cantidad de borde entre parches puede ser muy importante para el movimiento de organismos o

materia a través de las fronteras, y es conocida la importancia del hábitat de borde para diversas especies.

$$= \sum_n \text{Perimetro del parche}$$

Donde n= tipo de clase

Índice de forma media (MSI). Calcula la complejidad de la forma media de los parches en comparación con una forma estándar, como sería la circunferencia en el entorno vectorial o el píxel en el entorno ráster. La forma de un parche está caracterizada por la longitud de sus bordes. Se interpreta que: si los valores son iguales a 1, los patrones de forma son circulares y se incrementa al aumentar la irregularidad de la forma del parche.

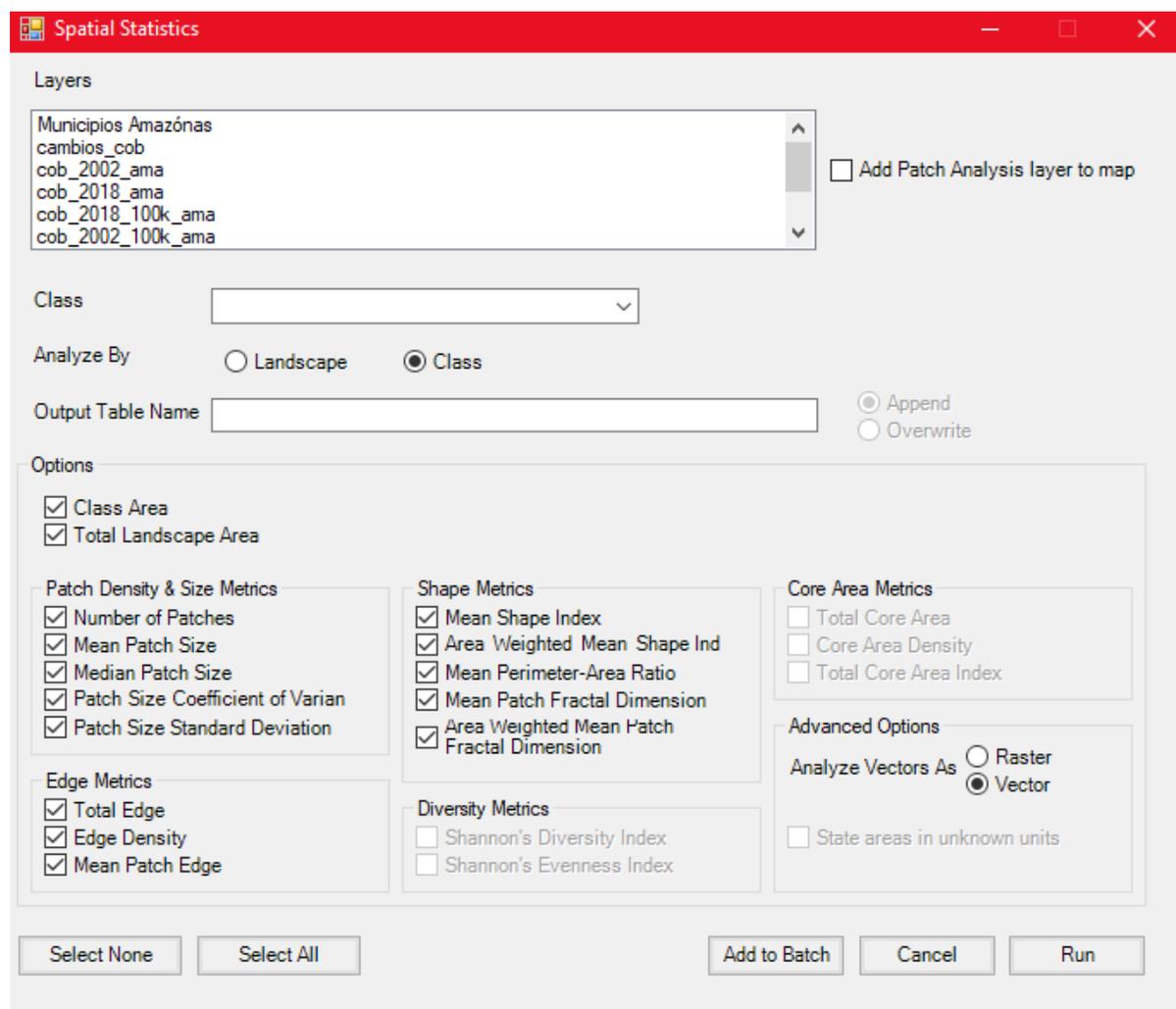
Media de la Relación Perímetro-Área Ponderada por Área (AWMSI). Calcula en forma ponderada los parches a partir de su tamaño. Los parches más grandes poseen mayor ponderación que los pequeños, calculada por el promedio de la forma del parche. Se interpreta que si los valores se acercan a 1, los patrones de forma no son circulares, tratándose de aéreas fragmentadas.

Coefficiente de variabilidad del tamaño del parche (PSCOV). Calcula la variabilidad relativa sobre el promedio (variabilidad como porcentaje del promedio), no como la varianza absoluta. Utilizada para comparar la variabilidad entre fragmentos. Se interpreta que si los valores relativos tienden a 0 son más homogéneos en su tamaño o sólo existe un parche.

$$PSCOV = \frac{PSDD}{MPS}$$

Desviación estándar de las áreas de los parches (PSDD)

Figura 1. Ventana Estadísticas espaciales para aplicación Patch Analyst ArcMap 10.1.



5 ESTADO DEL CONOCIMIENTO

Existen diferentes trabajos de investigación asociados a la implementación de métricas y el análisis de fragmentación del paisaje en el territorio colombiano, como en otros territorios del mundo determinando la diversidad, la distribución, la conectividad de paisajes.

En el caso regional (Meza Elizalde & Armenteras Pascual, 2018) se llevó a cabo un análisis métricas se usó el software Fragstats permitiendo identificar paisajes fragmentados en la Amazonia

colombiana, realizando un seguimiento de uso del suelo y el estado de la vegetación en remanentes bosques haciendo una comparación multitemporal en el periodo comprendido entre 1990 y 2016 identificando cambios en el área de bosques, y estableciendo relaciones asociadas a la fragmentación de bosques y degradación de estos basados en imágenes de satélite y realizando el procesamiento digital respectivo.

En el análisis ecológico realizado por (Alarcon Jimenez, 2017) sobre la fragmentación de bosque en interacción y efecto con la agricultura, la ganadería, y la afectación temporal en el esparcimiento de las zonas urbanas e implementación de infraestructura vial creando interrupción y alteración de los ecosistemas. Detectando el grado de fragmentación las diferentes clases de coberturas de bosque en el área de influencia del Rio Cravo sur en el municipio de Yopal, en el departamento del Casanare, en los periodos 2000, 2010 y 2016, metodológicamente se usan los procesos de fotointerpretación a través de imágenes satelitales verificando las coberturas según metodología Corine land cover y utilizando el software fragstats para el análisis cuantitativo de composición espacial.

Camilo Acuña en el año 2010 realiza un análisis de la ordenación espacial de elementos paisajísticos a partir de las coberturas de uso del suelo por medio del software Fragstats categorizando la fragmentación a partir de análisis espacial basado en interpretación de imagen satelital generando cartografía de uso del suelo en los municipios de la Calera, Guasca, Sopo, Sesquilé y Guatavita. (Acuña Caro, 2010)

En el año 2014 los autores Torres Chaparro, Linarez Ruiz y Mora Mendoza realizan un análisis de comportamiento a partir de métricas de paisaje utilizando la herramienta FragStats para establecer

factores de deforestación en el bosque seco tropical en la isla de Providencia, Colombia entre el año 2005 y el año 2009 a partir de imágenes de satélite y desarrollando el proceso de clasificación supervisada. (Ruiz Linarez, Mendoza Mora, & Chaparro Torres, 2014)

Sánchez Flores, Erick y otros en el 2011, realizaron la evaluación de dinámicas de usos de suelo y estructuras de paisaje calculadas bajo la herramienta FragStats a partir de análisis espacio temporales en la ciudad de Juárez, Chihuahua a partir de imágenes satélites en el periodo comprendido entre el año 2001 y año 2016 encaminado la metodología de clasificación supervisada bajo el procedimiento Feature Extraction del Software ENVI. (Sánchez Flores, Granados Olivas, Chavez, Villegas Martinez, & Mendoza Terrazas, 2011)

Ku-Quej, & Hidalgo-Mihart, en el año 2017 realizaron un analisis de conectividad del paisaje , en la región de Puuc-Chenes en la península de Yucatan, debido a aumento de área de uso agricola, y afectando la distribucion paisajistica de selva en la región .a partir de metricas de paisaje empleando el software FragStats. (salazar, Mendoza, Ochoa-Gaona, Ku-Quej, & Hidalgo-Mihart, 2017)

Igor José Malfetoni Ferreira y Jose Hilario Delconte Ferreira en el año 2018 desarrollan un análisis de fragmentación del uso del suelo, específicamente bosques en la cuenca del rio Alonzo, en el estado del Paraná en el territorio brasileño, mediante el cálculo de métricas del paisaje empleando LECOS como complemento del software QGis el cual esta fundamentado en cálculos del software Fragstats, y procedimientos implementados en el software ArcView GIS. (Malfetoni Ferreira, y otros, 2018)

Francisco Aguilera Benavente en el año 2010 realiza un análisis a partir del uso de métricas de paisaje empleando el software FragStats, en función de dinámicas urbanas presentando diversidad

de escenarios de crecimiento y tendencia de patrones de ocupación en el área metropolitana de Granada en comparación de cada uno de estos con la presentada en el año 2004. (Aguilera Benavente, 2010)

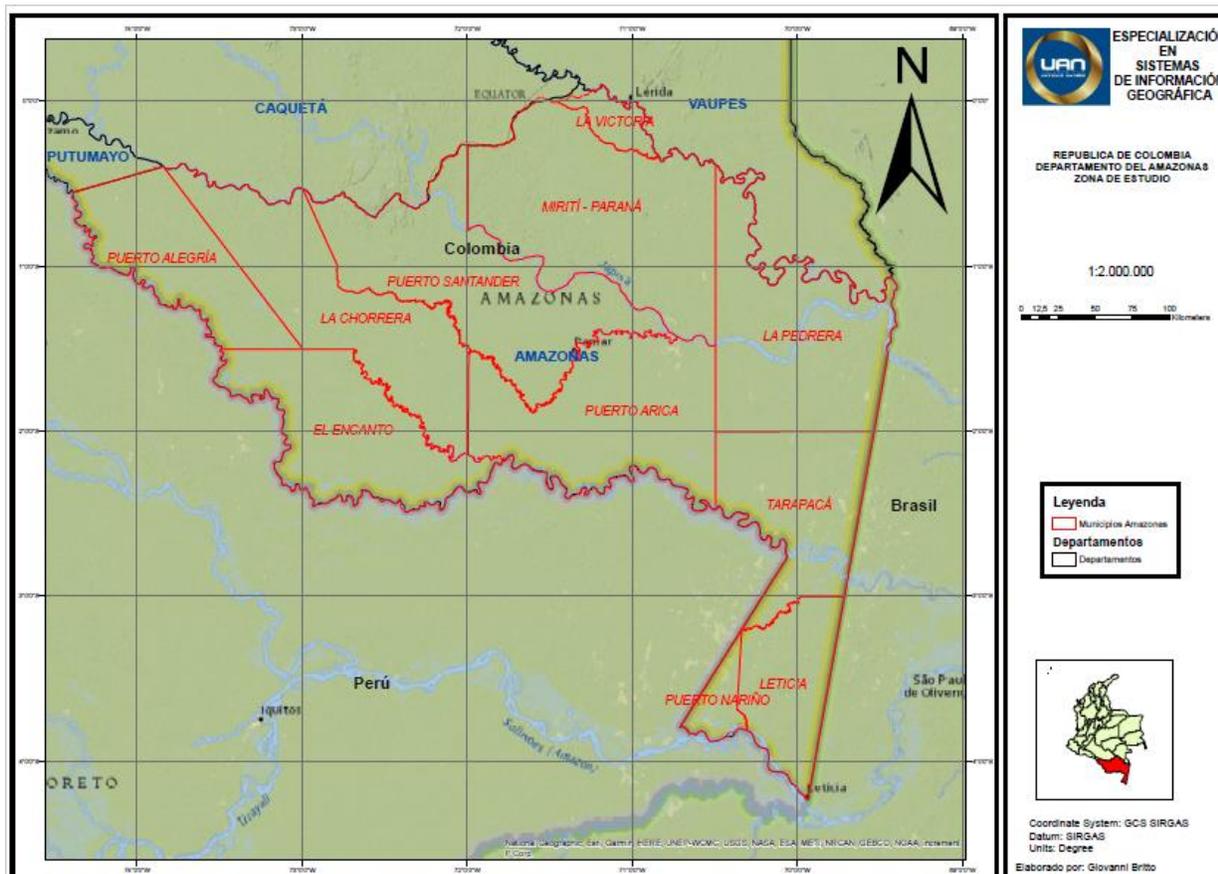
Francisco Aguilera Benavente y André Botequilha Leitao, en el año 2012 realizan un análisis de las dinámicas del paisaje realizando una selección de métricas reducidas para los diferentes contextos utilizando el software FragStats. Mediante estudio de componentes principales basado en cartografía Corine Land Cover para el año 1990, el año 2000 y el año 2016 se definen los componentes presentes para cuantificar los cambios de uso del suelo en su distribución espacial y las diferentes escenarios ecológicos producidos. (Aguilera Benavente & Botequilha Leitao, 2012)

Qian Zhang, Yifang Ban, Quaquin Sha y Yunfeng Hu en el año 2008 analizan la dinámica de la expansión urbana y su efecto sobre los patrones de paisaje y la afectación ecosistémica que conlleva en el área seleccionada de la ciudad de Shanghái, realizando comparaciones temporales entre el año 1991, el año 1998 y el año 2007 y adquiriendo los tipos de cobertura del suelo para cada periodo con precisión del 89 % de interpretación, desarrollando transformaciones a información ráster a diferentes escalas convirtiendo en archivo ASCCI como insumo para la implementación de la herramienta Fragstats y la metodología de métricas de paisaje. (Zhang, Ban, Sha, & Hu, 2008)

6 METODOLOGIA

La región amazónica colombiana está conformada por 6 departamentos entre los cuales se encuentra el área de estudio corresponde al departamento del Amazonas, localizado en el sur de Colombia. (ver figura 1)

Figura 2. Zona de estudio Departamento del Amazonas.



El Sistema de Información Ambiental realiza el manejo de la información ambiental de la Amazonia colombiana, en la cual se presenta la información geográfica correspondiente a la cobertura de tierras realizando metodologías a partir de sensores remotos.

Para el presente desarrollo se utilizó la información de cobertura de la tierra de la amazonia colombiana para el año 2002 y para el año 2018 la cual está delimitada para el departamento del Amazonas (ver figura 1) a clasificación nivel 3 (ver Tabla1).

Figura 3. Portal de datos Abiertos de SIAT-AC (*Instituto SINCHI, 2021*)

Generamos información geográfica correspondiente a las coberturas de la Tierra en la **Amazonia colombiana** a partir de la interpretación de imágenes de sensores remotos.

Año	Servicio	Descarga	Metadato	Mapa
Coberturas de la Tierra en la Amazonia colombiana para el año 2002. Escala: 1:100.000	API	Descarga	Metadato	Mapa
Coberturas de la Tierra en la Amazonia colombiana para el año 2007. Escala: 1:100.000	API	Descarga	Metadato	Mapa
Coberturas de la Tierra en la Amazonia colombiana para el año 2012. Escala: 1:100.000	API	Descarga	Metadato	Mapa
Coberturas de la Tierra en la Amazonia colombiana para el año 2014. Escala: 1:100.000	API	Descarga	Metadato	Mapa
Coberturas de la Tierra en la Amazonia colombiana para el año 2016. Escala: 1:100.000	API	Descarga	Metadato	Mapa
Coberturas de la Tierra en la Amazonia colombiana para el año 2018. Escala: 1:100.000	API	Descarga	Metadato	Mapa

Tabla 1. Unidades de coberturas de la tierra para nivel 3.

NIVEL		
1	2	3
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1 ZONAS URBANIZADAS	1.1.1. Tejido urbano continuo 1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2. ZONAS INDUSTRIALES O COMERCIALES Y REDES DE COMUNICACIÓN	1.2.1. Zonas industriales o comerciales 1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados 1.2.3. Zonas portuarias 1.2.4. Aeropuertos 1.2.5. Obras hidráulicas
	1.3. ZONAS DE EXTRACCION MINERA Y ESCOMBRERAS	1.3.1. Zonas de extracción minera 1.3.2. Zonas de disposición de residuos
		1.4.1. Zonas verdes urbanas

	1.4. ZONAS VERDES ARTIFICIALIZADAS, NO AGRICOLAS	1.4.2. Instalaciones recreativas
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.1. CULTIVOS TRANSITORIOS	2.1.1. Otros cultivos transitorios
		2.1.2. Cereales
	2.2. CULTIVOS PERMANENTES	2.1.3. Oleaginosas y leguminosas
		2.1.4. Hortalizas
2.1.5. Tubérculos		
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos		
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos		
2.3. PASTOS	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreo	
	2.2.4. Cultivos agroforestales	
	2.2.5. Cultivos confinados	
2.4. ÁREAS AGRICOLAS	2.3.1. Pastos limpios	
	2.3.2. Pastos arbolados	
	2.3.3. Pastos enmalezados	
	2.4.1. Mosaico de cultivos	
	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	3.1. BOSQUES	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales
		2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales
		3.1.1. Bosque denso
		3.1.2. Bosque abierto
3.2. ÁREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA	3.2.1. Herbazal	3.1.3. Bosque fragmentado
		3.2.2. Arbustal
		3.1.4. Bosque de galería y ripario
4. AREAS HÚMEDAS	3.3. ÁREAS ABIERTAS, SIN O CON POCA VEGETACIÓN	3.1.5. Plantación forestal
		3.3.1. Zonas arenosas naturales
		3.3.2. Afloramientos rocosos
		3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
		3.3.4. Zonas quemadas
4.1. ÁREAS HÚMEDAS CONTINENTALES	4.2.1. Pantanos costeros	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
		4.1.1. Zonas Pantanosas
		4.1.2. Turberas
4.2. ÁREAS HÚMEDAS COSTERAS	4.2.2. Salitral	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua

5. SUPERFICIES DE AGUA		4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
	5.1. AGUAS CONTINENTALES	5.1.1. Ríos (50 m)
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
		5.1.3. Canales
		5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
	5.2. AGUAS MARÍTIMAS	5.2.1. Lagunas costeras
		5.2.2. Mares y océanos
5.2.3. Estanques para acuicultura marina		

Nota. (IDEAM, 2010)

Para el presente desarrollo se obtuvo la información de las coberturas de la tierra en formato Shapefile datos abiertos para el año 2002 y año 2018 (Instituto SINCHI, 2021), en la cual aplicaron la metodología CORINE Land Cover acondicionada para Colombia a escala 1:100.000. Contiene información de coberturas de la tierra de la tierra del área de la zona de la amazonia colombiana.

Se delimita la información para seleccionar solo la perteneciente al departamento del Amazonas y encontramos los siguientes usos de suelo para el año 2002:

Figura 4. Cobertura de la tierra Departamento del Amazonas Año 2002

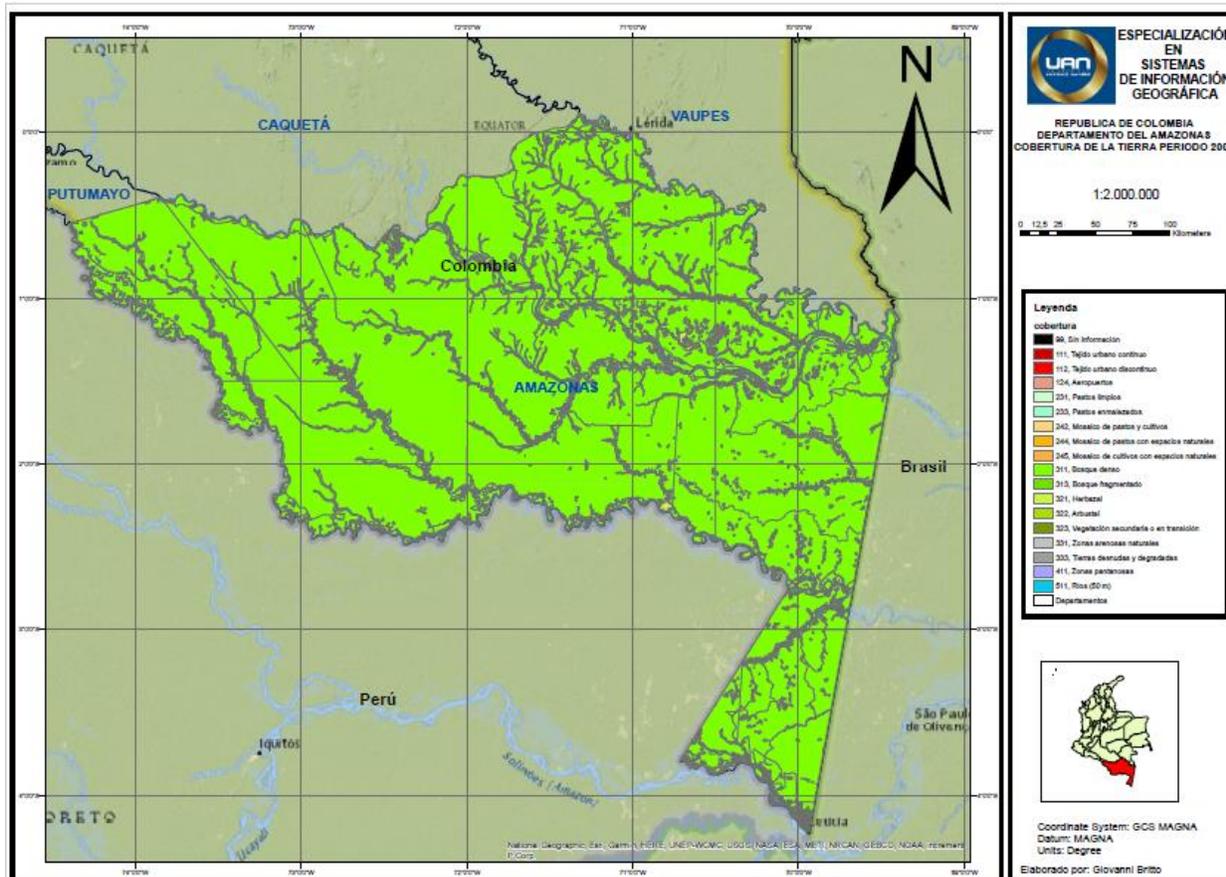


Tabla 2. Cobertura de la tierra año 2002, departamento de Amazonas.

Código	Cobertura 2002
99	Sin información
111	Tejido urbano continuo
112	Tejido urbano discontinuo
124	Aeropuertos
231	Pastos limpios
233	Pastos enmalezados
242	Mosaico de pastos y cultivos
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
244	Mosaico de pastos con espacios naturales
245	Mosaico de cultivos con espacios naturales
311	Bosque denso

313	Bosque fragmentado
321	Herbazal
322	Arbustal
323	Vegetación secundaria o en transición
331	Zonas arenosas naturales
333	Tierras desnudas y degradadas
411	Zonas pantanosas
511	Ríos (50 m)
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales

Y los usos de suelo delimitados en el departamento del Amazonas para el año 2018.

Figura 5. Cobertura de la tierra Departamento del Amazonas Año 2018

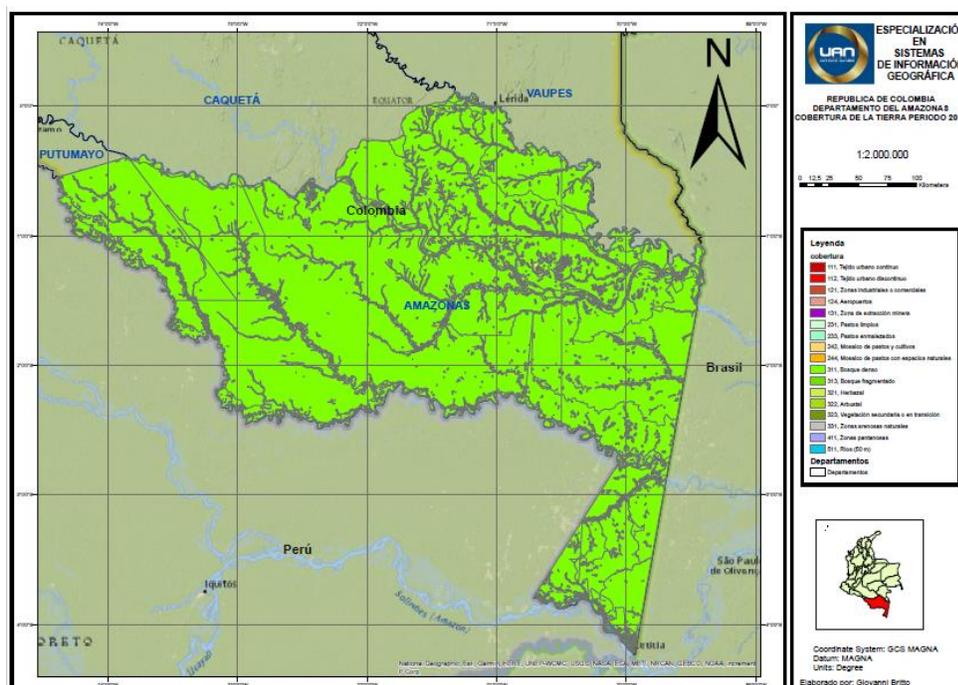


Tabla 3. Cobertura de la tierra año 2018, departamento de Amazonas.

Código	Cobertura 2018
111	Tejido urbano continuo
112	Tejido urbano discontinuo
121	Zonas industriales o comerciales

124	Aeropuertos
131	Zona de extracción minera
231	Pastos limpios
233	Pastos enmalezados
242	Mosaico de pastos y cultivos
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
244	Mosaico de pastos con espacios naturales
311	Bosque denso
313	Bosque fragmentado
321	Herbazal
322	Arbustal
323	Vegetación secundaria o en transición
331	Zonas arenosas naturales
411	Zonas pantanosas
511	Rios (50 m)
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales

6.1 CÁLCULO DE MÉTRICAS

Para los cálculos de los índices y métricas se tomó como de cobertura de la tierra de los años 2002 y 2018, en formato shapefiles para realizar el análisis de métricas de paisaje en Patch Analyst en el cual se ofrecen las métricas de paisaje comunes permitiendo elegir entre un análisis basado en clases o basado en el paisaje.

Tenemos datos a analizar a partir del proceso de estadística espacial en la cual analizamos las siguientes variables según (McGarigal & Marks, 1995)

Área de clase (CA)

Área total (TA).

Número de parches (NUMP):

Tamaño Medio de Parche (MPS).

Índice de forma media (MSI).

Media de la Relación Perímetro-Área Ponderada por Área (AWMSI).

Coefficiente de variabilidad del tamaño del parche (PSCOV).

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 ANALISIS DE PAISAJE

Basados en la información de base de información geográfica de las coberturas terrestres de la Región de la Amazonia colombiana, para el periodo 2002 y para el periodo 2018 basados en la metodología Corine Land Cover.

En la identificación de las coberturas del departamento de Amazonas para el periodo 2002 se encontraron 20 clases de coberturas. (ver figura 2).

Para el año 2018 las coberturas del departamento de Amazonas encontradas fueron 19 clases. (ver Figura 3)

Tabla 4. Comparación de coberturas de la tierra, año 2002 y año 2018

Código	Cobertura	2002	2018
99	Sin información	X	
111	Tejido urbano continuo	X	X
112	Tejido urbano discontinuo	X	X
121	Zonas industriales o comerciales		X
124	Aeropuertos	X	X
131	Zona de extracción minera		X
231	Pastos limpios	X	X
233	Pastos enmalezados	X	X

242	Mosaico de pastos y cultivos	X	X
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	X	X
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	X	X
245	Mosaico de cultivos con espacios naturales	X	
311	Bosque denso	X	X
313	Bosque fragmentado	X	X
321	Herbazal	X	X
322	Arbustal	X	X
323	Vegetación secundaria o en transición	X	X
331	Zonas arenosas naturales	X	X
333	Tierras desnudas y degradadas	X	
411	Zonas pantanosas	X	X
511	Ríos (50 m)	X	X
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	X	X

Realizando la comparación de coberturas entre el periodo 2002 y 2018 se encontró que la zona sin información para el segundo periodo no permanece, además de coberturas como Mosaico de cultivos con espacios naturales y tierras desnudas degradadas. Se determinaron nuevas coberturas como zonas industriales y comerciales y zonas de extracción minera.

A partir de la implementación de patch analyst obtenemos los siguientes datos:

Tabla 5. Índice de diversidad del paisaje

Año	área Total (Ha)	NP	Clases	Densidad CL/ Ha
2002	10929535,18	1672	20	0,00000183
2018	10929535,18	2559	19	0,00000174

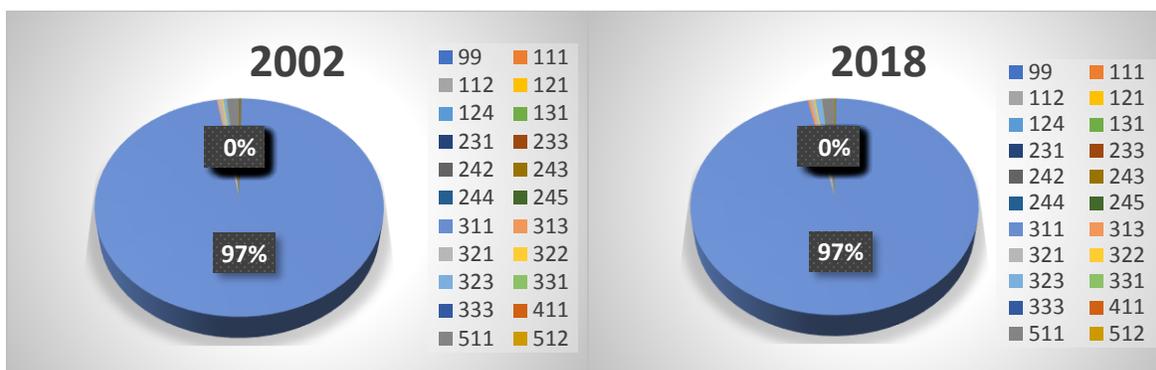
Para el año 2002 el área de estudio estuvo compuesta por 20 clases de cobertura clasificadas en 1672 parches obteniendo una densidad de clases de cobertura 0.00000183 clases/hectárea. Para el

año 2015 se reducen a 19 clases de cobertura con lo cual el valor de la densidad del paisaje disminuye levemente, el número de parches aumenta en un 53 % lo que indica una mayor diversidad de paisaje en el año 2018.

Tabla 6. Proporción ocupada

Código	Cobertura	2002		2018	
		Área (Ha)	% área	Área (Ha)	% área
99	Sin información	72,25	0,0007		
111	Tejido urbano continuo	211,12	0,0019	458,72	0,0042
112	Tejido urbano discontinuo	129,34	0,0012	905,61	0,0083
121	Zonas industriales o comerciales			18,66	0,0002
124	Aeropuertos	218,15	0,0020	297,23	0,0027
131	Zona de extracción minera			10,12	0,0001
231	Pastos limpios	4024,07	0,0368	934,63	0,0086
233	Pastos enmalezados	556,23	0,0051	252,47	0,0023
242	Mosaico de pastos y cultivos	3043,89	0,0279	436,62	0,0040
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	16724,65	0,1530	13483,54	0,1234
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	2792,04	0,0255	1496,68	0,0137
245	Mosaico de cultivos con espacios naturales	107,26	0,0010		
311	Bosque denso	10600486,66	96,9894	10553670,87	96,5610
313	Bosque fragmentado	18550,54	0,1697	37400,21	0,3422
321	Herbazal	50301,87	0,4602	43357,17	0,3967
322	Arbustal	17949,71	0,1642	16696,58	0,1528
323	Vegetación secundaria o en transición	43462,72	0,3977	89153,91	0,8157
331	Zonas arenosas naturales	6286,31	0,0575	4594,99	0,0420
333	Tierras desnudas y degradadas	131,89	0,0012		
411	Zonas pantanosas	929,28	0,0085	1662,61	0,0152
511	Ríos (50 m)	158050,44	1,4461	159252,73	1,4571
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5506,76	0,0504	5449,13	0,0499
	Total	10929535,18		10929532,48	

Figura 6. Proporción ocupada por cobertura de la tierra en el año 2002 y año 2018.



Realizando un comparativo entre la proporcionalidad de áreas versus el área total de la zona de estudio, se visualiza aumento pequeño en cobertura de perteneciente a la categoría de territorios artificializados (ver Tabla.1) los cual permite visualizar un efecto de expansión urbana debido al crecimiento de un 117% respecto al área de cobertura de tejido urbano continuo, y un aumento de 776.27 hectáreas en la cobertura de tejido urbano discontinuo.

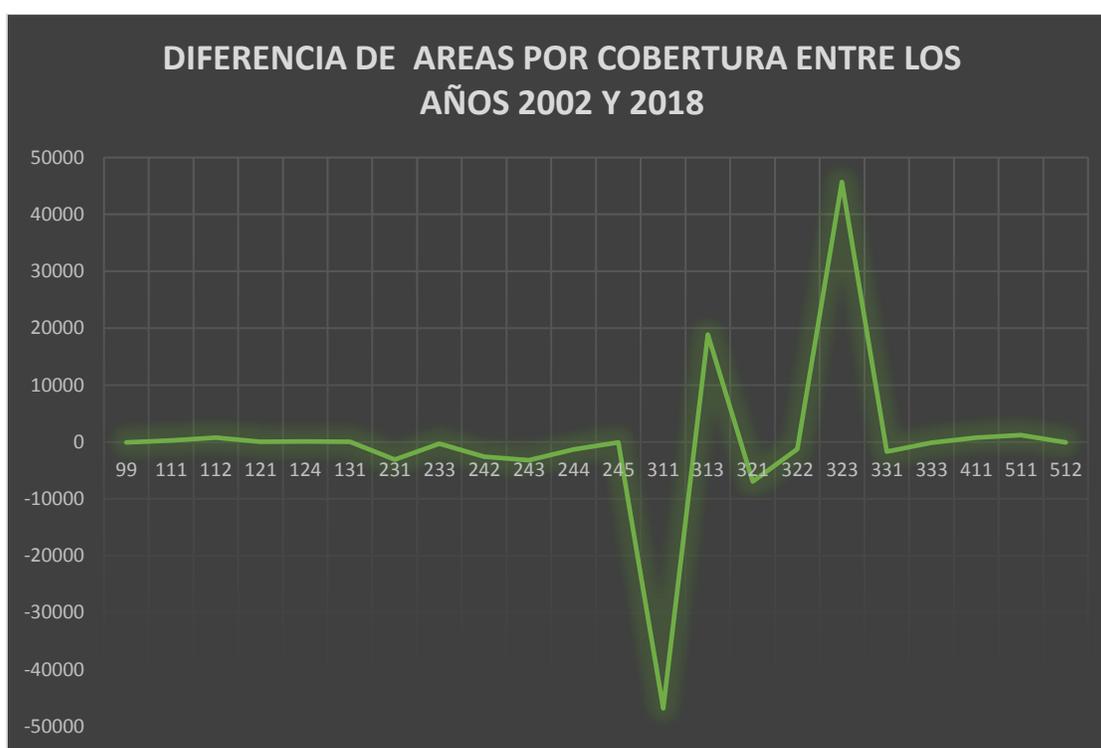
Se observa reducción de áreas en categoría territorios agrícolas (ver Tabla.1), variación en bosques y áreas seminaturales en donde solo se encuentra un aumento en las áreas de Vegetación secundaria o en transición, y en similar proporción de porcentaje, una disminución en el área de cobertura de Bosque denso que ocupa el 96% del área total del departamento de Amazonas en los dos periodos de tiempo (ver Figura 6), presentando una diferencia de 46815,79 hectáreas (-0.44%) (ver Figura 7) mostrando un efecto de perdida de bosque anual en un periodo de 16 años de 2.925,99 hectáreas/año. Comparando el resultado anterior con la tasa media anual por perdida de Bosque determinada por (Murcia Garcia, y otros, 2014) con un valor de 5233 hectáreas/año en el departamento de Amazonas obtenemos una diferencia de 2307.01 hectáreas (55.99 %).

Tabla 7. Área de parches por clase, área promedio de parches (MPS) años 2002 y 2018, diferencia de valores.

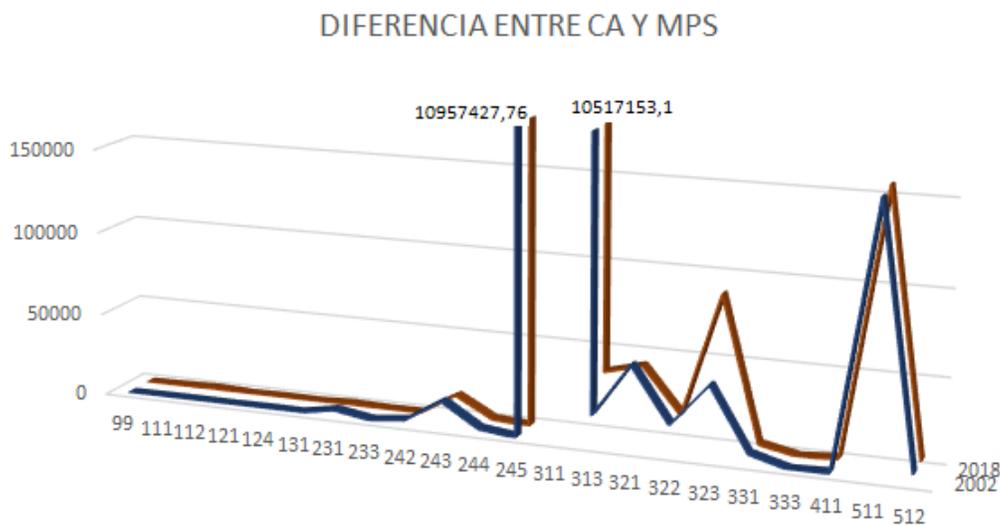
Código	Cobertura	2002 CA	2018 CA	Diferencia	20022 MPS	20183 MPS	Diferencia
99	Sin información	72,246		-72,246	72,246		-72,246
111	Tejido urbano continuo	211,117	458,72	247,603	105,559	114,68	9,122
112	Tejido urbano discontinuo	129,338	905,615	776,277	14,371	22,088	7,717
121	Zonas industriales o comerciales		18,662	18,662		9,331	9,331
124	Aeropuertos	218,154	297,233	79,079	31,165	24,769	-6,395
131	Zona de extracción minera		10,116	10,116		10,116	10,116
231	Pastos limpios	4024,08	934,63	-3089,444	78,903	38,943	-39,96
233	Pastos enmalezados	556,231	252,47	-303,761	111,246	50,494	-60,752
242	Mosaico de pastos y cultivos	3043,89	436,618	-2607,273	89,526	48,513	-41,013
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	16724,7	13483,539	-3241,115	100,751	42,136	-58,615
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	2792,04	1496,675	-1295,369	82,119	36,504	-45,615
245	Mosaico de cultivos con espacios naturales	107,259		-107,259	35,753		-35,753
311	Bosque denso	1,1E+07	10553671	-46815,79	42572,24	36517,9	-6054,34
313	Bosque fragmentado	18550,5	37400,213	18849,676	128,823	104,763	-24,061
321	Herbazal	50301,9	43357,171	-6944,699	174,659	151,07	-23,589
322	Arbustal	17949,7	16696,579	-1253,13	140,232	137,988	-2,244
323	Vegetación secundaria o en transición	43462,7	89153,909	45691,185	134,144	117,154	-16,991

331	Zonas arenosas naturales	6286,31	4594,99	-1691,32	72,256	41,027	-31,23
333	Tierras desnudas y degradadas	131,891		-131,891	131,891		-131,891
411	Zonas pantanosas	929,276	1662,613	733,337	116,16	79,172	-36,988
511	Rìos (50 m)	158050	159252,73	1202,288	2508,737	1873,56	-635,176
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5506,76	5449,128	-57,628	80,982	81,33	0,349

Figura 7. Diferencia de áreas por cobertura entre los años 2002 y 2018.



Se realizó la comparación del área promedio de parches (MPS) con respecto al área total de cada clase, se puede observar que se tiene un paisaje fragmentado tanto en el año 2002 como en el año 2018, teniendo en cuenta la diferencia entre los dos valores se observó mayor diferencia en la categoría de bosques y áreas seminaturales para el año 2002 manteniendo esta tendencia para el año 2018. (McGarigal & Marks, 1995)

Figura 8. Diferencia entre área de Clase (CA) y área promedio de parches (MPS)

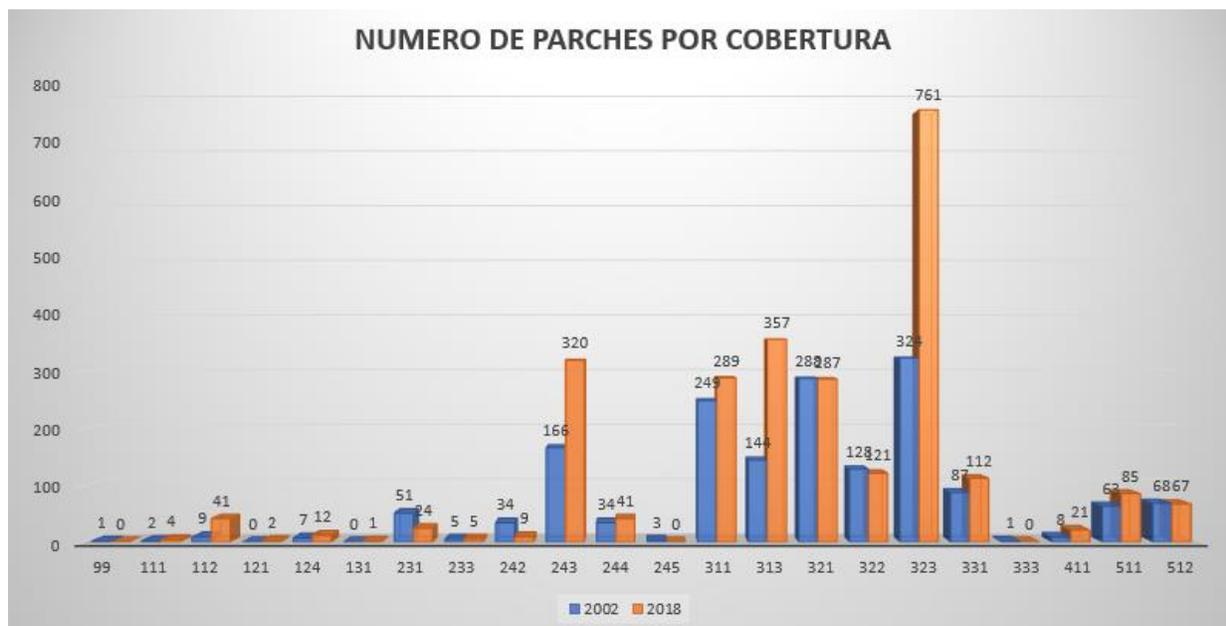
La menor diferencia entre estos dos valores se especifica en la categoría de territorios artificializados estableciendo menor fragmentación paisajística (ver Figura 8) teniendo en cuenta que el número de parches de la cobertura Zona de extracción minera es igual a 1 por lo tanto la diferencia entre los valores promedio y el área de la cobertura es igual a 0. (McGarigal & Marks, 1995)

Tabla 8. Numero de parches por clase de cobertura años 2002 y 2018, diferencia de parches.

Código	Cobertura	2002 Numero de Parches	2018 Numero de Parches	Diferencia
99	Sin información	1		-1
111	Tejido urbano continuo	2	4	2
112	Tejido urbano discontinuo	9	41	32
121	Zonas industriales o comerciales		2	2
124	Aeropuertos	7	12	5
131	Zona de extracción minera		1	1

231	Pastos limpios	51	24	-27
233	Pastos enmalezados	5	5	0
242	Mosaico de pastos y cultivos	34	9	-25
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	166	320	154
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	34	41	7
245	Mosaico de cultivos con espacios naturales	3		-3
311	Bosque denso	249	289	40
313	Bosque fragmentado	144	357	213
321	Herbazal	288	287	-1
322	Arbustal	128	121	-7
323	Vegetación secundaria o en transición	324	761	437
331	Zonas arenosas naturales	87	112	25
333	Tierras desnudas y degradadas	1		-1
411	Zonas pantanosas	8	21	13
511	Ríos (50 m)	63	85	22
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	68	67	-1
Total		1672	2559	887

Figura 9. Comparación de número de parches entre el año 2002 y año 2018 por cobertura de la tierra.



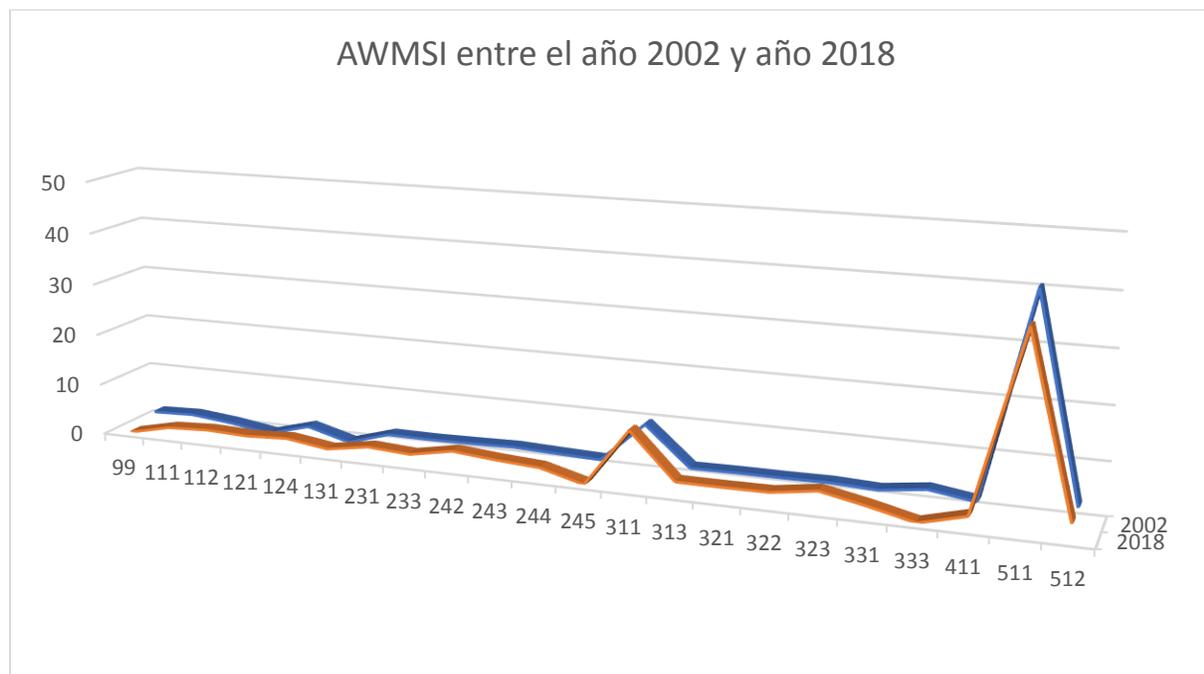
La comparación del número de parche total en las coberturas con mayor variación positiva de número de parches es Vegetación secundaria o en transición y el bosque fragmentado, reflejando recuperación de vegetación por destrucción de la vegetación primaria y sostenimiento de áreas de bosques. La cobertura con reducción de numero de parches es referente a pastos, aunque no es significativa su variación.(ver Figura 9)

Tabla 9. Valores de Media de la Relación Perímetro-Área Ponderada por Área (AWMSI)

Código	Cobertura	2002 AWMSI	2018 AWMSI	Diferencia
99	Sin información	1,751		-1,751
111	Tejido urbano continuo	2,039	1,796	-0,243
112	Tejido urbano discontinuo	1,216	2,207	0,991
121	Zonas industriales o comerciales		1,91	1,91
124	Aeropuertos	2,228	2,329	0,102

131	Zona de extracción minera		1,155	1,155
231	Pastos limpios	2,398	2,486	0,088
233	Pastos enmalezados	2,339	1,969	-0,37
242	Mosaico de pastos y cultivos	2,484	3,526	1,042
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2,682	2,774	0,092
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	2,369	2,244	-0,125
245	Mosaico de cultivos con espacios naturales	2,098		-2,098
311	Bosque denso	9,762	11,119	1,357
313	Bosque fragmentado	2,376	2,464	0,087
321	Herbazal	2,479	2,45	-0,029
322	Arbustal	2,476	2,521	0,045
323	Vegetación secundaria o en transición	2,563	3,772	1,209
331	Zonas arenosas naturales	2,188	2,032	-0,156
333	Tierras desnudas y degradadas	3,292		-3,292
411	Zonas pantanosas	2,039	2,25	0,211
511	Ríos (50 m)	40,731	36,137	-4,594
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	2,999	3,01	0,01

Figura 10. Comparación Media de la Relación Perímetro-Área Ponderada por Área (AWMSI) entre el año 2002 y el año 2018.



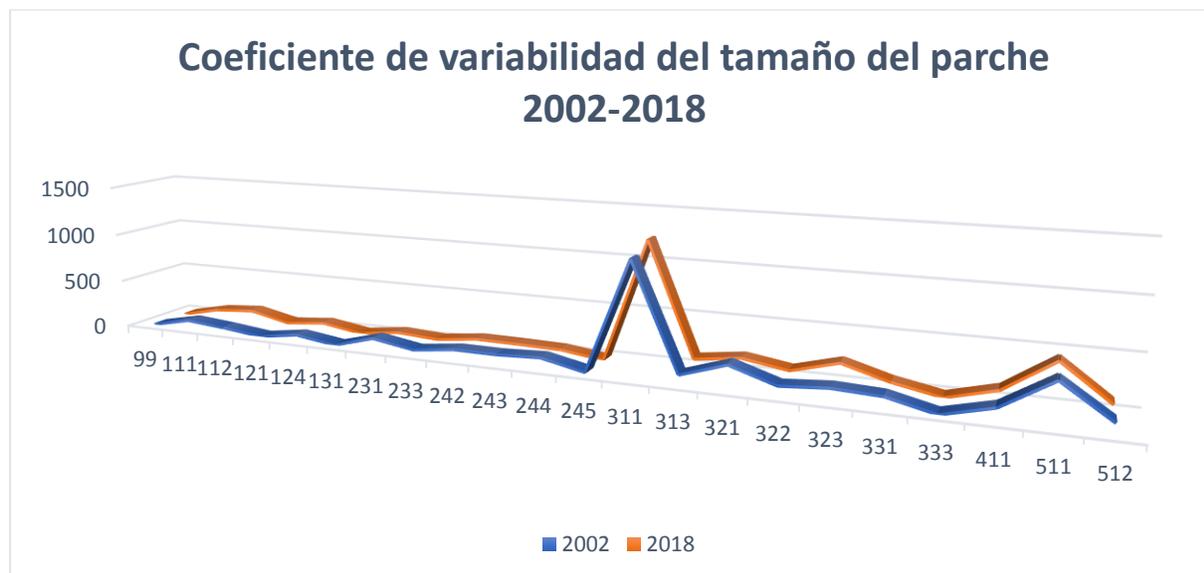
Teniendo en cuenta los valores de Media de la Relación Perímetro-Área Ponderada por Área (AWMSI) cercanos a 1 (ver tabla 9), se evidencia menor irregularidad relacionado a la forma en la cobertura de tejido urbano discontinuo en el 2002 pero aumenta en el 2018. La cobertura de zona de extracción minera es la de menor anomalía en su figura en el periodo de 2018. (ver Figura 10) (McGarigal & Marks, 1995)

Tabla 10. Coeficiente de variabilidad del tamaño del parche (PSCOV)

Código	Cobertura	2002 PSCov	2018 PSCov	Diferencia
99	Sin información	0		0
111	Tejido urbano continuo	85,147	87,705	2,558
112	Tejido urbano discontinuo	48,639	118,985	70,346

121	Zonas industriales o comerciales		27,207	27,207
124	Aeropuertos	59,8	67,161	7,361
131	Zona de extracción minera		0	0
231	Pastos limpios	115,083	53,312	-61,771
233	Pastos enmalezados	43,905	26,321	-17,584
242	Mosaico de pastos y cultivos	93,686	73,74	-19,946
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	91,195	68,544	-22,651
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	109,814	58,63	-51,184
245	Mosaico de cultivos con espacios naturales	15,238		-15,238
311	Bosque denso	1140,6	1229,14	88,545
313	Bosque fragmentado	93,006	108,674	15,668
321	Herbazal	239,803	167,871	-71,932
322	Arbustal	94,463	97,043	2,58
323	Vegetación secundaria o en transición	128,57	219,825	91,255
331	Zonas arenosas naturales	107,832	88,587	-19,245
333	Tierras desnudas y degradadas	0		0
411	Zonas pantanosas	117,259	121,743	4,485
511	Ríos (50 m)	409,791	438,869	29,078
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	102,2	103,541	1,342

Figura 11. Coeficiente de variabilidad del tamaño del parche (PSCOV) entre los años 2002 y 2018.



Coeficiente de variabilidad del tamaño del parche (PSCOV) nos permite verificar la variabilidad de tamaños entre los parches, en lo que se observa que se tiene valores altos (ver Figura 11), aunque comparando los valores entre el año 2018 y el año 2002 se puede observar tamaño homogéneo del paisaje en la cobertura de bosques fragmentados, Mosaico de cultivos con espacios naturales, tejido urbano discontinuo y en el caso de la zona de extracción minera, Tierras desnudas y degradadas solo existe un parche por lo tanto su valor es 0 (ver Tabla 7).

7.2 CAMBIO DE COBERTURA DE LA TIERRA

A partir de superposición de capas se obtuvo los siguientes valores pertenecientes a las áreas que evidenciaron cambio de coberturas entre el año 2002 y año 2018.

Tabla 11. Área (Hectáreas) de cambio coberturas de la tierra entre los años 2002 y 2018

CODIGO COBERTURA	2018																		Total general		
	111	112	121	124	131	231	233	242	243	244	311	313	321	322	323	331	411	511		512	
99											72,2									72,2	
231	9,8	139,8		3,9	10		187,3	87,8	402,5	184,2	33,4				2390,3				90,2	3539,3	
233		18,3	6,7			36,0		11,4	12,9	10,2					429,4				21,2	546,2	
242	3,5	18,4							562,8	58,0					2332,8				28,3	3003,8	
243	215,4	396,6	9,7	10,8		114,8	1,0	131,0		186,4	239,5	164,1			12295,8	2,4			478,3	14245,9	
244		3,2								689,7	12,7	190,4			1722,9				58,0	2676,9	
245															107,0					107,0	
311		29,2		24,3		126,6	22,0	35,9	5644,9	680,4		25677,7	3212,3	30,5	34017,4	79,2	114,2	4115,2	210,7	74020,5	
2002 313		84,0				24,9		7,4	1020,3	58,3	3763,3				5268,3	1,1			203,1	10430,8	
321				11,5		40,6			86,5	17,3	10443,3	69,2			304,2	83,9	20,5	383,2	80,6	11540,9	
322											5,8	708,9			783,4				5,2	1503,3	
323	16,9	80,2		27,8		114,5	32,7	118,3	2465,8	170,3	10298,9	3122,1	166,2			21,8	85,9	553,4		17274,8	
331											552,1	9,8	570,4	34,2	913,9		380,5	3005,5	46,6	5513,0	
333															131,8					131,8	
411																				17,7	17,7
511									81,4	4,8	1149,9	51,0	615,1	53,3	2289,7	3537,8	33,0			7815,8	
512											125,3		32,9		12,2	94,0	114,8	32,8		412,1	
Total general	245,5	769,8	16,4	78,3	10	457,4	242,9	391,8	10967,0	1375,8	27399,6	29284,3	4597,0	249,8	62867,3	3820,2	749,0	8974,4	355,5	152852,2	

Teniendo en cuenta los valores obtenidos (ver Tabla 11) se evidencia el mayor cambio de coberturas sobre el bosque denso (311) en el año 2002 a Bosque fragmentado (313) en el año 2018 con un valor de 25677.7 hectáreas, bosque denso (311) en el año 2002 a cobertura de vegetación secundaria o en transición (323) con un cambio de 34017.4 hectáreas. Teniendo cuenta el área total con cambio de cobertura de la tierra de 152852.2 hectáreas se obtiene que solo el 1.40 % comparando con el área total de estudio con un valor de 10929535,18 hectáreas.

Figura 12. Mapa de cambios de cobertura Municipios de Leticia, Puerto Nariño y el Encanto.

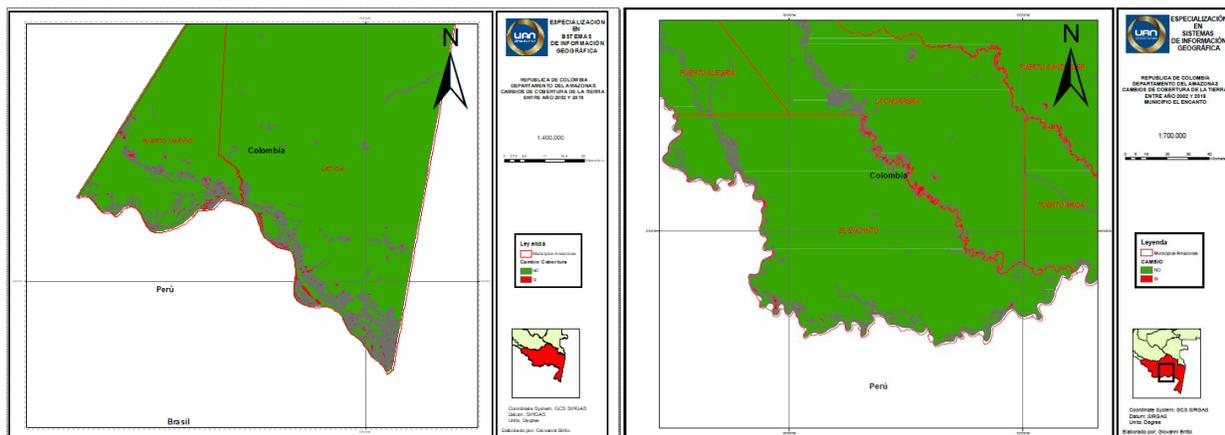


Figura 13. Mapa de cambios de cobertura Municipios de la Chorrera y la Pedrera.

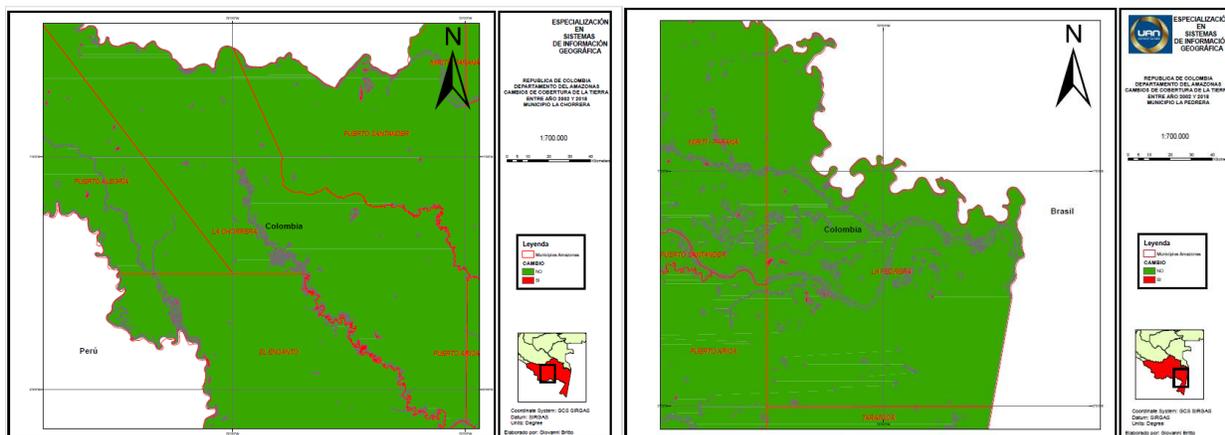


Figura 14. Mapa de cambios de cobertura Municipios de la Victoria y Puerto Arica.

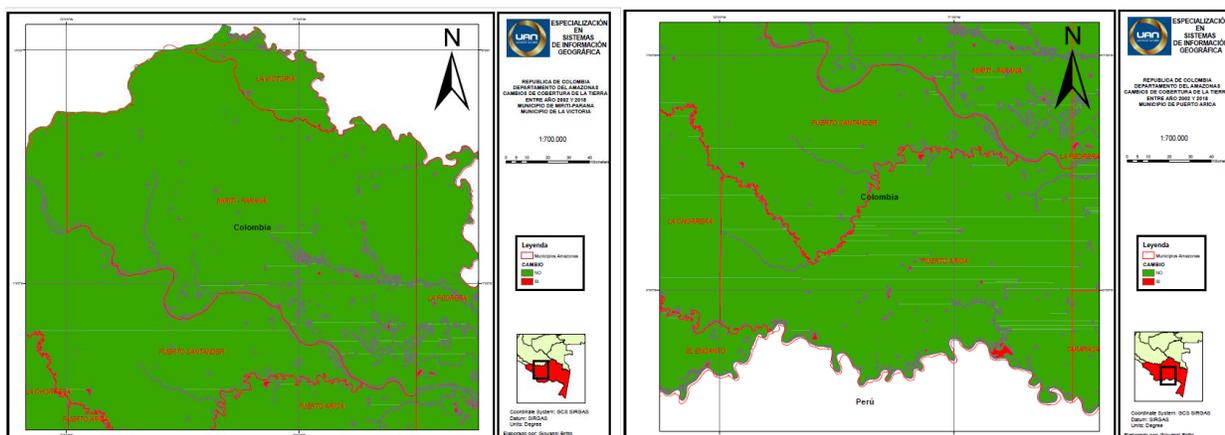
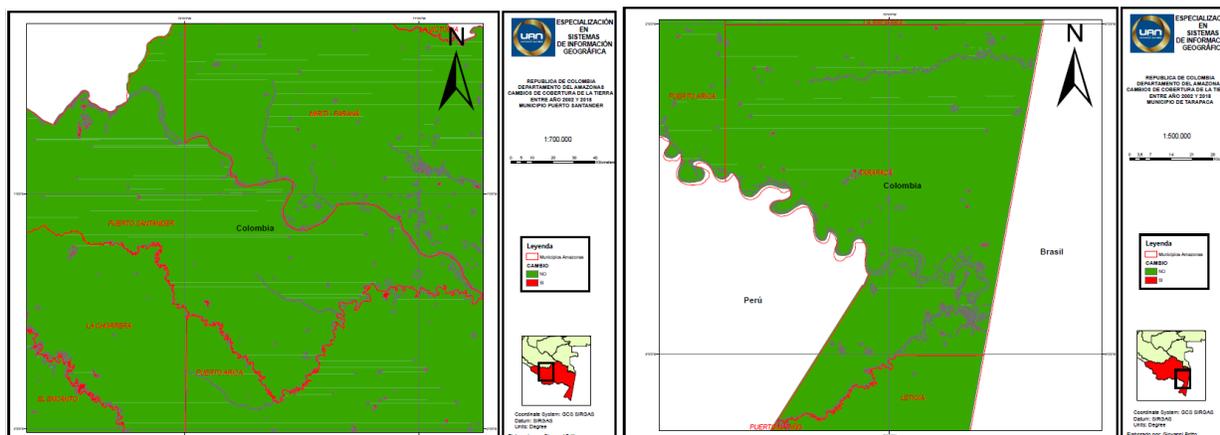


Figura 15. Mapa de cambios de cobertura Municipios de Puerto Santander y Tarapacá.



8 CONCLUSIONES

En el proceso de identificación de las coberturas de la tierra entre el año 2002 y el año 2018 se encontró que los datos analizados presentan un aumento en el número total de parches con una diferencia de 887 parches, cambios de coberturas entre cada uno de los periodos anulando la clase sin información, Tierras desnudas y degradadas y Mosaico de cultivos con espacios naturales en el año 2002.

Para el año 2018 surgen las coberturas de zona de extracción minera, y zonas industriales o comerciales pertenecientes a la categoría de territorios artificializados.

La cobertura predominante del departamento del Amazonas es el Bosque denso en un área correspondiente a un 96 % con respecto al área total en cada uno de los periodos analizados.

La cobertura de bosque denso presenta una disminución en su área de 2925.99 hectáreas (0.44%) mostrando pérdida de bosque entre el año 2002 y el año 2018, existe un aumento en coberturas de tejido urbano continuo y discontinuo observando un fenómeno de expansión urbana, de la misma manera la vegetación secundaria o en transición presenta un aumento significativo.

Existen estructuras de paisaje fragmentado a partir de los valores cuantitativos, teniendo en cuenta que en la limitación de coberturas a nivel departamental se encuentran áreas muy pequeñas en algunas coberturas de la tierra y de la misma manera las características biofísicas del departamento en la cual existe un gran porcentaje de corrientes hídricas y pluviales, generan este mismo efecto de fragmentación paisajística.

9 RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer seguimiento a partir de los datos desarrollados en esta investigación a una escala cartográfica mediana permitiendo hacer un análisis mas detallado teniendo en cuenta la fragmentación de las coberturas y los efectos de la expansión urbana visualizada, la zona de extracción minera y los cambios de coberturas que se reflejan a partir del análisis temporal realizado teniendo en cuenta la estructura paisajística reflejada.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Caro, C. A. (2010). *Identificación de áreas prioritarias de conservación enfocadas hacia la conectividad estructural del corredor Encenillo (Municipios de La Calera, Guasca, Sopo, Sesquilé, Guatavita), Cundinamarca*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Aguilera Benavente, F. (2010). Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. *Anales de la geografía de la Universidad Complutense*, 9-29.
- Aguilera Benavente, F., & Botequilha Leitao, A. (2012). Selección de métricas de paisaje mediante análisis de componentes principales para la descripción de los cambios de uso y cobertura del suelo del algarve, Portugal. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 93-121.
- Alarcon Jimenez, L. (2017). *Análisis de fragmentación y conectividad ecológica entre relictos de cobertura vegetal asociada al área de influencia del río Cravo sur en el municipio de Yopal - Casanare - Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- CEPAL. (2013). Obtenido de Cepal y Patrimonio Natural. 2013. Amazonia posible y sostenible.: https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/amazonia_posible_y_sostenible.pdf
- IDEAM. (2010). *Escala 1:100.000, Leyenda nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Instituto SINCHI. (24 de mayo de 2021). *Datos Abiertos - Instituto SINCHI*. Obtenido de Datos Abiertos - Instituto SINCHI : <https://datos.siatac.co/pages/coberturas>
- Malfetoni Ferreira, I. J., Delconte Ferreira, J. H., Alves Bueno, P. A., Vieira, L. M., Oliveira Bueno, R., & do Couto, E. V. (2018). *Spatial dimension landscape metrics of Atlantic Forest remnants in Paraná State, Brazil*. Maringá: Universidade Estadual de Maringá.
- McGarigal, k. (2002). *Fragstats User Guidelines Versión 3*. Amhers: University of Massachusetts.
- McGarigal, K., & Marks, B. (1995). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. Portland, OR: U.S.: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest.
- Meza Elizalde, M. C., & Armenteras Pascual, D. (2018). Uso del suelo y estructura de la vegetación en paisajes fragmentados en la Amazonia, Colombia. *Colombia forestal*, 205-223.
- Monedero, C., & Gutiérrez, M. (2001). Análisis cuantitativo de los patrones espaciales de la cobertura vegetal en el geosistema montañoso tropical El Ávila. *ECOTROPICOS 14*, 19-30.

- Murcia Garcia, U. G., Medina Lozano, R. M., Rodríguez Rondón, J. M., Hernández Anzola, A. M., Herrera Rodríguez, E. V., & Castellanos Quiroz, H. O. (2014). *Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia Colombiana a escala 1:100000, Cambios multitemporales 2002 al 2012, con énfasis en el periodo 2007-2012*. Bogotá D.C.: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI".
- Ruiz Linarez, J., Mendoza Mora, M. A., & Chaparro Torres, F. A. (2014). *Dinámica de las métricas de paisaje, deforestación y sucesión en el bosque seco tropical en la isla de Providencia, Colombia entre 2005 Y 2009*. Tunja: Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia - Uptc -.
- Ruiz, S. L., Sanchez, E., Tabarez Villareal, E., Prieto, A., Arias, j., Gomez, R., . . . Chaparro, S. (2007). *Diversidad biológica del sur de la Amazonia colombiana-Diagnostico*. Bogotá: Corpoamazonia, Instituto Humboldt, Instituto Sinchi, UAESPNN.
- salazar, E., Mendoza, J., Ochoa-Gaona, S., Ku-Quej, V., & Hidalgo-Mihart, M. (2017). Evaluación de la conectividad del paisaje en la región Puuc-Chenes, México, con base en los requerimientos de hábitat del jaguar (*Panthera onca*). *Investigaciones Geográficas*, 101-115.
- Sánchez Flores, E., Granados Olivas, A., Chavez, J., Villegas Martinez, M., & Mendoza Terrazas, R. (2011). *Crecimiento urbano y configuración, Evaluación de los cambios en el uso y cobertura del suelo y su relación con la dinámica espacio-temporal del paisaje en la zona de expansión urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua*. Ciudad Juarez: Universidad Autonoma Ciudad Juarez.
- Troll, C. (2003). Ecología del paisaje. *Gaceta Ecologica*, 71-84.
- Vila Subirós, J., Varga Linde, D., Llausàs Pascual, A., & Ribas Palom, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Documents d' Analisi Geogràfica*, 151-166.
- Zhang, Q., Ban, Y., Sha, Q., & Hu, Y. (2008). Analysis of landscape dynamics in Shanghai using landscapemetrics: Effects of spatial resolutions. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 301-306.