



**Análisis Multitemporal y de Fragmentación de la Cobertura de Bosque en el
Municipio de San Jacinto, Bolívar**

Erika Adriana García Arévalo

Código: 11792021764

Daniel Fabián Buitrago Molina

Código: 11792025577

Universidad Antonio Nariño

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C., Colombia

2022

**Análisis Multitemporal y de Fragmentación de la Cobertura de Bosque en el
Municipio de San Jacinto, Bolívar**

Erika Adriana García Arévalo, Daniel Fabián Buitrago Molina

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

Director:

Andrés Felipe Carvajal Vanegas, Dr.

Universidad Antonio Nariño

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C., Colombia

2022

Contenido

	Pág.
1. Resumen	5
2. Abstract	6
3. Introducción	7
4. Objetivos	9
4.1 Objetivo General.....	9
4.2 Objetivos Específicos	9
5. Marco Teorico.....	10
5.1 Estado del Conocimiento.....	12
5.1.1 <i>Nivel internacional</i>	12
5.1.2 <i>Nivel nacional</i>	14
6. Metodología	16
6.1 Área de estudio	16
6.1.1 Fase I.....	18
6.1.2 Fase II	20
6.1.3 Fase III.....	21
7. Resultados y Discusión	22
7.1 Análisis multitemporal	22
7.1.1 Coberturas de la Tierra Año 2015	22
7.1.2 Coberturas de la Tierra Año 2022	24
7.1.3 Análisis cobertura Bosque	28
7.2 Análisis de Fragmentación	29
7.2.1 Fragmentación año 2015	29
7.2.2 Fragmentación año 2022	30
8. Conclusiones.....	31
9. Referencias Bibliograficas	33

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Localización del municipio de San Jacinto</i>	17
Figura 2 <i>Esquema de metodología realizada</i>	18
Figura 3 <i>Imágenes Procesadas</i>	20
Figura 4 <i>Coberturas de la Tierra año 2015</i>	24
Figura 5 <i>Coberturas de la Tierra Año 2022</i>	26
Figura 6 <i>Ganancia o Pérdida de coberturas de la tierra</i>	27
Figura 7 <i>Comparación Bosque 2015 vs 2022</i>	29

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Índices de Fragmentación</i>	21
Tabla 2 <i>Coberturas de la Tierra Año 2015</i>	23
Tabla 3 <i>Coberturas de la Tierra Año 2022</i>	25
Tabla 4 <i>Análisis Multitemporal para las coberturas presentes en el área de estudio</i>	27
Tabla 5 <i>Análisis Métricas de Fragmentación 2015</i>	30
Tabla 6 <i>Análisis Métricas de Fragmentación año 2022</i>	31

1. Resumen

En este trabajo, se hizo una identificación de las coberturas presentes en el Municipio de San Jacinto en el Departamento de Bolívar, esto con apoyo en dos imágenes satelitales Sentinel 2 de los años 2015 y 2022, mediante clasificación supervisada y un análisis de fragmentación. se realizó análisis de cambios en la cobertura boscosa que se han presentado en el municipio, principalmente después de la firma del acuerdo de paz en Colombia, además de identificar cuáles son las coberturas que presentan mayor susceptibilidad a intervención antrópica. Encontrando que para el año 2015 las coberturas naturales ocupaban el 54,29% del área total del municipio, mientras que para el año 2022 esta ocupación disminuye representando el 43,48% del municipio, lo que indica que aunque las coberturas naturales y semi naturales presentan alta representatividad en el municipio la cobertura de bosque aporta poco porcentaje de área al total con 3.3%.

El municipio ha tenido muchos cambios en los últimos años identificándose principalmente la pérdida de coberturas naturales y seminaturales en magnitudes importantes. Por ejemplo la cobertura boscosa disminuyó para el período de análisis 2054,48 hectáreas especialmente por el aumento de las actividades agrícolas en el municipio.

Por otra parte, en el análisis de fragmentación se identificó el índice de área core (CAI) para el año 2015 y 2022 donde se encontró que la vegetación secundaria está con un mayor valor (61,8) para 2015; mientras la cobertura de arbustales es la de mayor valor (76,45) en el análisis del año 2022.

2. Abstract

In this work, was made an identification of the coverage present in the Municipality of San Jacinto, Bolívar's Department, supported by two Sentinel 2 satellite images from the years 2015 and 2022, through supervised classification and a fragmentation analysis. An analysis of changes in the forest cover that have occurred in the municipality was carried out, mainly after the signing of the peace agreement in Colombia, in addition to correctly identifying the covers that present greater susceptibility to anthropic intervention. Finding that for the year 2015 the natural covers occupied 54.29% of the total area of the municipality, while for the year 2022 this occupation decreased representing 43.48% of the municipality, which indicates that although the natural and semi-natural covers presenting high representativeness in the municipality, the forest cover contributes little percentage of area to the total with 3.3%.

The municipality has had many changes in recent years, mainly identifying the loss of natural and semi-natural coverage in important magnitudes. For example, the forest cover decreased by 2,054.48 hectares during the analysis period, especially due to the increase in agricultural activities in the municipality.

On the other hand, in the fragmentation analysis, the core area index (CAI) was identified for the year 2015 and 2022, where it was found that the secondary vegetation has a higher value (61.8) for 2015; while the coverage of shrublands is the one with the highest value (76.45) in the analysis of the year 2022.

3. Introducción

La deforestación en Colombia ha tenido cifras relevantes en los últimos años, en términos generales, según un estudio realizado por Guerrero Mateus, (2019) asegura que durante el período comprendido entre los años 1990 y 2016 se han perdido aproximadamente 6 millones de hectáreas de cobertura boscosa gracias a la deforestación, lo cual representa un problema ambiental grave para el país, contribuyendo en gran medida al calentamiento global. Bolívar es considerado entre los departamentos con mayor cantidad de hectáreas de bosque deforestadas producto de incendios forestales, encontrándose en el noveno lugar entre los departamentos que presentan esta característica en el año 2016 (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2016) Uno de los municipios donde se puede evidenciar esta problemática dentro del departamento de Bolívar es San Jacinto, localizado al noroccidente del departamento, en su contexto histórico corresponde a un municipio donde las actividades mencionadas han sido desarrolladas constantemente por diferentes actores, inclusive por la demanda de madera del sector artesanal (Consejo Territorial de Planeación San Jacinto, 2016) Además este municipio se encuentra dentro de los municipios focalizados para los programas de desarrollo con enfoque territorial (PDET) lo cual posiblemente contribuye o cambie la dinámica del municipio.

Debido a esta problemática se hace necesario el constante monitoreo y análisis de los cambios que se puedan presentar en la cobertura de boscosa. Actualmente se cuenta con diversas herramientas cartográficas que permiten cuantificar y dimensionar las dinámicas del territorio e identificar motores de cambio originados de manera natural o de carácter antrópico. Además, es importante hacer un análisis basado en el impacto que pudo

tener el acuerdo de paz para esta problemática dentro del municipio ya que como fue mencionado anteriormente el mismo es catalogado como municipio PDET lo que puede mostrar cambios y diferencias en las dinámicas socioculturales.

Específicamente en el desarrollo de este documento se procuró identificar los cambios en cobertura boscosa del municipio de San Jacinto en dos momentos, haciendo uso de imágenes satelitales. También, se pretendió a realizar un análisis de fragmentación que permita visualizar un antes y un después del estado de los bosques teniendo como referencia la firma del acuerdo de paz en el año 2016.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Evaluar los cambios en la cobertura boscosa en el municipio de San Jacinto, Bolívar, mediante un análisis multitemporal para los años 2015 y 2022, aunado a un análisis de fragmentación de las coberturas boscosas para los años mencionados.

4.2 Objetivos Específicos

- Identificar el estado de las coberturas boscosas del municipio, para los años 2015 y 2022.
- Analizar el cambio de las coberturas boscosas entre los años 2015 y 2022.
- Analizar los índices de fragmentación para las coberturas presentes en los años 2015 y 2022 en el municipio.

5. Marco Teorico

Los estudios terrestres y satelitales indican que la deforestación a nivel tropical define condiciones cálidas y secas a escala local. Los modelos generales evidencian que la deforestación completa de los trópicos podría resultar en un calentamiento global equivalente al causado por la quema de combustibles fósiles desde 1850 (Lawrence, 2014)

El mecanismo de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD +) está diseñado para detener o reducir drásticamente la deforestación tropical. Este mecanismo tiene el potencial de reforzar los esfuerzos para conservar los hábitats de especies en peligro de extinción, particularmente fuera de las áreas protegidas (Dinertein, 2013)

Asimismo, la clasificación multispectral de imágenes permite obtener información temática de imágenes satelitales de manera semiautomática (Franco & Rodríguez, 2005), de igual manera se han utilizado varios enfoques para monitorear los cambios en la cobertura del suelo, como la clase de cobertura del suelo, matrices de cambio derivadas de mapas de clasificación bitemporales rígidos o cambios con categorizaciones con árboles de decisión utilizando índices espectrales y reflectancia superficial (Ryo, Zhiben, Peng, & Bing, 2012).

El análisis multitemporal de atributos ecológicos en la escala regional es fundamental para comprender la dinámica de los paisajes naturales; el análisis espacial y de variaciones temporales de las características del paisaje, como vegetación y clima, es necesario para comprender modificaciones en la estructura del paisaje resultantes de efectos de cambio de uso de la tierra, deforestación y perturbación (Mora & Iverson, 1997)

A nivel de ecología del paisaje existen métodos cuantitativos los cuales determinan la forma, la superficie, el número y disposición de los elementos que integran un paisaje; con esta información se pueden conocer las características morfológicas del paisaje además de los procesos ecológicos y condiciones de determinada área de estudio (Vila Subirós et al., 2006)

De igual manera, la fragmentación hace referencia al cambio de la conectividad del ambiente. De las actividades Humanas este es el suceso que más impacto tiene sobre la flora y fauna, lo que conlleva a la pérdida de hábitat y biodiversidad (Mcgarigal, n.d.) . También corresponde a la ruptura de un hábitat anteriormente conectado que resulta en un mayor aislamiento medio de los parches de hábitat dispersos dentro una matriz desfavorable, siendo el principal resultado un impedimento para la migración entre estos parches y, por tanto, al flujo de genes. Esto puede incluir o no, una pérdida significativa de hábitat. Este punto es importante ya que las implicaciones negativas de la fragmentación del hábitat han se han mezclado con los de la pérdida de hábitat, y se ha demostrado que la pérdida de hábitat es mucho más perjudicial que la fragmentación propiamente (Habel & Zachos, 2012).

La forma de los fragmentos permite identificar y analizar si predomina la influencia natural o antrópica en el territorio, cuando existen mayormente formas irregulares y curvilíneas se presume el dominio de las condiciones naturales, así mismo las formas rectilíneas se encuentran cuando hay dominio antrópico (Vila Subirós et al., 2006)

5.1 Estado del Conocimiento

A través del tiempo se han realizado diferentes investigaciones relacionadas con el análisis del cambio de cobertura vegetal en diferentes periodos, por lo cual a continuación se comentan algunos estudios que trataron dicha temática.

5.1.1 *Nivel internacional*

A nivel internacional se han realizado estudios al respecto, donde se ha encontrado mayormente estudios en centro y sur América. En Bolivia (Condori luna et al., (2018) realizaron un análisis multitemporal de la cobertura boscosa en la subcuenca del río Coroico - provincia Caranavi en los años 1989 – 2014, encontrando que en las zonas bajas tiende a existir mayores superficies deforestadas, siendo causantes la agricultura mecanizada y la ganadería, además, el crecimiento del área urbana tuvo un aumento de hasta 3 veces de lo que había en 1989, siendo esto también una causa en gran parte de la deforestación.

Además, en Honduras Martínez García, (2002) , hizo un análisis multitemporal de la cobertura vegetal de la Reserva Biológica de Yuscarán, El Paraíso. Tesis en la que se concluyó que una de las principales causas de deforestación es la concurrencia de incendios, la industria de agricultura y la extracción de madera principalmente ilegal. Además, recomiendan realizar estudios con intervalos más cortos de tiempo ya que no es fácil identificar los años o el intervalo de tiempo con mayor tasa de deforestación.

En Cuba Fernández Figueredo et al., (2020) realizaron un análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en el área de manejo "Los Números" Guisa, Granma donde se evidenció que en la categoría bosques, las formaciones Pluvilsilva de Montaña y Pinar fueron las más características y, en la categoría arbustivo, la formación semicaducifolio, siendo estas especies las que mas influyen en la recuperación de la cobertura bosque en los métodos de reforestación hechos en el período analizado.

Por otra parte, se encontraron algunos artículos respecto a los análisis de fragmentación, como es el caso de León Alfaro, (2019) que realizó análisis de fragmentación y conectividad del bosque en la subcuenca del río Tapezco, Costa Rica: conectando el bosque para proteger el agua. Allí se concluyó que para este estudio hay usos que generan mayor fragmentación como lo son los cultivos hortícolas, luego los pastos, pastos con árboles dispersos y, en menor proporción, los usos urbanos que normalmente se localizan a lo largo de las vías.

Finalmente en México Chapa Bezanilla et al., (2008) realizó un estudio multitemporal de fragmentación de los bosques en la Sierra Fría, Aguascalientes. Donde compararon el área que cada tipo de bosque ocupaba en tres fechas diferentes y encontraron un incremento de bosque de táscate, pino y encino, entre los años 1956 y 1993, llegando a la conclusión de que los cambios en la superficie y el grado de fragmentación no fueron muy relevantes, lo que muestra que el aprovechamiento de estos recursos es semejante a la de recuperación

5.1.2 Nivel nacional

En el año 2010, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM- y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC-, establecieron para el país el marco metodológico para interpretación de coberturas de la tierra a escala 1:100000, mediante la interpretación de imágenes de sensores remotos.

Para esto, se utilizó la metodología CORINE (Coordination of Information on the Environmental) Land Cover –CLC-, adaptada para el país, la nomenclatura CLC es basada principalmente en atributos fisonómicos (forma, tamaño, color, textura y patrón) de los objetos del paisaje (natural, modificado - cultivado y artificial) y relaciones espaciales de los objetos del paisaje (Habel & Zachos, 2012)

Una particularidad importante de la metodología CLC es el uso de una leyenda jerárquica, la cual identifica tipos de cobertura las cuales se discriminan principalmente por condiciones físicas y fisionómicas, organizada en niveles, que permiten agregar datos a nivel nacional o, desagregarlos, para trabajar a nivel departamental o municipal.

En Colombia varias investigaciones han abordado el tema de los análisis multitemporales para la determinación de coberturas vegetales, por ejemplo, Flórez Yepes et al., (2017) realizaron un análisis de cobertura vegetal en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales. Los resultados allí mostrados notan que los mayores impactos son producidos por la ganadería, la ampliación de actividades agrícolas y pecuarias ha ocasionado la pérdida de bosques, a pesar de que se han desarrollado proyectos de restauración ecológica.

En este mismo año Chaparro López, (2017) analizó los cambios en la cobertura vegetal de Paz de Ariporo, Casanare mediante el uso de sistemas de información geográfica, encontrando que en la mayor parte del municipio hay deforestación, además los bosques en el piedemonte han sido reducidos en su extensión y han cambiado, siendo ahora mosaicos de pastos y cultivos, las zonas que tienen cambios perjudiciales para el ambiente normalmente son las que han tenido modificaciones antrópicas y las áreas protegidas se han conservado en el norte, y han sido afectadas al sur.

Por otra parte, Acuña Ortiz, (2018) realizaron un análisis multitemporal de áreas boscosas naturales a partir del NDVI, y la influencia de las actividades antrópicas en el área límite entre Colombia y Ecuador, donde como resultado se nota una disminución las áreas naturales debido a actividades antrópicas de las, así mismo, la calidad de la vegetación disminuye dentro de las áreas boscosas, es evidente la existencia de una mayor intervención al costado colombiano, pues el incremento de coberturas antrópicas presenta un aumento 74,04 ha, mientras que, en el caso del territorio ecuatoriano, la masa boscosa presentó un decrecimiento, y el territorio antrópico tiene un total de 915,51 ha entre las dos épocas estudiadas.

En el año 2019 Calderón Hernández & Salamanca Carvajal, (2019) estudiaron el cambio de cobertura vegetal y su influencia en la generación de caudales pico de la cuenca sardinata, del departamento de Norte de Santander, donde se evidenció que, con el análisis multitemporal e identificación del cambio de coberturas del suelo, se puede inferir que la variación de algunas coberturas influye en la generación de escorrentía en la cuenca.

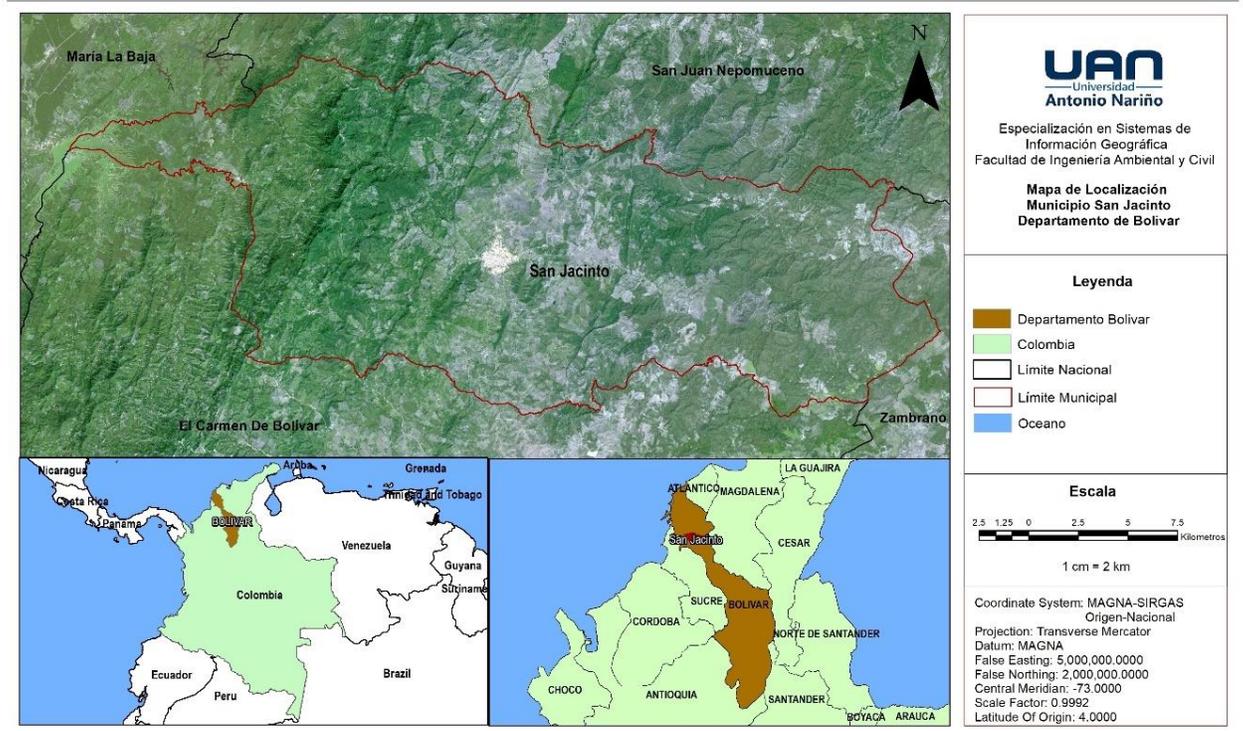
Asimismo, entre los estudios de fragmentación realizados en nivel nacional, en el año 2015 Galván-Guevara et al., (2015) , determinaron de la fragmentación del bosque seco del arroyo Pechelin en los Montes de María en el Caribe Colombiano, en el cual mediante análisis de imágenes de satélite, los resultados obtenidos determinaron que hay fragmentación en dicho bosque objeto del análisis categorizado como discontinuo, con una forma predominante irregular, en el cual las actividades agropecuarias conducen a una alta fragmentación.

De igual manera, en el reporte sobre la subzona hidrográfica del Río Ariari (ANLA, 2015), los resultados obtenidos determinaron valores de fragmentación “Alta” y “Muy Alta”, en los cuales se evidencia una tendencia incremental en el grado de fragmentación, lo cual de acuerdo al estudio puede ocasionar un cambio en la estructura, composición y función del componente boscoso, en áreas, que de acuerdo a los instrumentos de ordenación son consideradas suelos de conservación.

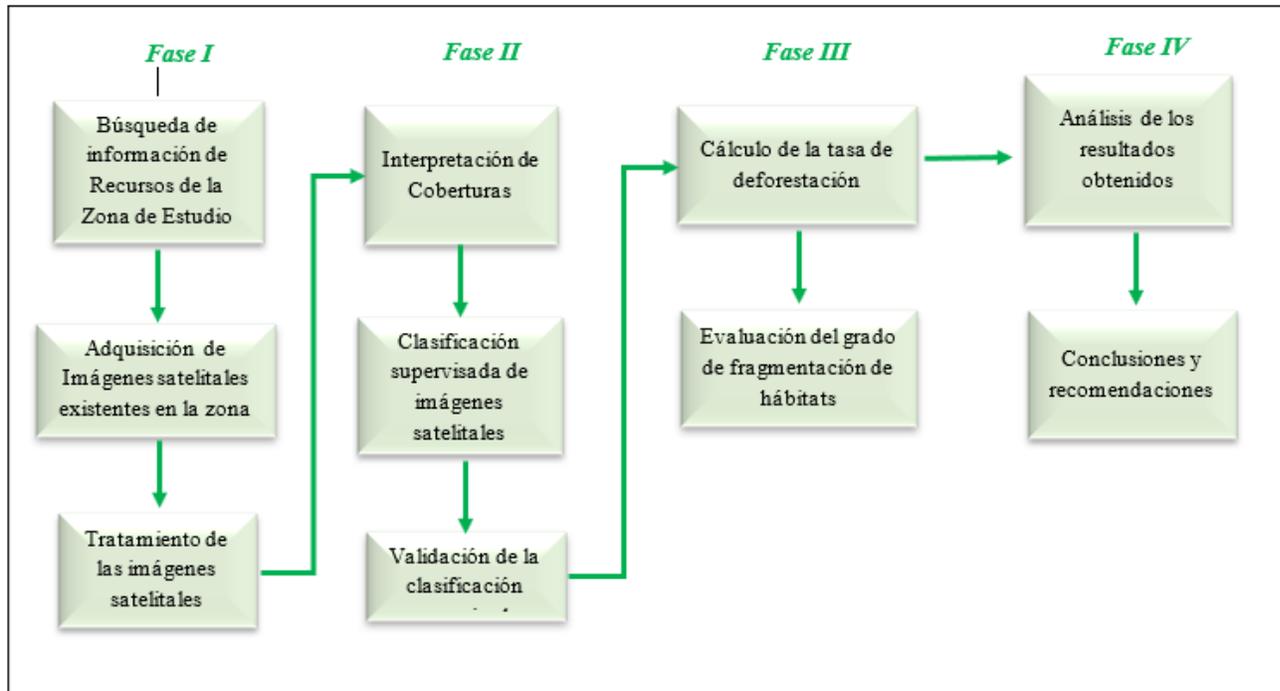
6. Metodología

6.1 Área de estudio

El municipio de San Jacinto está localizado en el departamento de Bolívar, con una extensión de 462 km². Este municipio limita en el norte con el municipio de San Juan de Nepomuceno, al sur con el municipio El Carmen de Bolívar, al oriente con el municipio de Zambrano y por el occidente con el municipio de María la Baja, está compuesto por siete (7) corregimientos y trece (13) veredas, Además de ser parte de la región de los Monte de María (Figura 1)

Figura 1*Localización del municipio de San Jacinto*

Para lograr los objetivos de este proyecto se realizó la metodología se desarrollaron cuatro fases (Figura 2)

Figura 2*Esquema de metodología realizada*

En cada una de estas fases se realizaron las actividades descritas a continuación:

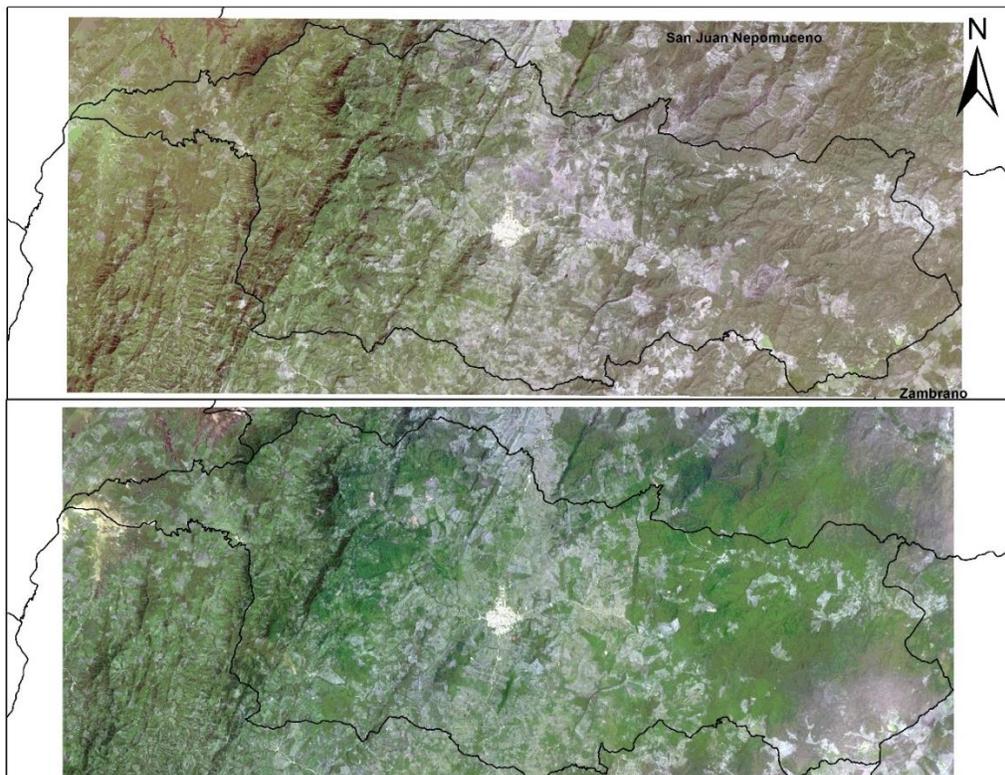
6.1.1 Fase I

Adquisición de Imágenes satelitales existentes en la zona a través de EarthExplorer de la USGS, teniendo como insumo las imágenes SENTINEL-2 de los años 2015 y 2022.

- Tratamiento de las imágenes satelitales: Se obtuvo dos imágenes cuyas bandas se encuentran por separado, las imágenes Sentinel 2 tienen bandas con diferente resolución espacial, las bandas 2,3,4 y 8 tienen una resolución espacial de 10 metros, mientras las bandas 5,6,7,11 y 12 tienen una resolución de 20 metros, primero se procedió a unir las bandas de 10 metros de resolución en el orden mencionado anteriormente y se realizó el mismo proceso para las bandas de 20 metros de resolución. A este punto se tienen 2 imágenes por separado para el año 2015, por lo que se procedió a realizar el proceso de proyección y rescalamiento para poder tener las dos imágenes a 8 bits y de esta forma hacer más ligero el proceso de corrección. Una vez realizado esto se realizó el proceso de pansharpening para poder mejorar la resolución de las bandas de 20 metros a 10 metros, como las imágenes Sentinel 2 no poseen banda pancromática se realizó el proceso con la banda número 8 que la que mejor detalle tiene.

Cuando se obtuvo la corrección antes mencionada se procedió a la unión de las dos imágenes, por una parte, la imagen con las bandas 2,3,4 y 8 luego de todos los procesos de alistamiento mencionados, y la imagen con las bandas 5,6,7,11 y 12 una vez corregida con pansharpening. De esta forma se tuvo una sola imagen de 9 bandas con la cual es posible iniciar el proceso de clasificación, de igual forma se realizó el proceso con la imagen del año 2022

Finalmente, se realizó un recorte de la zona de estudio (Figura 3)

Figura 3*Imágenes Procesadas***6.1.2 Fase II**

- Interpretación de Coberturas: allí se realizó la interpretación visual considerando el reconocimiento de formas, texturas y colores, adicional a patrones particulares de coberturas de bosque.

- Clasificación supervisada de imágenes satelitales: se seleccionaron los polígonos de entrenamiento y se realizó la clasificación.
- Validación de la clasificación supervisada: se realizó la validación de la clasificación para continuar con el análisis de las coberturas, en el cual se llevó a cabo la limpieza de polígonos (micro polígonos), mediante la herramienta Eliminate en el cual se determinó la unidad mínima cartografiada de 1 hectárea.
- Posteriormente, mediante el coeficiente de Kappa se realizó el análisis de confiabilidad de la interpretación realizada en la cual mediante una malla de 30 puntos, para cada temporalidad se verificaron diversos sitios y se corroboró la concordancia de los puntos de referencia y la interpretación de coberturas realizada,

6.1.3 Fase III

- Se realizó una comparación vectorial de las coberturas de la tierra interpretadas, en el cual se obtuvo una capa resultante con la multitemporalidad de los períodos objeto del estudio (2015 – 2022).
- Se llevó a cabo el análisis de fragmentación utilizando como herramienta la aplicación V-LATE, mediante la cual se identifican estructura y distribución de los fragmentos en el paisaje
- Los índices de estado del paisaje utilizados para el estudio de fragmentación fueron de tipo área, forma y área CORE (Tabla 1)

Tabla 1

Índices de Fragmentación

Tipo	Índice	Detalle
AREA	NP	Numero de parches en el paisaje
	CA	Área (ha) por clase
	MPS	Tamaño medio del fragmento(ha)
FORMA	MSI	Media del índice de forma
AREA CORE	NCA	Numero de áreas Core
	TCCA	Total área Core (Ha)
	(CAI):	Índice de área Core (%)

- Evaluación del grado de fragmentación de hábitats: se utilizó la cobertura interpretada en los años 2015 y 2022, y para los índices de fragmentación se cuantifica la estructura y distribución de los fragmentos dentro del área de estudio.

7. Resultados y Discusión

7.1 Análisis multitemporal

7.1.1 Coberturas de la Tierra Año 2015

En el año 2015 se registraron un total de dieciocho (18) coberturas de la tierra, donde se identificaron seis (6) coberturas de carácter natural correspondientes al 54,29 % del área total, es decir, a 24031,74 hectáreas (). En el municipio de San Jacinto se encontró que la cobertura con mayor representatividad fue la vegetación secundaria (

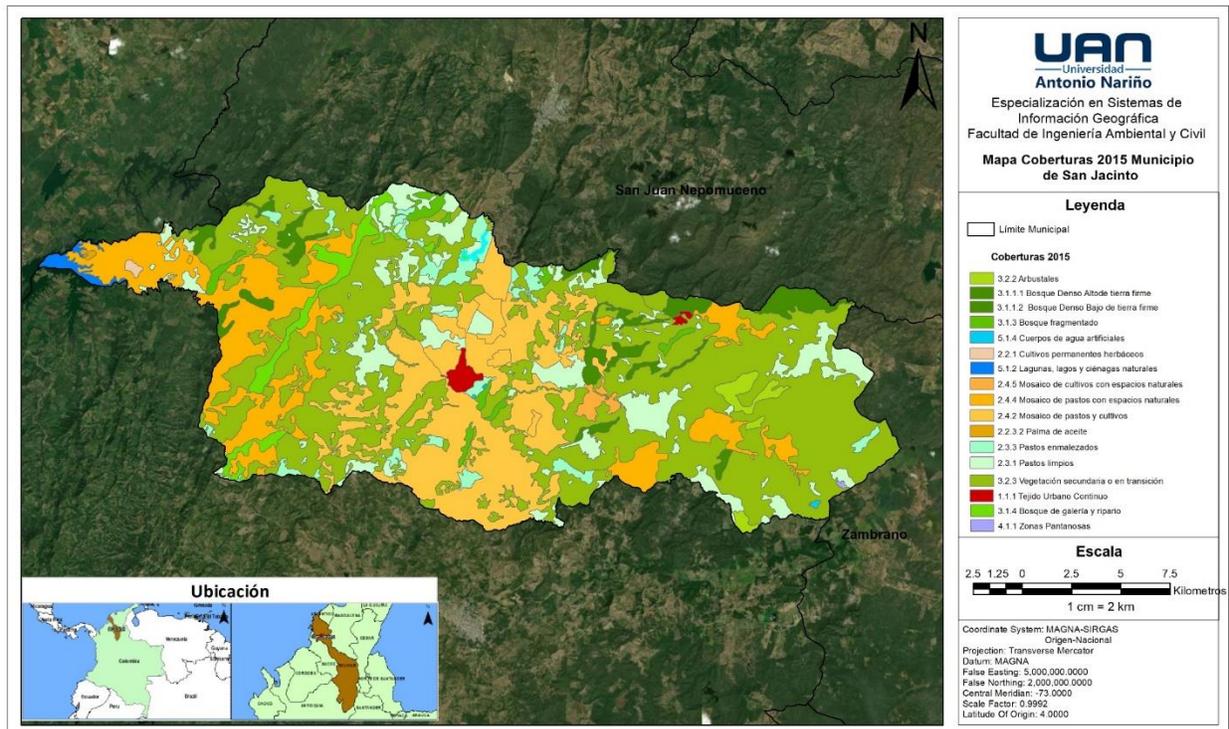
Tabla 2), que ocupó el 45,34% del total del área del municipio correspondiendo a 20071,9 hectáreas, a esta le siguió la cobertura de Mosaico de pastos y cultivos con un 17,79% del área del municipio equivalente a 7873,95 hectáreas, luego las coberturas agrícolas de mosaicos de pastos con espacios naturales y pastos limpios son las coberturas subsiguientes en representatividad con el 13,10 % (5798,6 ha) y 10,12% (4479,9) respectivamente. Las demás coberturas presentes en el municipio tienen un porcentaje de ocupación inferior al 5%. Por otra parte en el estudio del 2011 de Ramírez Zapata,

(2015) las coberturas boscosas correspondieron al 48,98 % del total del área del municipio, sin embargo, la clasificación realizada en dicho estudio llegó hasta el nivel 3 de clasificación Corine Land Cover, y al hacer una comparación con lo realizado en este trabajo se identifica que los porcentajes de cobertura boscosa son cercanos, con una diferencia de cercana al 6 % , donde la clasificación realizada en este análisis correspondería al 54% aproximadamente.

Tabla 2

Coberturas de la Tierra Año 2015

1	2	NIVEL			AREA	
		3	4	5	ha	%
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1.Zonas Urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo			240,00	0,54%
		2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos			46,09	0,10%
2. TERRITORIOS AGRICOLAS	2.2.Cultivos Permanentes	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3.2. Palma de aceite		25,35	0,06%
		2.3. Pastos	2.3.1. Pastos limpios		4479,91	10,12%
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.3.3. Pastos enmalezados			1287,4	2,91%
		2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos			7873,95	17,79%
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales			5798,6	13,10%
		2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales			214,23	0,48%
3. BOSQUES Y AREAS SEMI NATURALES	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque Denso	3.1.1.1. Bosque Denso Alto	3.1.1.1.1. Bosque Denso Alto de Tierra Firme	69,19	0,16%
			3.1.1.2. Bosque Denso Bajo	3.1.1.2.1. Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	1888,55	4,27%
		3.1.3. Bosque Fragmentado			580,43	1,31%
		3.1.4. Bosque de galería y/o ripario			991,87	2,24%
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.2. Arbustales			429,8	0,97%
		3.2.3 Vegetación secundaria o en transición			20071,9	45,34%
4. ÁREAS HUMEDAS	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Zonas Pantanosas			12,77	0,03%
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales			233,89	0,53%
		5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental		3,89	0,01%
					17,33	0,04%

Figura 4*Coberturas de la Tierra año 2015*

El análisis de confiabilidad para la temporalidad del año 2015 correspondió a un valor del índice de Kappa de 0,97 de acuerdo con la matriz de confusión en la cual valores superiores 0,81 corresponden a interpretaciones con alto grado de confiabilidad.

7.1.2 Coberturas de la Tierra Año 2022

En el año 2022 se registraron diecisiete (17) coberturas de la tierra, las cuales cuentan con un grado de concordancia medido mediante el índice Kappa de 0.89, indicando que la clasificación tiene un alto grado de confiabilidad, de estas, cinco (5) son coberturas naturales, correspondientes al 43,48 % equivalentes a 19244,32 hectáreas

(Tabla 3). La cobertura de vegetación secundaria fue la predominante en el área de estudio

(

Figura 5) con un total de 16019,48 hectáreas correspondiente al 36,19%;

posteriormente, se encuentra la cobertura de mosaico de pastos y cultivos con 15828,24

hectáreas equivalentes al 35,76%, en tercer lugar, se encuentra la cobertura de mosaico de

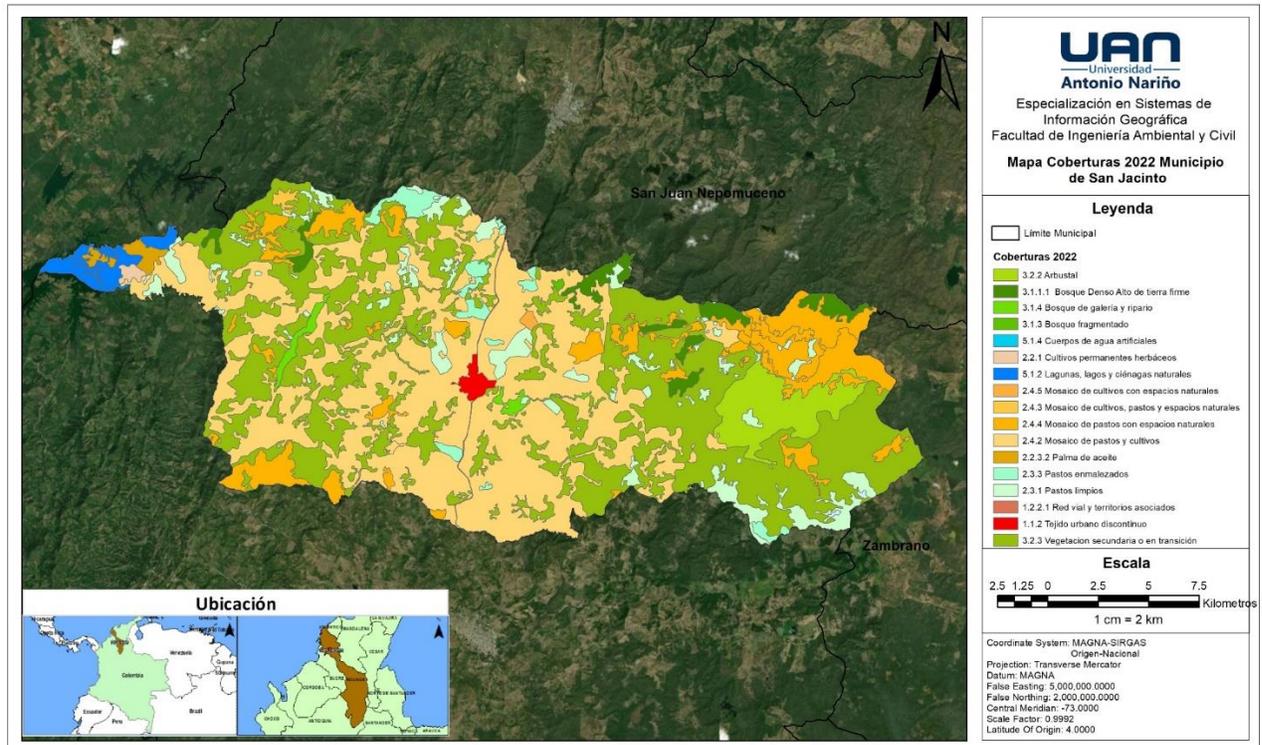
pastos con espacios naturales que ocupa del 10,3% correspondiente a 4560,58 hectáreas.

Tabla 3 Coberturas de la Tierra Año 2022

NIVEL					AREA		
1	2	3	4	5	ha	%	
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1.Zonas Urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo			196,628	0,44%	
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados		38,92	0,09%	
2. TERRITORIOS AGRICOLAS	2.2.Cultivos Permanentes	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos			83,564	0,19%	
		2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3.2. Palma de aceite		249,413	0,56%	
	2.3. Pastos	2.3.1. Pastos limpios			2471,221	5,58%	
		2.3.3. Pastos enmalezados			750,057	1,69%	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos			15828,242	35,76%
			2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales			87,576	0,20%
			2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales			4560,58	10,30%
			2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales			52,753	0,12%
3. BOSQUES Y AREAS SEMI NATURALES	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque Denso	3.1.1.2. Bosque Denso Bajo	3.1.1.2.1. Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	1124,796	2,54%	
		3.1.3. Bosque Fragmentado			24,472	0,06%	
		3.1.4. Bosque de galería y/o ripario			326,293	0,74%	
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.2. Arbustales			1749,283	0,97%	
		3.2.3 Vegetación secundaria o en transición			16019,48	36,19%	
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales			677,314	1,53%	
		5.1.4. Cuerpos de agua artificiales			24,552	0,06%	

Figura 5

Coberturas de la Tierra Año 2022



En cuanto al cambio multitemporal para las diferentes coberturas presentes en el municipio de San Jacinto, se encontró en las coberturas naturales la mayor pérdida de cobertura, principalmente la vegetación secundaria con de 4052,42 hectáreas menos que en 2015, con un promedio anual de pérdida de 675,4 hectáreas, asimismo, se evidencia una ganancia en área de territorios agrícolas específicamente en la cobertura de mosaicos de pastos y cultivos de 7954,29 hectáreas, a excepción de la cobertura de arbustales, las otras coberturas de carácter natural presentan pérdidas en su representatividad dentro del municipio (Tabla 4)

Tabla 4

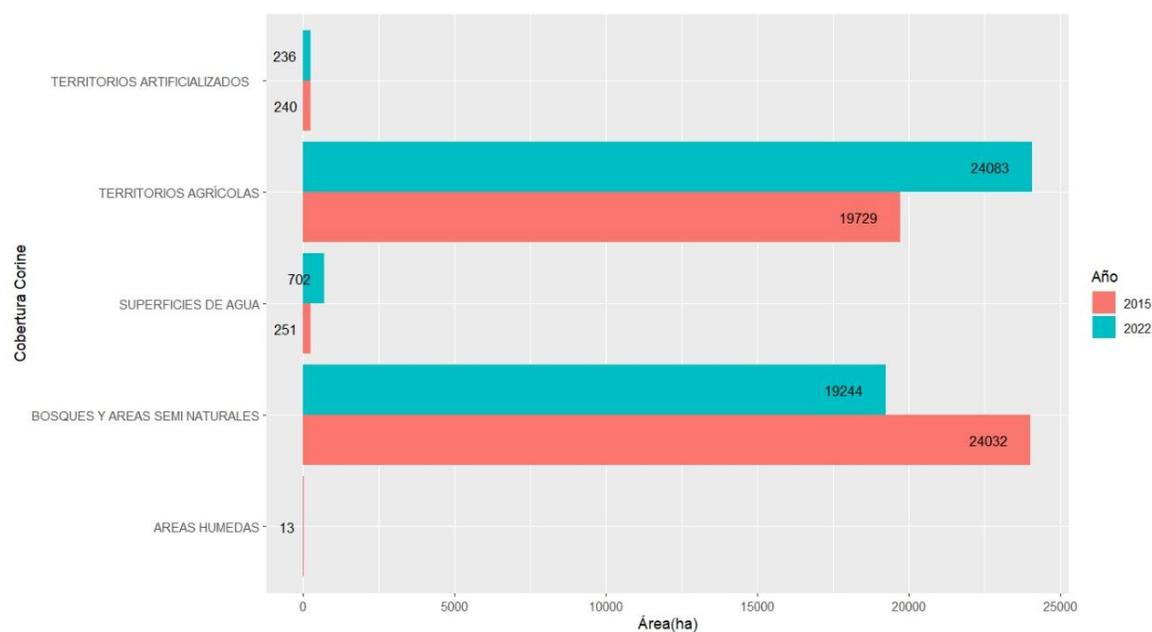
Análisis Multitemporal para las coberturas presentes en el área de estudio

Cobertura	2015 (ha)	2022 (ha)	Cambio (ha)	Cambio anual Promedio
Arbustales	429,80	1749,28	1319,49	219,91
Bosque de galería y/o ripario	991,87	326,29	-665,58	-110,93
Bosque Denso Alto de Tierra Firme	69,19	0	-69,19	-11,53
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	1888,55	1124,80	-763,75	-127,29
Bosque fragmentado	580,43	24,47	-555,96	-92,66
Cuerpos de agua artificiales	17,33	24,55	7,22	1,20
Cultivos permanentes herbáceos	46,09	83,56	37,47	6,25
Estanques para acuicultura continental	3,89		-3,89	-0,65
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	233,89	677,31	443,42	73,90
Mosaico de cultivos con espacios naturales	214,23	52,75	-161,47	-26,91
Mosaico de pastos con espacios naturales	5798,60	4560,58	-1238,02	-206,34
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0,00	87,58	87,58	14,60
Mosaico de pastos y cultivos	7873,95	15828,24	7954,29	1325,72
Palma de aceite	25,35	249,41	224,06	37,34
Pastos enmalezados	1287,40	750,06	-537,34	-89,56
Pastos limpios	4479,91	2471,22	-2008,69	-334,78
Red vial y territorios asociados	0,00	38,92	38,92	6,49
Tejido urbano continuo	240,00	196,63	-43,37	-7,23
Vegetación secundaria	20071,90	16019,48	-4052,42	-675,40
Zonas pantanosas	12,77	0	-12,77	-2,13

Las coberturas de la tierra en lo referente a la pérdida o ganancia en los niveles 1 de la metodología Corine Land Cover, evidenciaron un área mayor de territorios agrícolas para el año 2022 y una disminución de las áreas de bosques y áreas seminaturales para el mismo período (Figura 6)

Figura 6

Ganancia o Pérdida de coberturas de la tierra



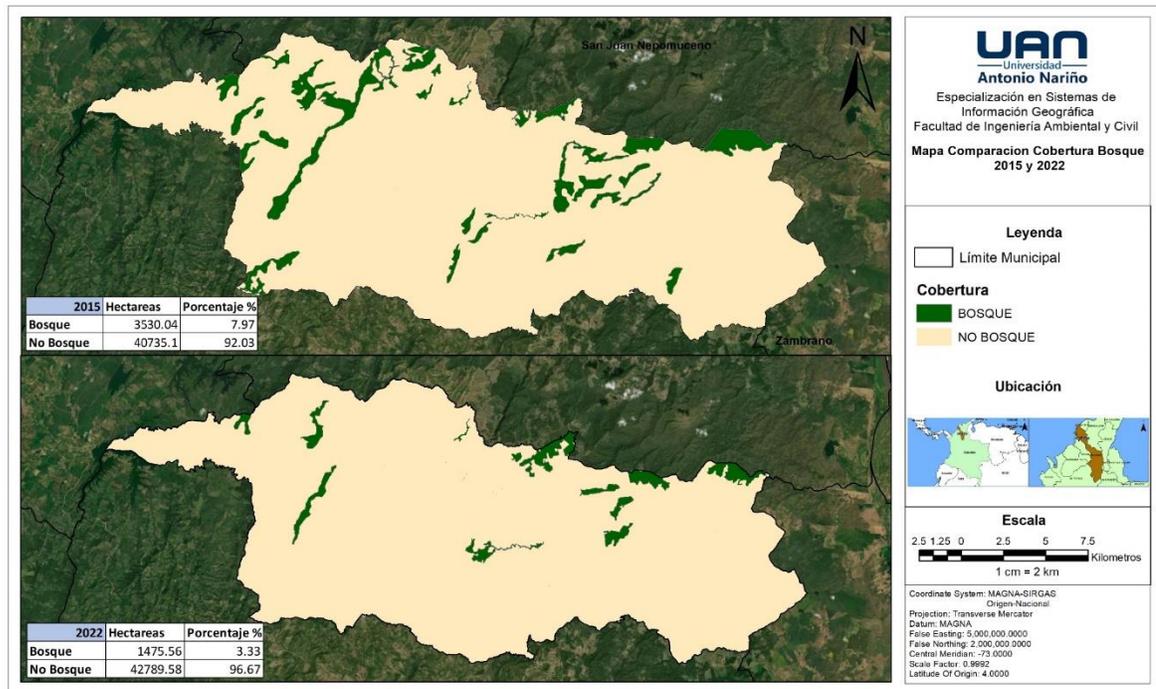
7.1.3 Análisis cobertura Bosque

A continuación, se muestra la comparación y cambio que ha tenido la cobertura de bosque dentro del municipio de San Jacinto. Encontrándose que dicha cobertura disminuyó más de la mitad de lo que había en el año 2015, es decir, se perdieron 2054.48 hectáreas de cobertura de bosque en el transcurso de 7 años, pasando de tener 7,97% a tan solo registrar 3.3%, además, gran parte del área perdida se encuentra al occidente del municipio, y las áreas que anteriormente eran bosque ahora corresponden a vegetación secundaria.

Estos resultados coinciden con los encontrados en el estudio realizado por Ramírez Zapata, (2015) donde también se evidenció una reducción importante la cobertura bosque, sin embargo, allí se menciona que esto se presentó por el aumento de cultivos en el municipio

Figura 7

Comparación Bosque 2015 vs 2022



Análisis de Fragmentación

7.1.4 Fragmentación año 2015

Los resultados de índices de fragmentación calculados para las áreas naturales durante el año 2015 mostraron que la cobertura de vegetación secundaria presenta 42 parches que suman un área total 20071,9 ha ,seguido de la cobertura de bosque denso bajo de tierra firme con 13 parches; por otra parte el índice de estado de forma MSI obtiene los valores más bajos en las coberturas de bosque denso alto de tierra firme y arbustales con resultados inferiores a 2, teniendo en cuenta que entre mayor sea el valor de este índice corresponde a ecosistemas mejor conservados, siendo la cobertura de bosque de galería y/o

ripario el que obtiene el mayor valor (Tabla 5) Galván-Guevara et al., (2015) realizaron en el 2015 la determinación de la fragmentación del bosque seco del arroyo Pechelin en los Montes de María en el cual el paisaje arrojó en su mayoría resultados con presencia de coberturas antrópicas específicamente enfocado en actividades ganaderas, adicionalmente, los parches de bosque identificados indica mayor vulnerabilidad a la fragmentación relacionado con el uso del suelo para el momento del estudio

Tabla 5

Análisis Métricas de Fragmentación 2015

COBERTURA	AREA			FORMA	AREA CORE		
	NP	CA	MPS	MSI	NCA	TCCA	CAI
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	13	1888,5464	145,2728	2,298	28	838,57315	44.40
Arbustales	3	429,796956	143,26565	1,736	4	221,31551	51.49
Vegetación secundaria	42	20071,9025	477,90243	2,420	148	12405,052	61.80
Bosque de galería y/o ripario	5	991,869146	198,37382	3,55	19	374,87952	37.80
Bosque fragmentado	10	580,433355	58,043335	2,005	16	162,63912	28.02
Bosque Denso Alto de Tierra Firme	1	69,187572	69,187572	1,507	1	28,86703	41.72

NP: Número de parches, CA: Área (ha) por clase, MPS: Tamaño medio del fragmento (ha), MSI: Media del índice de forma, NCA: Número de áreas core, TCCA: Total área core (%), CAI: Índice de área core (%)

7.1.5 Fragmentación año 2022

En los resultados de índices de fragmentación calculados para las áreas naturales durante el año 2022, el número de parches en la vegetación secundaria es de 59 parches el cual suma un total de 16019,47 ha; en cuanto al índice de forma el valor menor se encuentra en el bosque fragmentado con un resultado de 1,46, lo cual a nivel de paisaje indica formas geométricas sencillas, las demás coberturas presentan valores superiores a 2, lo cual indica que los valores entre más alejados de 1 corresponden a ecosistemas de mayor complejidad y sensibilidad ante la intervención antrópica.(Tabla 6) Adicionalmente Dentro del informe de sustracción definitiva de un área de la Reserva Forestal del Río

Magdalena en el municipio de San Jacinto Bolívar, realizado en 2020, se determinó la vegetación secundaria como la cobertura de mayor relevancia en cuanto temas de conservación siendo consideradas áreas sensibles. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo de Ambiente, 2020)

Tabla 6

Análisis Métricas de Fragmentación año 2022

COBERTURA	AREA			FORMA	AREA CORE		
	NP	CA	MPS	MSI	NCA	TCCA	CAI
Vegetación secundaria	59	16019,4796	271,51660	2,431	190	8548,365	53.36
Bosque de galería y ripario	3	326,292568	108,76418	3,513	5	86,93345	26.64
Bosque fragmentado	1	24,471939	24,471939	1,469	1	6,155155	25.15
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	8	1124,79605	140,59950	2,220	24	470,40730	41.82
Arbustales	1	1749,28304	1749,2830	3,071	4	1337,2931	76.45

NP: Número de parches, CA: Área (ha) por clase, MPS: Tamaño medio del fragmento (ha), MSI: Media del índice de forma, NCA: Número de áreas core, TCCA: Total área core (%), CAI: Índice de área core (%)

8. Conclusiones

Las coberturas naturales y semi naturales presentan alta representatividad en el municipio siendo en el año 2015 el 54,29% del área total y en el año 2022 el 43,48%, sin embargo la cobertura de bosque aporta poco porcentaje de area al total municipal, para el año 2022 las áreas de bosque son el 3,3 % de San Jacinto.

En siete (7) años transcurridos se evidencia que las coberturas naturales tienen una reducción importante respecto al área total del municipio, como se evidencia en la cobertura de bosque denso alto para el año 2022 que ya no se encuentra presente en el área de análisis y en total la cobertura de bosque disminuyó en 2054,28 hectáreas.

El porcentaje de bosque en el municipio se redujo a la mitad del 2015 al 2022 lo que puede indicar que la firma del acuerdo de paz no tuvo impacto positivo directamente para la cobertura de bosque, aunque esta reducción puede deberse a otros factores

socioeconomicos de la poblacion de San Jacinto, sin embargo es importante indicar que dentro de la cobertura de bosque propiamente dicho no se incluyen las vegetaciones secundarias ni arbustales que corresponden al 40,14 % del área del municipio en el año 2022

En relación con los índices de fragmentación en los dos años objeto del estudio, el índice CAI presentan valores superiores para las coberturas de vegetación secundaria en el año 2015 (61,8) y en el 2022 (76,45) para las coberturas de arbustales, las cuales serían las áreas naturales con mejor estado de conservación sin llegar a obtener valores optimos; las coberturas de bosques no obtienen valores superiores a 50%.

El mayor número de parches en ambos períodos correspondio a la cobertura de vegetación secundaria con 42 y 59 parches para el año 2015 y 2022 respectivamente, siendo una cobertura seminatural lo cual puede inducir a que los procesos de conectividad en el área de estudio son reducidos

9. Referencias Bibliograficas

- Acuña Ortiz, A. F. (2018). *ANALISIS MULTITEMPORAL DE AREAS BOSCOSAS NATURALES A PARTIR DE UN NDVI, Y LA INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN EL ÁREA LÍMITE ENTRE COLOMBIA Y ECUADOR.*
- Calderón Hernández, N. L., & Salamanca Carvajal, A. J. (2019). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL Y SU INFLUENCIA EN LA GENERACIÓN DE CAUDALES PICO DE LA CUENCA SARDINATA, DEL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER-COLOMBIA.*
- Chapa Bezanilla, D., Sosa Ramírez, J., & de Alba Ávila, A. (2008). Estudio multitemporal de fragmentación de los bosques en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera Bosques Vol.14 No.1 Xalapa*. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712008000100004
- Chaparro Lopez, H. Y. (2017). *ANALISIS MULTITEMPORAL DE CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL DE PAZ DE ARIPORO, CASANARE MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA* (Vol. 53, Issue 4). UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA - FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO.
- Condori luna, I. J., Loza Murguía, M. G., Mamani Pati, F., & Solíz Valdivia, H. (2018). Análisis multitemporal de la cobertura boscosa empleando la metodología de teledetección espacial y SIG en la sub-cuenca del río Coroico - provincia Caranavi en los años 1989 – 2014. *Selva Andina Research Society*, 20. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v9n1/v9n1_a03.pdf
- Consejo Territorial de Planeación San Jacinto. (2016). *PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL SAN JACINTO BOLIVAR.*
- Dinertein, E. (2013). *CONSERVING BIODIVERSITY AND DELIVERING ECOSYSTEM SERVICES at Important Bird Areas in Nepal Contents*. www.naturebureau.co.uk
- Fernández Figueredo, J. L., Ramón Puebla, A. M., & Barrero Medel, H. (2020). Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en el área de manejo “Los Números” Guisa, Granma. *Rev Cubana Ciencias Forestales Vol.8 No.1 Pinar Del Río*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692020000100001

- Flórez Yepes, G. Y., Rincon Santamaría, A., Cardona, P. S., & Alzate Alvarez, A. M. (2017). Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colombia. *DYNA (Colombia)*, 84(201), 95–101. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.55759>
- Franco, R., & Rodríguez, J. M. (2005). *FINALISIS MULTITENIPORAL SATELITAL DE LOS BOSQUES DEI. OPÓN MEDIANTE IMÁGENES LFINDSRT DE 1 991 Y 2002 ERRAR.*
- Galván-Guevara, S., Ballut-Dajud, G., & de La Ossa-V, J. (2015). *Vista de Determinación de la fragmentación del bosque seco del arroyo Pechelín, Montes de María, Caribe, Colombia / Biota Colombiana.* <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/380/378>
- Guerrero Mateus, Y. S. (2019). *LA DEFORESTACIÓN EN COLOMBIA-PROPUESTAS PARA LA MITIGACIÓN DE SUS EFECTOS.*
- Habel, J. C., & Zachos, F. E. (2012). Habitat fragmentation versus fragmented habitats. *Biodiversity and Conservation*, 21(11), 2987–2990. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0349-4>
- Intituto de Hidorlogía Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2016). *Estrategia Integral de Control a la Deforestación.* <https://bitbucket.org/smbyc/>
- Lawrence, D. (2014). *Effects of Tropical Deforestation on Climate and Agriculture.* http://eorder.sheridan.com/3_0/display/index.php?flashprint=4415
- León Alfaro, Y. (2019). *Análisis de fragmentación y conectividad del bosque en la subcuenca del río Tapezco, Costa Rica: Conectando el bosque para proteger el agua - Dialnet.* Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6805864>
- Martínez García, R. A. (2002). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal de la Reserva Biológica de Yuscarán, El Paraíso, Honduras.* <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1585>
- Mcgarigal, K. (n.d.). *Introduction to Landscape Ecology.*
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Resolución 1100 del 29 de noviembre de 2020.*
- Mora, F., & Iverson, L. R. (1997). Dynamic stratification of the landscape of Mexico: Analysis of vegetation patterns observed with multitemporal remotely sensed images. *Geocarto International*, 12(2), 73–87. <https://doi.org/10.1080/10106049709354587>

Ramírez Zapata, A. (2015). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL MEDIANTE SENSORES REMOTOS DE COBERTURA DE LA TIERRA PARA EL PERIODO DE TIEMPO 1999-2011 EN. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.*

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.* <https://www.researchgate.net/publication/39107731>

